



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL- REI

CURSO DE GEOGRAFIA

**NAYANE LOPES NASCIMENTO**

**MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO DAS MORTES**

SÃO JOÃO DEL- REI

JUNHO DE 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL- REI

CURSO DE GEOGRAFIA

**NAYANE LOPES NASCIMENTO**

**MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO DAS MORTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenadoria do Curso de Geografia da Universidade  
Federal de São João del – Rei, como requisito parcial  
para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Professora Doutora Sílvia Elena Ventorini

SÃO JOÃO DEL- REI

JUNHO DE 2019

### Dedicatória

A toda minha família, principalmente meus pais, irmã, avós e Maurício, por todo apoio e ajuda em todos os momentos e por fazerem minha vida mais feliz.

## AGRDECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a meus pais, Margareth e Luciano, por me proporcionarem uma excelente vida nessa terra, e terem me tornado a pessoa que sou hoje. A meus avós, Marízia e Geraldo e minha irmã, por todo apoio, pela fé inabalável.

Meus agradecimentos ao meu namorado Maurício, por todo amor, sinceridade e principalmente paciência em todo esse processo.

Sou grata também a meus demais familiares, que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até este momento de realização.

Aos amigos que a geografia me deu, Artur, Rafael, Maria Júlia, Jeziel, Mariana, Denise, Jean e Fernanda, pela vivência, pelas conversas, os passeios, por tudo, agradeço a vocês.

Aos colegas de laboratório, Patrícia, Juliano, Gisa, Thiago, Sabrina, Ana, Rodrigo, Igor, Thiaguinho e Anderson, por toda a vivência no laboratório, pela ajuda de vocês, as dicas, os lanches, as brincadeiras, enfim. Muito obrigada.

Meus agradecimentos a Professora Doutora Sílvia Elena Ventrini, pela oportunidade de fazer parte do laboratório, pelas dicas e correções acadêmicas, pelas viagens e novas experiências vivenciadas, pelos bolos maravilhosos de aniversário, as brincadeiras, ensinamentos, puxões de orelha. Por toda contribuição para meu crescimento pessoal e profissional. Meu sincero agradecimento!

Um agradecimento especial ao Professor Doutor Múcio do Amaral Figueiredo, por ter aceitado fazer parte da banca examinadora.

A todos os Professores doutores do Departamento de Geociências (DEGEO): Leonardo Cristan Rocha, Múcio do Amaral Figueiredo, Ligia Maria Brochado de Aguiar, Tatiane Marina Pinto de Godoy, André Batista de Negreiros, Márcio Roberto Toledo, Gabriel Pereira, Björn Gückler, Iola Boechat, Ivair Gomes, Marcos Santos de Oliveira, Marília Carvalho Caetano Oliveira e Sílvia Elena Ventrini pelos ensinamentos ao longo de minha graduação. Agradeço também aos secretários Wânia Longatti e Alexandre pelos serviços prestados.

À Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), ao Departamento de Geociências e ao Laboratório de Cartografia, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto - Labcar pelo espaço físico e equipamentos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa e o de outras pesquisas tão importantes para o avanço do conhecimento da geociência.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

Por fim, a todos que me ajudaram até este momento, muito obrigada!

## Resumo

O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) aqui apresentado reúne análises e resultados de pesquisas com destaque no mapeamento e modelagem geoambiental, através de cruzamentos com mapas temáticos gerados em projetos desenvolvidos entre o período de março de 2016 a fevereiro de 2019 sobre a Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes, localizada ao sul do estado de Minas Gerais. O objetivo principal é a geração de Mapas temáticos e Modelos Sínteses que representem a realidade geoambiental da Bacia do Rio das Mortes. A base da fundamentação teórica e metodológica tem como referência a Teoria Geral dos Sistemas aplicada à Geografia e a Análise Multicritério. Os procedimentos metodológicos realizados foram: Correção da base de dados cartográficos já existentes; Cruzamentos de mapas temáticos para gerar os Modelos de Síntese pela Análise Multicritério; Realização de pesquisa teórica e metodológica; Aquisição de dados secundários disponibilizados por sites governamentais, jornais locais, artigos científicos e etc., para validação da base e dos modelos gerados. A base digital dos dados cartográficos é composta por mapas representando a declividade, a hipsometria, áreas de preservação permanente (APP), uso da terra para o ano de 2016, população residente por município (CENSO 2010), pedologia e um mapa representando o índice de avaliação do esgotamento sanitário por município. Por meio do uso da Análise Multicritério e Análise Hierárquica dos Pesos (AHP) foi possível gerar quatro modelos por meio da álgebra de mapas em um ambiente de SIG: Modelo Síntese de Vulnerabilidade Ambiental, Modelo Síntese de Enchentes e Inundações e Áreas propícias à expansão Urbana. A validação dos mapas por meio de dados secundários contribuiu com a veracidade das informações mapeadas. Os Modelos Sínteses de enchentes e inundações apontam áreas com probabilidade de ocorrência de tais eventos, podendo assim, contribuir para o planejamento urbano e prevenir a ocorrência de acidentes futuros, já os Modelos de vulnerabilidade ambiental e áreas propícias à expansão urbana podem contribuir para o planejamento ambiental e também urbano, desde que sejam tomadas as medidas cabíveis e necessárias com o suporte do estudo geotécnico. A pesquisa mostra, ainda, a importância do mapeamento e da geração de modelos, que mesmo não representando a realidade absoluta, pode contribuir com o planejamento urbano e ambiental para que os mesmos sejam realizados de forma mais eficiente.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Divisão das regiões hidrográficas do Brasil -----	20
Figura 2: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes -----	25
Figura 3: Divisões das bacias menores pertencentes à Bacia do Rio das Mortes -----	27
Figura 4: Representação dos municípios pertencentes a bacia e suas respectivas divisões -----	29
Figura 5: Gráfico do desenvolvimento da população residente na Bacia-----	31
Figura 6: Matrizes com o mesmo tamanho de <i>pixel</i> para que haja sobreposição -----	37
Figura 7: Fluxograma dos procedimentos da geração de mapas temáticos -----	40
Figura 8: Fluxograma dos procedimentos da Modelagem -----	44
Figura 9: Representação da declividade da Bacia do Rio das Mortes -----	49
Figura 10: Representação da hipsometria da Bacia do Rio das Mortes -----	51
Figura 11: Ponto de lançamento de efluentes domésticos e industriais da sede municipal de Prados -----	53
Figura 12: Ponto de lançamento de efluentes domésticos e industriais da sede municipal de Tiradentes -----	53
Figura 13: Ponto de lançamento de efluentes domésticos e industriais da sede municipal de Santa Cruz de Minas -----	54
Figura 14: Ponto de lançamento de efluentes domésticos e industriais da sede municipal de Resende Costa -----	54
Figura 15: Representação do Índice de Avaliação do Esgotamento Sanitário Municipal - -----	55
Figura 16: Representação da população residente na Bacia do Rio das Mortes -----	57
Figura 17: Representação do Uso da Terra no ano 2016 da Bacia do Rio das Mortes --- -----	59

Figura 18: Buffers representando as áreas de APP da Bacia do Rio das Mortes -----	61
Figura 19: Construções de alvenaria localizadas na várzea do Córrego do Lenheiro, no município de São João del- Rei -----	62
Figura 20: Pedologia da Bacia do Rio das Mortes -----	64
Figura 21: Modelo Síntese das inundações na Bacia do Rio das Mortes -----	65
Figura 22: Avenida Leite de Castro Localizada em São João del- Rei alagada, dia 08/12/2018 -----	66
Figura 23: Avenida Leite de Castro Localizada em São João del- Rei alagada, dia 08/12/2018 -----	67
Figura 24: Print das áreas que ocorrem enchentes no município Carandaí -----	68
Figura 25: Modelo Síntese de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia do Rio das Mortes --- -----	70
Figura 26: Modelo Síntese das áreas Propícias à expansão urbana na Bacia do Rio das Mortes -----	72

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Conceitos de Bacia Hidrográfica encontrados na literatura ----- 15

Quadro 2: Avaliação de pesos do método AHP para comparação pareada ----- 38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Porcentagem de municípios com indicação do estágio de desenvolvimento da Agenda 21 local, de acordo com as classes do tamanho da população e Unidades da Federação em 2002 -----	18
Tabela 2: Diferenças entre as regiões hidrográficas brasileiras -----	21
Tabela 3: Classificação dos municípios enquadrados na bacia quanto ao número de habitantes -----	30
Tabela 4: Atribuição de pesos ao Modelo de Vulnerabilidade Ambiental -----	45
Tabela 5: Atribuição de pesos ao Modelo de Inundação -----	46
Tabela 6: Atribuição de pesos ao Modelo de Áreas Propícias à Expansão Urbana ---	47
Tabela 7: Classes do uso do solo com suas respectivas áreas em KM <sup>2</sup> e porcentagem de uso -----	58

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Modelo Síntese de Vulnerabilidade Ambiental ----- 45

Equação 2: Modelo Síntese de Inundação ----- 45

Equação 4: Modelo Síntese de Áreas Propícias à Expansão Urbana ----- 46

## SUMÁRIO

Introdução .....	11
Cap. 1- Revisão bibliográfica .....	14
1.1 Definições de bacias Bacia Hidrográfica e suas divisões para melhor compreensão da sua dinâmica .....	14
1.2 Gestão das bacias hidrográficas- leis e regulamentações .....	16
1.3 Planejamento .....	23
1.4 Área de estudo- Caracterização da bacia Rio das Mortes .....	24
1.5 Importância do Geoprocessamento através dos Sistemas de Informação Geográfica .....	32
Cap. 2- Metodologia e procedimentos metodológicos .....	33
2.1 Teoria Geral dos Sistemas Aplicada à Geografia .....	33
2.2 Análise Multicritério .....	35
2.3 Materiais e procedimentos para criar a base digital cartográfica .....	39
2.4 Materiais e procedimentos para gerar os Modelos Síntese .....	44
Cap. 3- Resultados e discussões .....	48
3.1 Mapeamento temático da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes .....	48
3.2 Modelos Síntese da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes .....	65
Conclusões .....	74
Referências Bibliográficas .....	76

## Introdução

As discussões sobre os problemas gerados pela destruição dos recursos naturais em nível mundial, como as ocorridas nas duas Conferências das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, conhecidas como ECO-92 e RIO+20 impulsionaram a criação de leis fundamentais no Brasil para minimizar os impactos em bacias hidrográficas (SANTOS, 2017).

A necessidade de planejamento e gestão das bacias hidrográficas ocasionou a elaboração do Projeto de Lei 2.249 que originou a Lei 9.433\97 de 08 de janeiro de 1997, conhecida como “Lei das Águas”. Esta Lei estabelece os seguintes princípios básicos para a gestão dos recursos hídricos no país: a) adoção da Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento; b) o reconhecimento de que a água é um bem econômico; c) a necessidade de serem contemplados os usos múltiplos existentes e potenciais do recurso; d) a implementação de um modelo de gestão descentralizado e participativo (LUCHINI, 2000, CUNHA; COELHO, 2003).

A gestão das bacias hidrográficas adotadas na legislação do Brasil tem como fundamentos o co-manejo e descentralização das tomadas de decisões, tornando social o uso e as decisões tomadas a cerca da temática água. Com o intuito de tornar a representatividade desses recursos naturais mais eficientes, os Comitês de Bacias Hidrográficas e a Agência Nacional das Águas apresentam arranjos institucionais com o objetivo de conciliar interesses diversos e muitas vezes adversos, além de controlar conflitos e distribuir as responsabilidades entre os municípios (CUNHA; COELHO, 2003).

A constituição instaurada no Brasil em 1988 atribuiu a responsabilidade de gestão e planejamento das bacias hidrográficas a todos os municípios que fazem uso da água, obrigando-os a protegê-la. O Estatuto da Cidade (2001), Art. 2, inciso VI, destaca que deve haver:

Planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente. (BRASIL, 2001)

A problemática está no fato de que o planejamento e a gestão pública municipal são regidos pela Lei Orgânica e não elaboram planos de gestão para toda a unidade de conservação das bacias hidrográficas, na maioria das vezes. Os municípios desenvolvem, assim, planejamentos e gestões específicas para seus respectivos

problemas pontuais, descartando a necessidade de se cuidar de toda a problemática (BOSCARDINI, 2008).

Segundo Maus (2015, p. 7), “os planejadores, geralmente, tomam decisões com base em informações incompletas ou desatualizadas, principalmente em relação aos recursos existentes - naturais ou construídos”. Logo, o planejamento municipal não é realizado de forma atualizada e integrada (McHARG, 1992, apud VEIGA, XAVIER-SILVA, 2003).

Para Veiga e Xavier-Silva (2003) a utilização de procedimentos e tecnologias do Geoprocessamento contribui para o planejamento e a gestão unificada dos municípios, pois permite a consulta, análise, manipulação e atualização de informações espaciais, econômicas e sociais. “O usuário pode modelar a realidade, tornar viável a manipulação, o tratamento e a disponibilização rápida de uma gama de dados, que contribuirá para o diagnóstico ambiental e o planejamento de ações de preservação da bacia” (PÔSSA; VENTORINI, 2015, p 66).

O desafio se encontra na falta de mapeamento em meio digital dos municípios brasileiros (MAUS, 2015). Por isso, o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) aqui apresentado reúne análises e resultados de pesquisas com destaque no mapeamento e modelagem geoambiental, através de cruzamentos com mapas temáticos gerados em projetos desenvolvidos entre o período de março de 2016 a fevereiro de 2019 sobre a Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes. A bacia está localizada ao sul do estado de Minas Gerais entre as coordenadas geográficas 44°56'27"W e 43°33'54"W e 20°45'31"S e 21°37'10"S, e compreende 23 municípios mineiros com malhas urbanas dentro de seu perímetro, sua área é de 6.959,48 Km<sup>2</sup> e o número de habitantes residentes em seu perímetro é de 408.042 pessoas, de acordo com o Censo do ano 2010.

A escassez de mapeamento básico para o apoio, análise e gestão da bacia do Rio das Mortes desencadeou na realização de três projetos de Iniciação Científica<sup>1</sup> entre os anos de 2016 a 2019, com o objetivo de elaborar uma base digital de dados cartográficos que possibilitasse diagnosticar áreas propícias a expansão urbana,

---

<sup>1</sup> Projeto de Iniciação Científica- PIBIC/ CNPq- Metodologia fractal e mapeamento digital: estudo das alterações morfológicas de cidades ao longo de um período de tempo. Desenvolvido no Departamento de Geociências- DEGEO- UFSJ- e orientados pela Prof. Dr<sup>a</sup>. Sílvia Elena Ventorini, ano de 2016 a 2017. Projeto de Iniciação Científica- PIBIC/ CNPq- Análise Multicritério: mapeamento e modelagem das situações antrópica e natural da Bacia do Rio das Mortes. Desenvolvido no Departamento de Geociências- DEGEO- UFSJ- e orientados pela Prof. Dr<sup>a</sup>. Sílvia Elena Ventorini, ano de 2017 a 2018. Projeto de Iniciação Científica- PIBIC-Júnior / Fapemig- Mapeamento geoambiental da Bacia Hidrográfica do rio das mortes. Desenvolvido no Departamento de Geociências- DEGEO- UFSJ- e orientados pela Prof. Dr<sup>a</sup>. Sílvia Elena Ventorini, ano de 2018 a 2019.

indicar os graus de impactos ambientais em áreas de preservação permanente na referida Bacia Hidrográfica e áreas propícias à ocorrência de enchentes.

Nesta pesquisa foram elaborados mapas temáticos representando a declividade, hipsometria, uso da terra para o ano de 2016, áreas de Preservação Permanente, hidrografia, pedologia, população residente e índice de avaliação do esgotamento sanitário por município. Na investigação houve ainda a pesquisa e análise de dados secundários e análises de publicações e imagens orbitais para a validação das informações mapeadas.

A partir da investigação citada elenca-se a hipótese de que a geração de Modelos da situação Geoambiental da Bacia do Rio das Mortes pode contribuir para que gestores e planejadores enfrentem o referido desafio.

Para isto esta monografia está dividida em 3 capítulos: primeiro capítulo foi estruturado em uma revisão bibliográfica sobre o conceito de Bacia Hidrográfica, a gestão da bacia, as leis regulamentadoras e o planejamento em bacias hidrográficas, as características geoambientais e sociais da bacia do Rio da Mortes e a importância do geoprocessamento em gestão urbana e ambiental; o segundo capítulo discute acerca da metodologia empregada e dos materiais e procedimentos usados para a realização do trabalho; já o terceiro capítulo trás os resultados e análises dos mapas e Modelos Síntese gerados.

## Cap. 1- Revisão bibliográfica

### 1.1 Definições de Bacia Hidrográfica e suas divisões para melhor compreensão da sua dinâmica.

Na literatura científica, os conceitos sobre Bacia Hidrográfica são relativamente semelhantes (TEODORO et al., 2007). Ao considerar sua extensão territorial, cuja delimitação é realizada a partir da morfologia do relevo e da hidrografia, sua definição é um conjunto de vertentes drenado por um rio e seus afluentes, tendo por seu contorno os divisores de água, ou seja, as maiores altitudes dentro de um determinado relevo. As águas pluviais escorrem superficialmente formando córregos que desaguam em rios e posteriormente em mares. As águas também infiltram na terra alimentando as nascentes e os lençóis freáticos (SANTANA, 2003; BARRELLA et al. 2008; GUERRA; GUERRA, 2008).

Segundo Christofolletti (1974), as bacias hidrográficas são compostas por canais de escoamento de água. A quantidade de água recebida pela bacia depende de alguns fatores como extensão da bacia, evapotranspiração, infiltração, escoamento, precipitação, etc.

De acordo com Santana (2003), as bacias maiores são formadas por bacias menores, podendo variar na sua quantidade, dependendo do ponto de saída de água ao longo do canal coletor. Estas definições são adotadas para indicar o tamanho da bacia, assim como a sua hierarquia<sup>2</sup> e são muito utilizadas para fins de mapeamento como objetivo de delimitar a área da bacia.

Porém, os conceitos que envolvem a Bacia Hidrográfica são mais complexos e estão além do relevo e da hidrografia. Attanasio (2004), afirma que a Bacia Hidrográfica é um sistema natural aberto, uma unidade ecossistêmica da paisagem que integra ciclos de energia, nutrientes, água, seres vivos, dinâmicas naturais etc.. Ainda de acordo com Attanasio (2004), as bacias possuem características ecológicas, geomorfológicas e sociais de caráter interacional, unindo estudos participativos e interdisciplinares que podem estabelecer um desenvolvimento sustentável na região estudada. Teodoro et. al, (2007) sintetizou os diferentes conceitos sobre Bacia Hidrográfica encontrados na literatura. No quadro 1 apresentam-se tais definições.

---

<sup>2</sup> No método de Strahler as Bacias Hidrográficas são classificadas segundo sua ordem, onde: Canais de 1ª ordem são os que partem da nascente; Canais de 2ª ordem é a união de dois canais de 1ª ordem; Canais de 3ª ordem é a união de dois canais de 2ª ordem e assim sucessivamente, onde a ordem da Bacia Hidrográfica é dada pelo Rio de maior ordem. (STRAHLER, 1952)

**Quadro 1:** Conceitos de Bacia Hidrográfica encontrados na literatura

AUTORES	CONCEITO DE BACIA HIDROGRÁFICA
LIMA E ZAKIA (2000)	São sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, ocorrerá uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico.
BORSATO E MARTONI (2004)	Definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes. Por meio de uma rede de drenagem, formada por cursos d'água, ela faz convergir escoamentos para a seção de exutório, seu único ponto de saída.
BARRELLA <i>et al</i> (2007)	Conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos rios descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esse pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocar no oceano.
TUNDISI <i>et al</i> (2008)	Bacia hidrográfica é a unidade biogeofisiográfica que drena para rio, lago, represa ou oceano.

Adaptado de TEODORO *et al*, 2007

No contexto político administrativo as bacias hidrográficas são caracterizadas em Federais, Estaduais e Municipais. As bacias com grandes extensões territoriais são Federais e abrangem mais de um estado. As bacias contidas nestas Bacias Federais e inseridas em um estado são as Estaduais, que por sua vez possuem bacias menores inseridas em territórios municipais (SOUZA, FERNANDES, 2000; SANTANA, 2003). Podemos tomar como exemplo de Bacia Hidrográfica Federal a bacia do Rio Grande que abrange dois estados, Minas Gerais e São Paulo; como exemplo de Bacia Hidrográfica Estadual, a bacia do Rio das Mortes, que abrange mais de um município do estado Minas Gerais; e como bacia Municipal, a bacia do Córrego do Lenheiro, localizada na cidade de São João del-Rei (MG).

“Os limites das bacias não coincidem com os limites dos Estados e seus municípios, além disso, as políticas e ações estaduais e municipais não se estruturam

considerando o limite geográfico das bacias.” (MAUS 2015, p.18), tal afirmação representa a complexa dificuldade de tomadas de decisão unificada por parte dos estados e municípios em prol de bacias hidrográficas, uma vez que cada federação defende seus interesses próprios, criando assim divergências nas gestões dessas bacias.

Para a gestão das bacias hidrográficas é necessária à existência de comitês de bacias, que devem ser formados por usuários e ou interessados, com atuação, organização e participação ativa no comitê (JACOBI, 2006)

[...] os Comitês de Bacias Hidrográficas, contam com a participação dos usuários, das prefeituras, da sociedade civil organizada, dos demais níveis de governo (estadual e federal), e destinam-se a agir como “parlamentos das águas da bacia”, na medida que se constituem como fóruns de decisão no espaço da bacia; (JACOBI, 2006, p. 213)

A discussão apresentada no próximo tópico busca o entendimento das leis e regulamentações que regem o recurso tão importante, como as bacias hidrográficas, para que seu uso seja sustentável e bem distribuído.

## **1.2 Gestão das bacias hidrográficas- leis e regulamentações**

As propostas de ações e leis para a preservação e o uso sustentável dos recursos hídricos iniciaram com discussões sobre a insustentabilidade na oferta de água para atender os avanços de seu uso, que era desenfreado e sem preocupações com o meio ambiente. (CAMPOS; CAMPOS, 2015)

A primeira conferência na área do Meio Ambiente ocorreu em Estocolmo, Suécia, no ano 1972, denominada Conferência das Nações Unidas. A Conferência teve como objetivo discutir formas de instigar reflexões em nível mundial sobre a necessidade de preservar os recursos naturais e melhorar o ambiente humano. O evento foi realizado como resposta a industrialização que estava cada vez mais crescente em escala mundial, onde declararam que “a defesa e o melhoramento do meio ambiente humano para as gerações presentes e futuras se converteu na meta imperiosa da humanidade [...]” (ESTOCOLMO, 1972, p. 2).

No ano de 1983 para analisar as variáveis que envolviam a demanda por água, assim como a necessidade de medidas mitigadoras para preservar os recursos hídricos, a Assembleia Geral da ONU, criou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD). No ano de 1987 o CMMAD torna público o

relatório de seu trabalho onde enfatiza a importância de medidas para prever os graus de impactos ambientais.

No início dos anos 1990 a Bacia Hidrográfica é considerada um recorte territorial importante para gestão de Recursos Hídricos. Tal importância foi intensificada na Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, ocorrida em Dublin, Irlanda, em Janeiro de 1992, onde quadro princípios orientadores foram definidos para serem adotados em nível local, nacional e internacional, sendo eles:

Principle No. 1 - Fresh water is a finite and vulnerable resource, essential to sustain life, development and the environment

Principle No. 2 - Water development and management should be based on a participatory approach, involving users, planners and policy-makers at all levels

Principle No. 3 - Women play a central part in the provision, management and safeguarding of water

Principle No. 4 - Water has an economic value in all its competing uses and should be recognized as an economic good (DUBLIN, 1992).

Ainda no ano de 1992 foi realizada, no Brasil, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento onde,

Tratou de problemas ambientais globais, destacando-se as questões sobre a camada de ozônio, mudanças climáticas globais, proteção dos mares e das águas em geral, biodiversidade, efeito estufa (...) problemas relativos à erosão dos solos, proteção aos bosques, desertificação, poluição dos aglomerados urbanos. (ROSS; PRETTE, 1998, p. 100)

Esta Conferência propôs a Agenda 21 Global como procedimento para proporcionar a participação comunitária no planejamento sustentável dos recursos naturais dos países, onde cada um deveria criar sua Agenda 21 e adequá-la a sua realidade podendo ser em escala nacional, regional e, por fim, local.

A construção da Agenda 21 Nacional no Brasil ocorreu por meio da Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável- CPDS (criada por Decreto Presidencial em 26/02/1997 e ampliada por Decreto Presidencial em 03/02/2004), com o objetivo de remodelar o sistema desenvolvimentista brasileiro, introduzindo mais severamente o conceito de sustentabilidade, utilizando as potencialidades e vulnerabilidades do país nas tomadas de ações. (AGÊNDIA 21 BRASILEIRA, 2004; MALHEIROS; PHILIPPI JUNIOR; COUTINHO, 2008). Assim, torna-se dever do governo repassar as instruções para que cada cidade crie sua própria agenda 21, aumentando a abordagem

sustentável e reafirmando o compromisso de todo o território nacional para com o meio ambiente. O objetivo da construção da agenda 21 local é de que o Brasil alcance a competência coletiva que precisa para que domine um novo modelo de desenvolvimento visando à sustentabilidade no território (Ministério do Meio Ambiente, 2005).

Segundo Jacobi (2006), no Brasil, muitos municípios construíram suas Agendas 21 locais, e em 2002 já se contabilizavam 82 comitês de bacia estaduais e 6 comitês de bacias federais (vide Tabela 1).

**Tabela 1** - Porcentagem de municípios com indicação do estágio de desenvolvimento da Agenda 21 local, de acordo com as classes do tamanho da população e Unidades da Federação, 2002.

Porcentagem de municípios em relação à classe de tamanho da população ou grandes regiões Agenda 21 local										
Processo de elaboração						Estágio atual				
Classes de tamanho da população e Unidades de Federação	Número de Municípios	Iniciado	Não iniciado	Desconhecem o que seja Agenda 21 local	Total	Sensibilização/mobilização da comunidade	Definição do diagnóstico e metodologia	Elaboração do plano de desenvolvimento sustentável	Implementação/acompanhamento	Total
<b>Tamanho da população (habitantes)</b>										
Até 5.000	1371	16,5	67,5	16,0	100,0	45,6	11,9	23,9	18,6	100,0
De 5.001 a 20.000	2664	31,1	58,3	10,6	100,0	50,8	11,7	22,8	14,7	100,0
De 20.001 a 100.000	1291	37,4	56,9	5,7	100,0	52,1	13,7	19,5	14,7	100,0
De 100.001 a 500.000	198	46,0	53,0	1,0	100,0	43,9	18,7	20,9	16,5	100,0
Mais de 500.000	33	69,7	30,3	0,0	100,0	43,5	26,1	4,3	26,1	100,0
<b>Total</b>	<b>5557</b>	<b>29,7</b>	<b>59,9</b>	<b>10,4</b>	<b>100,0</b>	<b>50,0</b>	<b>12,9</b>	<b>21,6</b>	<b>15,5</b>	<b>100,0</b>
<b>Unidades da Federação</b>										
Norte	448	14,5	69,0	16,5	100,0	40	6,2	21,5	32,3	100,0
Nordeste	1792	63,9	33,0	3,1	100,0	48	12	24,4	15,6	100,0
Sudeste	1668	15,8	70,3	14,0	100,0	55,1	18,6	13,7	12,5	100,0
Sul	1188	10,7	75,7	13,6	100,0	53,5	14,2	17,3	15,0	100,0
Centro-Oeste	463	11,5	77,5	11,0	100,0	71,7	9,4	11,3	7,5	100,0
<b>Total</b>	<b>5557</b>	<b>29,7</b>	<b>59,9</b>	<b>10,4</b>	<b>100,0</b>	<b>50,0</b>	<b>12,9</b>	<b>21,6</b>	<b>15,5</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Adaptado de IBGE, 2005

Em 2002, apenas 15,8 municípios de um total de 1668 deram início a construção da Agenda 21 na região Sudeste do país e 70,3 municípios desconhecem o que seja a

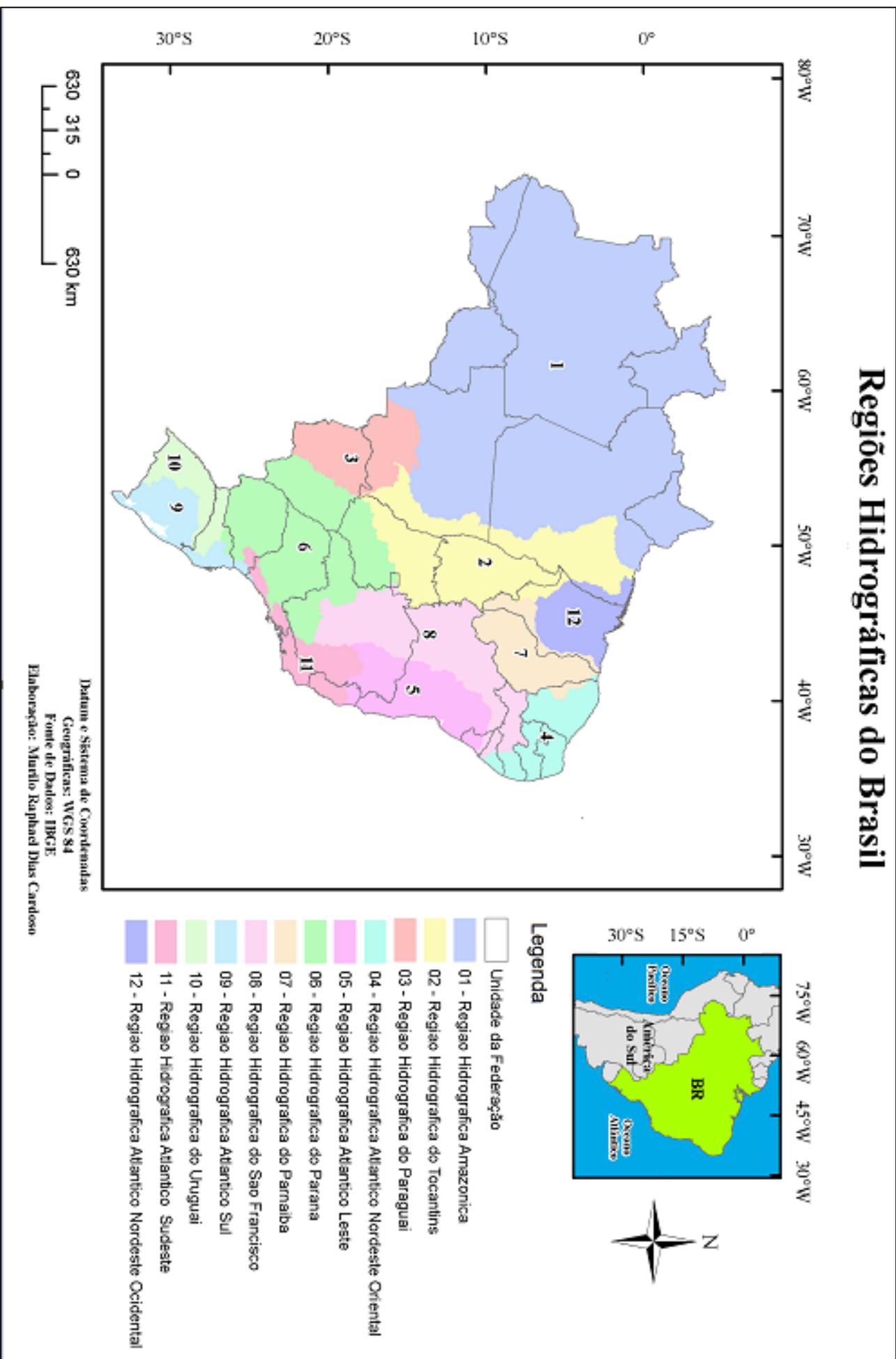
Agenda 21 nesta mesma região. A região nordeste apresenta o maior número de municípios com a Agenda 21 iniciada, sendo 63,9 municípios em um total de 1792. Já a região Sul apresenta o menor número de municípios com a Agenda 21 iniciada, sendo 10,7 municípios de um total de 1188 (Tabela 1).

A construção da Agenda 21 partiu de um planejamento participativo, para colocar em prática um uso sustentável dos recursos naturais para o futuro. (MALHEIROS; PHILIPPI JUNIOR; COUTINHO, 2008). Em 2005, o Ministério do Meio Ambiente criou uma cartilha elaborada com base na construção de Agendas 21 bem sucedidas, com instruções detalhadas para a construção das Agendas 21 locais. A cartilha denominada “Passo a passo da Agenda 21 local” está dividida em 6 passos e pode ser encontrada para download gratuito no website do Ministério do Meio Ambiente (Ministério do Meio Ambiente, 2005).

Mesmo com as leis de amparo e dos programas de sustentabilidade para a preservação de recursos hídricos, devemos destacar que a disponibilidade de recursos hídricos no Brasil é muito desigual, aumentando ainda mais o desafio de implantar um modelo sustentável.

O país possui disponibilidade de 12% de toda água doce de escoamento superficial do mundo, correspondendo a 40.000 m<sup>3</sup>/hab/ano, distribuídos pelo território (BRASIL, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2002; JACOBI, 2006). A figura 1 ilustra a divisão das regiões hidrográficas do Brasil.

# Regiões Hidrográficas do Brasil



**Figura 1:** Divisão das regiões hidrográficas do Brasil

Fonte: Cardoso, ano

A Região Hidrográfica Amazônica é a maior do Brasil em extensão territorial, seguida da Região Hidrográfica do Tocantins, ambas localizadas no norte do país. Já as regiões hidrográficas localizadas na região sul, apresentam menor extensão territorial, sendo elas Região Hidrográfica do Uruguai e Região Hidrográfica do Atlântico Sul (Figura 1).

No Brasil, alguns locais com pouca vazão de água se associam a grandes taxas de urbanização e intensa densidade demográfica, consequentemente aumentando o volume de água consumido, já locais com grande vazão de água em m<sup>3</sup>/s se associam com taxas pequenas de urbanização e densidade demográfica (JACOBI, 2006). A Tabela 2 faz a comparação entre vazão média de água em m<sup>3</sup>/s e a densidade demográfica em hab/km<sup>2</sup> de todas as regiões hidrográficas do Brasil.

**Tabela 2-** Diferenças entre as regiões hidrográficas brasileiras

Região Hidrográfica	Vazão média (m <sup>3</sup> /s)	Densidade demográfica 1.000 hab/km <sup>2</sup>	Taxa de urbanização (%)
Região Hidrográfica Amazônica	131.947	2	67%
Região Hidrográfica do Tocantins/ Araguaia	13.624	8	74%
Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental	2.683	19	57%
Região Hidrográfica do Parnaíba	753	11	62%
Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental	779	75	76%
Região Hidrográfica do São Francisco	2.850	20	74%
Região Hidrográfica Atlântico Leste	1.492	36	70%
Região Hidrográfica Atlântico Sudeste	3.179	118	90%
Região Hidrográfica Atlântico Sul	4174	62	85%
Região Hidrográfica do Uruguai	4.121	22	68%
Região Hidrográfica do Paraná	11.452	62	91%
Região Hidrográfica do Paraguai	2.368	5	85%

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2007).

Cita-se como exemplo de significativo consumo de água e pouca vazão a região hidrográfica do sudeste, que possui disponibilidade hídrica de 6% (vazão em cerca de 3.000 m<sup>3</sup>/s de água) e abriga a maior porcentagem da população do país, com densidade demográfica de aproximadamente 118.000 hab./km<sup>2</sup> em 2007. Já como grande vazão e pouca densidade demográfica cita-se a região hidrográfica Amazônica que concentra aproximadamente 70% de toda a água doce brasileira (vazão em cerca

de 131.900m<sup>3</sup>/s de água) e abriga apenas 5% da população com densidade demográfica de aproximadamente 2.000hab./km<sup>2</sup> em 2007.

Tendo em vista estas informações, é importante salientar que o capítulo 18 do programa de ação chamado “*Agenda 21 Global*”, realizado na Conferência Rio 92, foi destinado à proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos. A discussão sobre o tema foi ampliada em nível mundial e, no Brasil tendo em vista esta realidade das desiguais potencialidades de água, é promulgada a Lei n.9.433/1997, denominada Lei das Águas (CAMPOS; CAMPOS, 2015). Com a aprovação desta lei, o Brasil se dispõe de um instrumento legal que garante a disponibilidade de recursos hídricos para as gerações futuras, concretizando a modernização do setor hídrico brasileiro (JACOBI, 2006; PORTO; PORTO, 2008).

No Brasil, por meio da Lei das Águas foi implantada a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que estabeleceu a Bacia Hidrográfica como matriz para implementação de tal política delineada na Lei n. 9.433 em 1997, na qual é determinado que:

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a Bacia Hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. (BRASIL, 1997, art. 1).

Art. 19 A cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:

I – reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;

II – incentivar a racionalização do uso da água;

III – obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções previstos nos planos de recursos hídricos. (BRASIL, 1997, art. 19)

Contudo, Jacobi (2006) afirma que a lei consegue derrubar as barreiras físico-políticas estaduais e estabelece uma interação entre os poderes municipais, estaduais e federais, principalmente quando se refere a bacias em que seus rios são federalizados.

Para uma melhor desenvoltura do PNRH, foram integradas, de acordo com o Art. 33 da Lei das águas nos incisos: I – o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e a

Agência Nacional de Águas; II – os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; III – os Comitês de Bacia Hidrográfica; IV – os órgãos dos poderes públicos federais, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; V – as Agências de Água. (BRASIL, 1997).

Cria-se então, a agência Nacional de Águas (ANA) por meio da Lei 9.984 de 17 de julho de 2000 com o objetivo de assegurar o uso sustentável dos recursos Hídricos juntamente com o PNRH (BRASIL, 2000, art. 33). No entanto, faz-se necessário o cumprimento da lei proposta à PNRH considerando as particularidades de cada região e articulando instituições Federais, Estaduais e Municipais para que tenha êxito nas ações empregadas. (MAUS, 2015)

Segundo Jacobi (2006) e Wolkmer e Pimmel (2013) com a criação de tal lei, a governança das águas deve ser socialmente participativa, envolvendo os interessados nas negociações necessárias, tendo a Bacia Hidrográfica como unidade de gerenciamento. Para Campos e Fracalanza (2010) a gestão das águas inclui a política de águas, o plano de uso, controle, proteção das águas, gerenciamento e o monitoramento dos usos da água. Por isso, o diálogo aqui proposto direciona-se para a temática do próximo tópico.

### **1.3 Planejamento**

O uso da Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento é universal por ser considerado um sistema natural bem definido no espaço (SANTOS, 2004).

Nas etapas do planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos é necessária a participação ativa dos usuários deste recurso para que o diagnóstico, a realização das soluções e por fim a avaliação dos resultados seja realizada. É imprescindível que as leis e diretrizes de uso dos recursos hídricos sejam acatadas para que o uso do recurso natural aconteça de forma sustentável. Um planejamento eficaz deve ser composto por um levantamento de dados socioeconômicos, ambientais e fisiogeográficos, a fim de se compreender as fragilidades locais, facilitando a tomada de decisões de acordo com a capacidade da área estudada. (SANTANA, 2003)

No planejamento das bacias hidrográficas, as com menor extensão territorial<sup>3</sup>, localizadas dentro dos limites municipais tem maior possibilidade de sucesso nas

---

<sup>3</sup> As bacias são interligadas entre si, no entanto, bacias menores ligadas a bacias de ordem hierárquicas superior são consideradas bacias de menor porte.

iniciativas sustentáveis devido ao seu tamanho, que favorece a tomada de decisão por parte do município ao qual a Bacia Hidrográfica pertence (SANTANA, 2003). Caso o município ignore a necessidade de cuidados em uma bacia de menor extensão, a suscetibilidade de destruição da mesma se torna alta.

Tendo em vista o planejamento e os cuidados para com os recursos naturais, estudiosos da área apontam que as ações antrópicas estão causando impactos irreversíveis no funcionamento de tais recursos. Barrella (2008) afirma que os recursos eram considerados abundantes e inesgotáveis, e por esta razão, poderia ser explorado sem restrições. Anteriormente não existia a preocupação com o manejo sustentável da exploração dos recursos naturais e das bacias hidrográficas, “atualmente, pode-se notar uma gradativa perda da qualidade ambiental das bacias hidrográficas com o adensamento populacional em suas áreas” (BARRELLA, 2008, p. 188).

Com a crescente taxa de urbanização, industrialização e agronegócios em nível mundial, aumentaram-se as demandas pelo uso de água e pela necessidade de ações e cumprimento das leis para diminuir a degradação e preservar os recursos hídricos, na tentativa de alterar o mínimo possível seu equilíbrio natural. De acordo com Machado (2003) as diversas ações antrópicas ligadas ao uso de recursos naturais são responsáveis pela degradação de tais recursos.

No caso da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes em estudo, localizada ao sul do estado de Minas Gerais, o uso da água se divide em: consumo humano, com 0,23305 m<sup>3</sup>/s de consumo das vazões outorgadas; dessedentação animal, com 0,01214 m<sup>3</sup>/s de consumo das vazões outorgadas; irrigação, com 0,14416 m<sup>3</sup>/s de consumo das vazões outorgadas e; indústria, com 0,670869 m<sup>3</sup>/s de consumo das vazões outorgadas. (CONSÓRCIO ECOPLAN - LUME – SKILL, 2010).

Para conhecer melhor as características da Bacia estudada, o tópico a seguir aborda aspectos geoambientais da mesma e características gerais para o conhecimento de mais detalhes.

#### **1.4 Área de estudo- Caracterização da bacia Rio das Mortes**

A bacia do Rio das Mortes está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Localiza-se entre as coordenadas 44°56'27''W e 43°33'54''W e 20°45'31''S e 21°37'10''S (Mapa 2). Sua classificação, segundo Sthraler é de 5ª ordem<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> O mapa de classificação de Sthraler da bacia do Rio das Mortes foi gerado no Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento – LabCar, do departamento de Geociências da Universidade Federal de São João del- Rei. O mapa não foi exposto neste TCC, porém pode ser disponibilizado para a comunidade acadêmica e sociedade em geral.

## BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS MORTES- MG

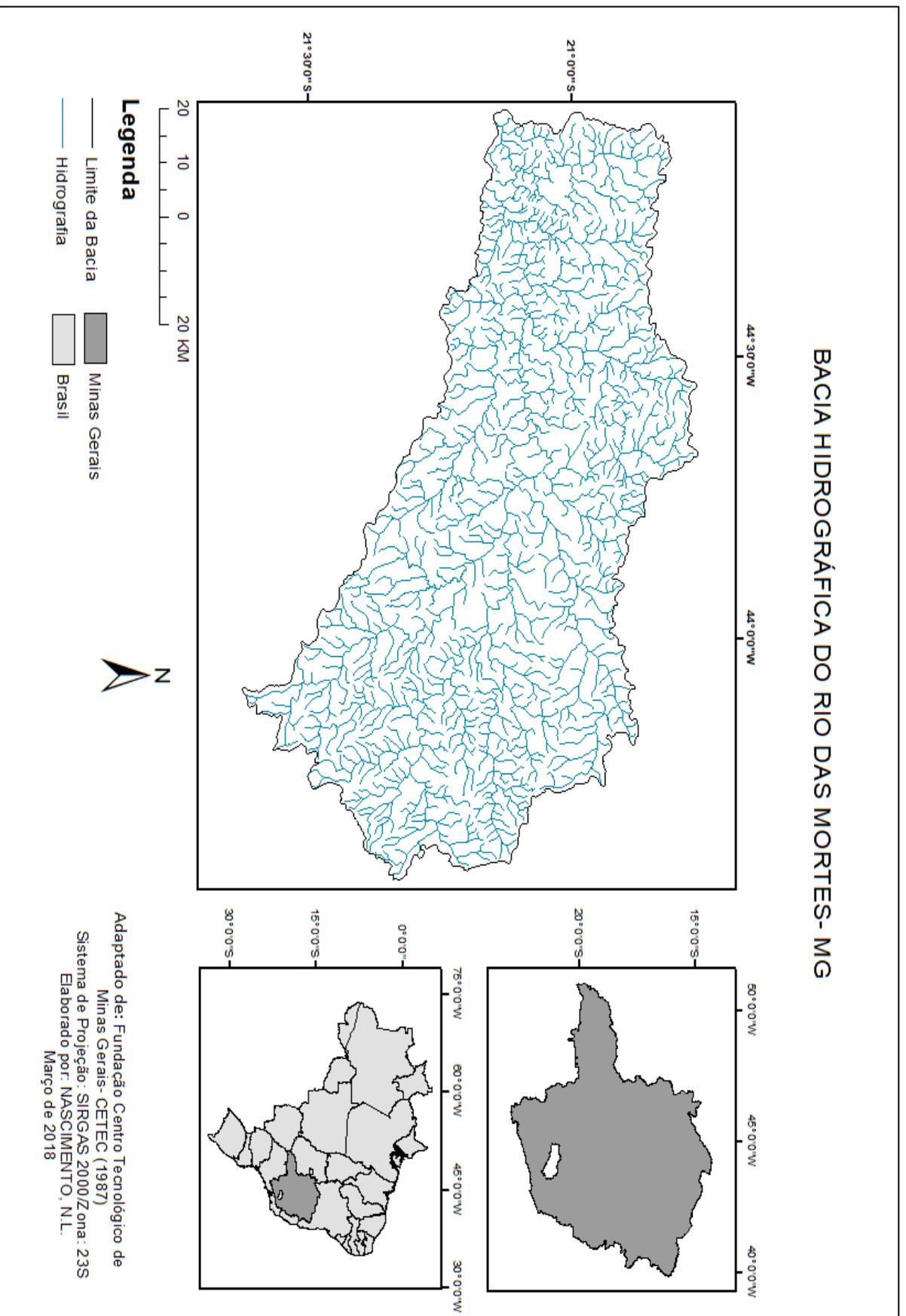


Figura 2: Localização da bacia do Rio das Mortes

A Bacia Hidrográfica do Rio Grande abrange o território dos estados de São Paulo (39,8% do total da bacia) e Minas Gerais (60,2% do total da bacia), totalizando 143.437,79 km<sup>2</sup>. Esta bacia se divide em 14 Unidades de Gestão de Recursos Hídricos, sendo 8 localizadas em Minas Gerais e 6 em São Paulo (Plano Diretor de Recursos Hídricos, 2010).

Segundo o Plano Diretor De Recursos Hídricos (2010), a Bacia do Rio das Mortes faz parte da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos GD2. A nascente do Rio se localiza na divisa dos municípios Barbacena e Senhora dos Remédios, cuja altitude é, de aproximadamente, 1.200 metros, a segunda maior altitude da bacia. O ponto mais alto da bacia é 1440 metros e se localiza na parcela da Serra de São José situada na porção oeste do município de Prados e leste do município de Tiradentes.

De acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos (2010) a Bacia do Rio das Mortes conta com a importante contribuição de suas bacias menores, sendo elas: Bacia Alto Rio das Mortes, Bacia do Baixo Rio das Mortes, Bacia do Médio Rio das Mortes, Bacia do Rio Elvas, Bacia do Rio Carandaí, Bacia do Rio dos Peixes e a Bacia do Ribeirão Barba-de-Lobo (Mapa 3). O Rio das Mortes percorre cerca de 280 quilômetros para desaguar no Rio Grande seguindo a direção Nordeste-Oeste, que é predominante no curso de seus afluentes.

# BACIA HIDROGRAFICA DO RIO DAS MORTES

## Bacias Menores

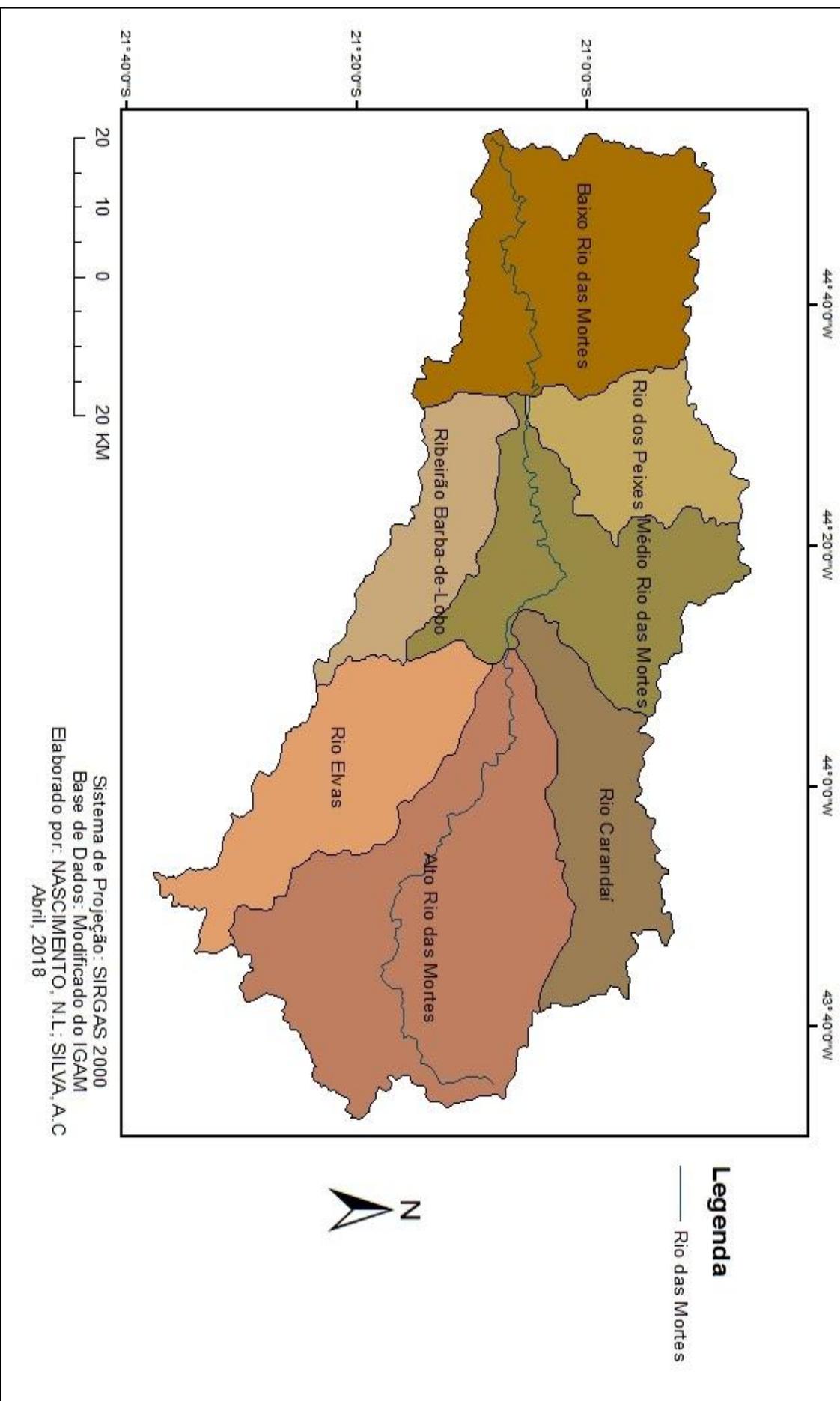


Figura 3: Divisões das bacias menores pertencentes à Bacia do Rio das Mortes

Os municípios estudados foram escolhidos pelo critério de possuir área urbana dentro do perímetro da bacia, sendo esta inteiramente ou parcialmente localizada na bacia, tendo em vista a degradação e os riscos que podem ser causados devido à presença de espaços urbanos e áreas indevidamente ocupadas.

Os municípios são os seguintes: Alfredo Vasconcelos; Antônio Carlos; Barbacena; Barroso; Bom Sucesso; Carandaí; Conceição da Barra de Minas; Coronel Xavier Chaves; Dores de Campos; Ibertioga; Ibituruna; Lagoa Dourada; Nazareno; Prados; Resende Costa; Ressaquinha; Ritópolis; Santa Cruz de Minas; Santa Rita de Ibitipoca; Santo Antônio do Amparo; São João del-Rei; São Tiago; Tiradentes (Figura 4).

# DIVISÃO POLÍTICA DOS MUNICÍPIOS PERTENCENTES À BACIA DO RIO DAS MORTES

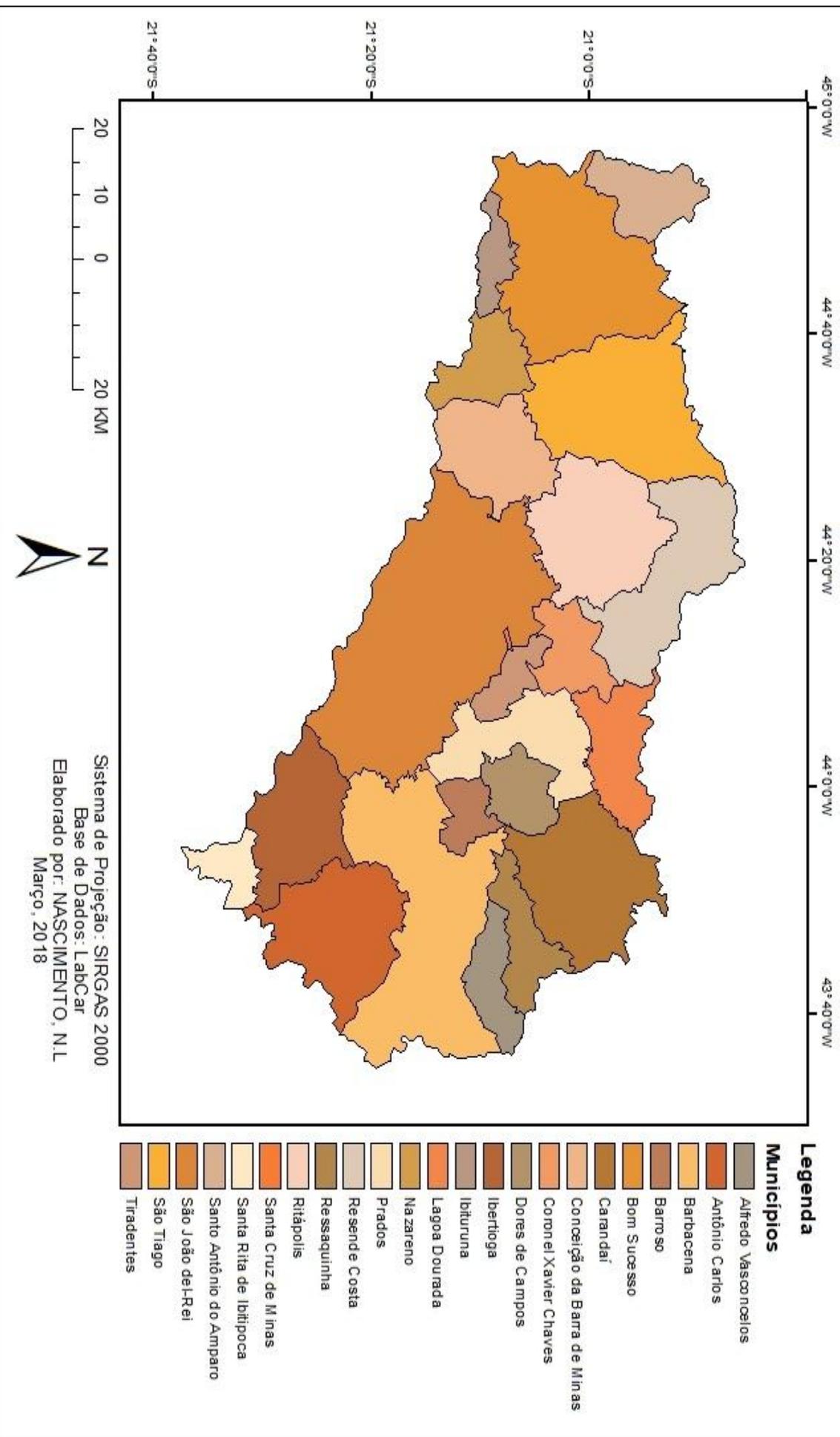


Figura 4: Representação dos municípios pertencentes a bacia e suas respectivas divisões

O Estado de Minas Gerais caracteriza-se pela presença predominante de cidades com menos de 100 mil habitantes, as quais representam 50,3% da população do estado (IBGE, 2010). Ainda que a realidade de cidades de menor porte seja diferente da de grandes cidades, planejamento e organização urbana são de notável importância para a sustentabilidade das bacias hidrográficas, uma vez que tais bacias são essenciais para a manutenção da biodiversidade, geração de energia, abastecimento dos municípios ao entorno, uso industrial, lazer, recreação, práticas agrícolas e turísticas dentre outras (NASCIMENTO; VENTORINI, 2016). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, os 23 municípios inseridos no limite da Bacia Hidrográfica possuem a seguinte classificação de acordo com o número de habitantes (Tabela 3):

**Tabela 3:** Classificação dos municípios enquadrados na bacia quanto ao número de habitantes

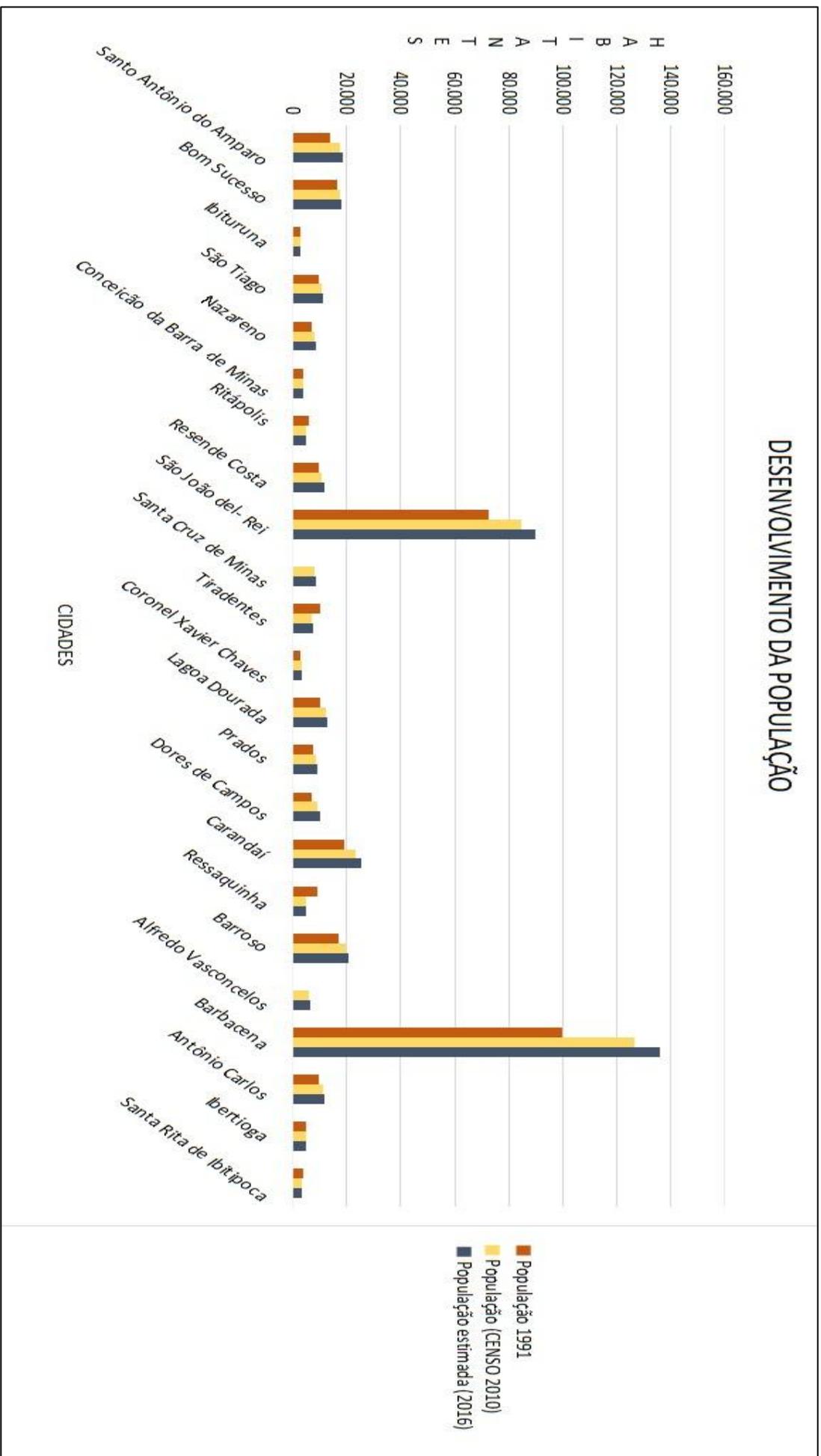
<b>Classes de tamanho da população (municípios)</b>	<b>Nº de municípios</b>	<b>População Residente (%)</b>
Pequeno porte 1 (até 20 mil hab.)	19	37,49
Pequeno porte 2 (de 20 à 50 mil hab.)	2	10,59
Médio porte (de 50 à 100 mil hab.)	1	20,67
Grande porte (acima de 100 mil hab.)	1	31,26
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010.

Os municípios classificados em Pequeno porte 1 (população de até 20 mil habitantes) representam 82,6% do total da bacia. A soma da população destes municípios refere-se a 37,49% do total de habitantes de todos os municípios. Tal fato evidencia que, apesar de serem cidades pequenas, juntas formam um grande conjunto que podem gerar impactos ambientais consideráveis. Assim, independentemente do porte dos municípios, em qualquer área, a possibilidade de impactos antrópicos de inúmeras formas e usos errôneos é real.

O índice demográfico dos municípios da bacia cresceu em média 6,89% com base no período de 1991 a 2010, segundo dados do Censo (IBGE, 1991, 2010), com destaque para os municípios Barbacena e São João del-Rei (Figura 5).

## DESENVOLVIMENTO DA POPULAÇÃO



**Figura 5:** Gráfico do desenvolvimento da população residente na Bacia  
**Fonte:** Adaptado IBGE, 2010

No caso dos municípios de Barbacena e São João del-Rei os mesmos desempenham um papel influenciador social para os outros municípios ao entorno (prestação de serviços públicos, como cartórios, atendimentos médicos e hospitalares, agências de correios, agências bancárias e até mesmo serviços privados, como mercados em geral e lazer) que se tornam dependentes das estruturas oferecidas por estes municípios.

Segundo MOREIRA (2014, p. 21):

As cidades brasileiras com população inferior a 50 mil habitantes, em geral, desempenham papéis reduzidos na rede urbana e apresentam, em sua maioria, estreita relação com o campo onde, comumente, se encontra a base econômica municipal – rural ou agroindustrial. Neles há ausência de empregos, infraestruturas, serviços diversos, entre tantas outras necessidades, o que aumenta a dependência de suas populações em relação aos centros urbanos de maior porte.

A população residente na bacia possuía estimativa de 434.582 mil habitantes em 2016 (IBGE, 2010). Tal crescimento demográfico desenvolve a economia local, possibilitando a chegada de novas indústrias, aumentando as práticas agrícolas, a geração de empregos, etc. (SANTOS, 2017), no entanto, a demanda de uso d'água fica cada vez maior para o abastecimento de tais atividades, aumentando conseqüentemente o nível de degradação antrópica devido ao crescimento espacial e demográfico dos municípios e ao uso insustentável dos recursos naturais.

Desta forma, destaca-se a importância da conservação da bacia e de um mapeamento atualizado que mostre a realidade da Bacia Hidrográfica.

## **1.5 Importância do Geoprocessamento através dos Sistemas de Informação Geográfica**

A representação da realidade urbana com caracterização antrópica e natural por meio da cartografia (mapas, croquis, etc.) é uma atividade desenvolvida desde a antiguidade para se realizar o planejamento urbano. Podemos citar como exemplo os assentamentos Hindus que foram planejados em 2600 a. c., ou até mesmo cidades como Roma e Grécia antiga (Almeida, 2007).

No início dos anos 1970, o computador pessoal (*Personal Computers- PC*) ganhou destaque nas representações da realidade urbana, e com os avanços tecnológicos da computação gráfica, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) entraram em cena nos estudos ambientais. Inicialmente, os SIG representavam a realidade através de camadas (*layers*) em ambientes computacionais. Permitia, assim,

a criação, armazenamento, visualização e manipulação das informações geográficas (ALMEIDA, 2007).

Almeida (2007) afirma que nos tempos mais atuais, os SIG passaram a atuar de forma marcante nas problemáticas do meio urbano, principalmente com o surgimento paralelo das imagens de satélite com alta resolução espacial. Hoje em dia, estes sistemas evoluíram e se tornaram plataformas com alta capacidade de explorar a complexidade dos problemas socioambientais.

Tal avanço tecnológico permitiu o surgimento de novas metodologias capazes de fornecer representações e possibilitar análises da realidade por meio de Modelos Espaciais, onde os fatores influenciam nos fenômenos/ situações gerando um sistema integrado. (ALMEIDA, 2007)

Devido a tais características aqui citadas, este conjunto de técnicas se faz útil para a gestão urbana e ambiental. Porém, muitas cidades ainda não adotaram efetivamente tais técnicas em seus sistemas de gestões devido a fatores como: falta de recursos financeiros nas prefeituras para adotar esta tecnologia; falta de capacitação técnica profissional do corpo de funcionários responsáveis pela gestão do município e; o desconhecimento ou a falta de consciência do que seja geoprocessamento (CARVALHO; LEITE, 2009).

Tendo em vista os apontamentos citados aqui, direciono o leitor ao capítulo seguinte, ao qual trata da discussão metodológica utilizada para a realização do mapeamento e da geração de Modelos que caracterizam a bacia do Rio das Mortes. Salienta-se, ainda, que o material gerado pode subsidiar novos trabalhos de pesquisa sobre a temática e também auxiliar na gestão urbana e ambiental dos municípios.

## **Cap. 2- Metodologia e procedimentos metodológicos**

Neste capítulo serão apresentadas e discutidas separadamente as metodologias utilizadas para a elaboração dos mapas temáticos e Modelos Sínteses, abordando os seus precursores e os procedimentos adotados para geração dos mapas .

### **2.1 Teoria Geral dos Sistemas Aplicada à Geografia**

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) originou-se nos trabalhos do biólogo Ludwig Von Bertalanffy que defende a complexidade dos elementos em interação contínua com o meio para representar o todo. (MOTTA, 1971; VICENTE; PEREZ FILHO, 2003; BEZZI, 2004; LIMBERGER, 2006).

De acordo com Bezzi (2004), foi a partir das concepções físicas que se formulou a Teoria Geral dos Sistemas, na qual as inter-relações definem o estado do sistema-organização. Segundo Bertalanffy (1950) a Teoria Geral dos Sistemas é uma disciplina logico-matemática, sendo em si mesma puramente formal, porém é aplicável a todas as ciências compostas por sistemas. O significado da Teoria Geral dos Sistemas pode ser compreendido de diferentes formas.

Para Marques Neto (2008, p.73),

A concepção sistêmica em Geografia, no entanto, pode ser detectada já nos primórdios de sua sistematização por Alexander von Humboldt no final do século XVIII, o qual, por intermédio do conceito de *Landschaft*, considerava o meio geográfico em sua totalidade, funcionando mediante as inter-relações vigentes entre seus componentes, delineando-se assim as primeiras rupturas com o paradigma mecanicista e reducionista na interpretação do meio.

De fato, a Geografia teve em sua história evolutiva avanços consideráveis que foram transformando o estudo e percepção da relação homem-meio. De acordo com Limberger (2006), a partir de 1950 a abordagem sistêmica introduziu na ciência uma abordagem mais globalizante se comparada ao paradigma presente até então. Na geografia, tal abordagem mudou a maneira de entender os fenômenos e objetos integrando assim elementos como sociedade e natureza nos estudos.

Ainda em conformidade com Marques Neto (2008) a inserção da abordagem sistêmica como método em geografia física predominou em praticamente todas as áreas desse subconjunto do estudo geográfico.

A fundamentação teórica metodológica deste Trabalho de Conclusão de Curso tem como base a Teoria Geral dos Sistemas Aplicada à Geografia, proposta por Christofolletti (1979). O autor destaca a importância de trabalhos publicados em 1950 e 1952 por Straller, que adotaram tal teoria em estudos Geomorfológicos. Podemos citar autores como Chorley, Howard, Hack e Hagget, e suas publicações a partir de 1960, que também contribuíram muito para o avanço da teoria em questão. (LIMBERGER, 2006; MARQUES NETO, 2008)

Os autores Oguchi e Butler (2017) mencionam que Chorley fez apontamentos sobre a estreita ligação entre a geomorfologia e a teoria geral dos sistemas, exercendo assim, forte influência nos estudos geomorfológicos futuros.

O paradigma sistêmico na Geografia insere-se na própria necessidade de reflexão sobre a apreensão analítica do complexo ambiental, através da evolução e interação de seus componentes sócio-econômicos e naturais no *conjunto* de sua organização espaço-temporal, sendo neste

contexto que surgem as propostas de cunho sistêmico e sua fundamentação integrada da abordagem do objeto de estudo, e do entendimento do todo (sistema) e de sua inerente complexidade. (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003, p.334)

Além da compreensão completa do objeto em estudo, a Teoria Geral dos Sistemas aplicada a Geografia tem permitido, também, a geração de documentos cartográficos e modelos para análise da realidade atendendo às necessidades multitemáticas do objeto (ROSS, 1995). O uso de ferramentas tecnológicas sempre foi importante para a geografia, porém, atualmente, houve um crescente uso dos conceitos sistêmicos em geotecnologias devido à sua capacidade de compreender e organizar diferentes elementos, utilizando instrumentos de representação espacial, como mapas, imagens de satélite, fotografias aéreas, etc. (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003).

Para que as investigações do objeto de estudo sejam realizadas, envolve-se a geração e análise de mapas, e para isso é necessária a definição do objeto de estudo, das características das variáveis estudadas e das relações entre as partes, modelando, assim, um sistema e ajustando-o frente à realidade (ROSS, 1995; MOURA, 2003; SOUZA, CUNHA, 2012).

No mapeamento da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes, a TSG foi útil ao definir quais mapas gerar e quais as variáveis os compõem que servem de análise para gerar Modelos com áreas propícias a enchentes, erosões, vulnerabilidade ambiental e também áreas propícias a expansão urbana.

A seguir apresentam-se as discussões acerca do método da Análise Multicritério e como se dá a geração dos Modelos.

## **2.2 Análise Multicritério**

O método da Análise Multicritério pode ser compreendido como apoio à tomada de decisão baseado na análise de alternativas para resolver determinados problemas. (FRANCISCO et al., 2007; MOURA, 2007; ALBUQUERQUE, 2015).

Albuquerque (2015) afirma que, um dos desafios que as organizações enfrentam está na capacidade de fazer escolhas certas quando se trata de casos específicos com a existência de diversas variáveis, uma vez que tais casos demandam uma complexidade de multiconhecimentos para sanar os problemas. Neste sentido, a Análise Multicritério auxilia na elaboração de modelos de análise espacial em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), possibilitando traçar cenários, simulação de fenômenos, seleção das principais variáveis de análise e estudo de suas combinações

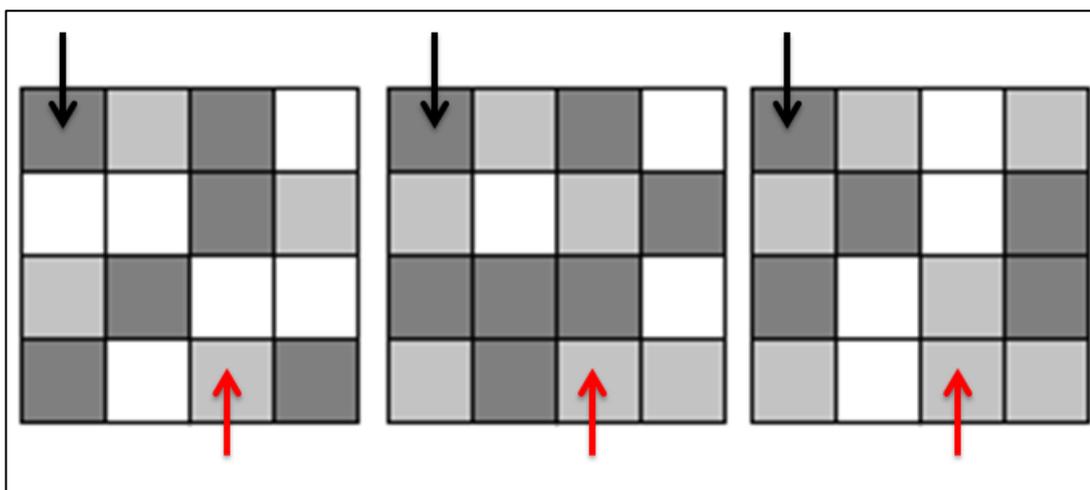
para a busca de respostas da correlação e do comportamento das múltiplas variáveis escolhidas. (MOURA, 2007)

Os procedimentos de modelagem do espaço pela Análise Multicritério são realizados por meio dos Sistemas de Informações Geográficas uma vez que, tal tecnologia é diferenciada pela capacidade de unir dados espaciais com informações alfanuméricas e permitir a visualização por meio de mapas (CABRAL, 2012)

As etapas para realização dos modelos consistem em: 1) Definição do fenômeno a ser modelado; 2) Aquisição e adequação da base de dados em formato vetorial correspondente às variáveis selecionadas; 3) Transformação dos dados vetoriais em matriciais (*raster*); 4) Adoção de um valor comum de pixel para todos os mapas, para padronizar a resolução de cada pixel, e assim, de cada dado matricial (MOURA, 2007).

Para a definição dos objetivos é necessário um estudo prévio da área desejada para determinar as principais variáveis a serem utilizadas no cruzamento dos dados. Para a organização e adequação da base de dados é preciso catalogar e validar as informações das variáveis, pois, para se obter resultados confiáveis com a Análise Multicritério é de suma importância obter um material cartográfico confiável (SANTOS, 2017). Deve-se, também, transformar as variáveis vetoriais em matriciais (*Raster*), pois segundo Moura (2007) tal formato ajuda a aperfeiçoar o cruzamento dos dados devido a relação topológica implícita no processo matricial.

Ainda de acordo com Moura (2007), para que o cruzamento de dados seja possível, os dados dos planos de informação devem apresentar a mesma resolução, mesmo que suas elaborações sejam realizadas em resoluções diferentes, ou seja, deve-se definir o mesmo tamanho de *pixel* e o número de colunas e linhas da matriz para todas as variáveis para que haja coincidência espacial - sobreposição dos planos de informação (Figura 6). Este processo se dá devido às diferentes fontes de dados e diferentes escalas de representação das variáveis, portanto, é indicado que se adote a pior resolução dos *pixels* (maior dimensão).



**Figura 6:** Matrizes com o mesmo tamanho de *pixel* para que haja sobreposição.

**Fonte:** Autora

O processo para a realização das modelagens tem por base o mapeamento das variáveis em planos de informação e a definição do grau de importância de cada plano de informação e cada componente da legenda para a geração do resultado final (MOURA, 2007). Sendo assim, cada plano de informação utilizado possui um valor de influência, somando um total de 100% (MOURA, 2007; ALBUQUERQUE, 2015; SANTOS, 2017; SANTOS; VENTORINI, 2017), além de cada elemento da legenda de cada plano de informação receber uma nota que pode variar de 0 a 10, de acordo com o grau de importância de tal elemento no conjunto (MOURA, 2007). Moura (2007) afirma ainda que, a matemática empregada neste método é a simples *média ponderada*.

Moura (2007) exemplifica o processo de modelagem com a geração de um mapa de Síntese de Riscos à Ocupação Urbana, onde foram cruzados os mapas de: declividade (influência 30%), riscos geotécnicos (influência 30%), faixa de domínio de estradas (influência 12%), faixa de domínio de rios (influência 12%) e áreas já atingidas por mineração (influência 16%). Para exemplificar os pesos para cada componente da legenda, Moura utiliza as classes da declividade, onde: de 0 à 30°= nota 0; de 30 à 47°= nota 7; >47°= nota 10. Logo, a maior nota empregada significa que declividades acima de 47° apresentam maior relevância na definição do risco do que as outras declividades mais baixas.

Vale ressaltar que cada variável deve ser analisada separadamente, pois a relação entre as características destas se dará a partir da aplicação do modelo, que cruza, necessariamente, todos os componentes. (MOURA, 2007)

A definição dos pesos de cada componente da legenda pode ser definida através da Análise Hierárquica de Pesos (AHP), proposta pelo Professor Thomas

Saaty, na Universidade da Pensilvânia em 1978, com o objetivo de auxiliar na “[...] atribuição dos pesos dos planos de informação, para determinar a contribuição relativa de cada um, mas ainda assim o especialista deve definir a hierarquia entre as variáveis e os pesos de cada componente de legenda das variáveis.” (MOURA, 2007, p. 2903). O método propõe a comparação das variáveis de dois a dois, atribuindo um critério de importância entre eles. (INPE, 2005; CICONE JUNIOR, 2008; ALBUQUERQUE, 2015; SANTOS, 2017; SANTOS; VENTORINI, 2017)

Os pesos atribuídos no método AHP variam entre 1 a 9, como ilustra o quadro abaixo:

**Quadro 2:** Avaliação de pesos do método AHP para comparação pareada.

<b>Intensidade de Importância</b>	<b>Definição</b>	<b>Explicação</b>
<b>1</b>	Importância Igual	Os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
<b>3</b>	Importância Moderada	Um fator é ligeiramente mais importante que o outro.
<b>5</b>	Importância Essencial	Um fator é claramente mais importante que o outro.
<b>7</b>	Importância Demonstrada	Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática.
<b>9</b>	Importância Extrema	A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
<b>2, 4, 6, 8</b>	Valores intermediários entre julgamentos	Possibilidade de compromissos adicionais.

Fonte: Adaptado de DPI- INPE- Análises Geográficas, 2006.

Maus (2015) aponta que, para realizar a comparação pareada a escala de valores da AHP ajuda o pesquisador para atribuir os pesos com as respectivas variáveis representadas em cada mapa.

A elaboração do modelo de interesse é dada a partir da álgebra de mapas estabelecida com os pesos atribuídos à cada classe, e à influência atribuída a cada variável (MOURA, 2007). “A partir daí são calculados computacionalmente, por meio de matrizes quadradas, recíprocas e positivas e irredutíveis (que não tem zero) as alternativas e seus determinados pesos numa comparação paritária.” (ALBUQUERQUE, 2015, p. 72)

No uso de um SIG, as informações quantitativas são transformadas em qualitativas, ou seja, na legenda as informações são expressas por valores numéricos: “10”, “7”, “5”, “3”, “1”, e “0”, que transmitem os valores qualitativos: “Alto”, “Médio a Alto”, “Médio”, “Médio a Baixo”, “Baixo” e “Nulo” respectivamente (MOURA, 2007).

Salienta-se novamente que, os mapas temáticos devem ser confiáveis e validados para que os modelos gerados também sejam materiais de confiança. Para isto, deve-se validá-los com dados primários coletados em campo ou dados secundários publicados em artigos científicos, sites governamentais, privados etc., reduzindo assim o risco de subjetividade. Caso haja discrepância entre o modelo apresentado e a realidade, deve-se rever os mapas temáticos, os pesos e as influências atribuídas (MOURA, 2007).

Com a ajuda da TSG, para definir os mapas temáticos a serem elaborados para caracterizar a bacia do Rio das Mortes, gerou-se os mapas de declividade, hipsometria, uso do solo referente ao ano 2016, pedologia da bacia, população residente na bacia, índice de esgotamento sanitário por município e área de APP da bacia representada através de *buffers*. Por meio dos mapas temáticos elaborados e da Análise Multicritério, foi possível gerar Modelos Sínteses representando áreas suscetíveis à enchentes, áreas de vulnerabilidade ambiental e áreas propícias à expansão urbana, para retratar a realidade da bacia em estudo.

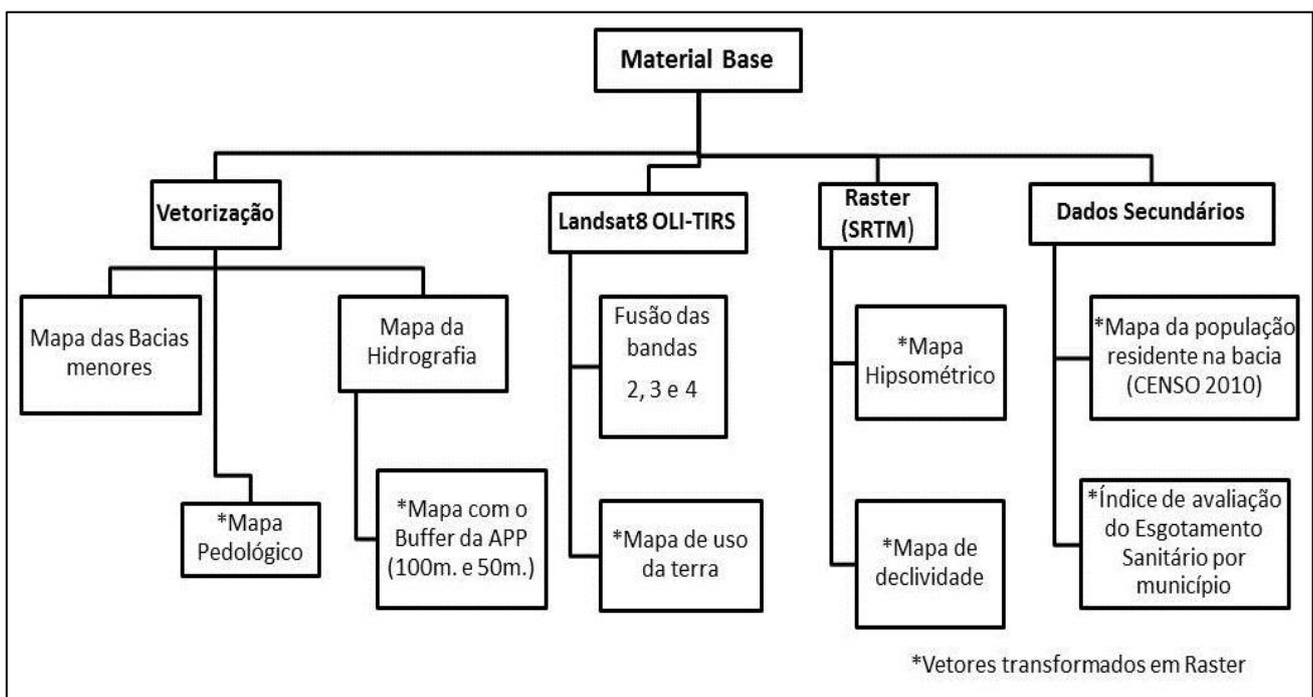
São apresentados, a seguir, os materiais e procedimentos utilizados para a geração dos Mapas Temáticos e dos Modelos Síntese por meio da Análise Multicritério.

### **2.3 Materiais e procedimentos para criar a base digital cartográfica**

O material cartográfico básico utilizado na pesquisa foi: A) pesquisa de material cartográfico base sobre a bacia do Rio das Mortes; B) elaboração de um banco digital

de dados para geração de mapas temáticos (uso da terra, declividade, hipsometria e Áreas de Preservação Permanente- APP) para posterior geração de modelos síntese (síntese de inundações, áreas de vulnerabilidade ambiental e áreas propícias à expansão urbana); C) Vetorização da hidrografia da bacia, vetorização das bacias menores pertencentes à bacia do Rio das Mortes, vetorização da pedologia; D) Dados secundários dos setores censitários dos municípios (população dos municípios e esgotamento sanitário adequado por município) disponibilizada gratuitamente no site do IBGE e dados complementares para caracterizar a área de estudo e validar as informações especializadas em mapas.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizado foi o *software ArcGis® 10.5* e suas extensões (*ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox*), que tornaram possível a elaboração da base digital de dados cartográficos. A figura 7 ilustra os procedimentos da pesquisa, cujo detalhamento é apresentado a seguir.



**Figura 7:** Fluxograma dos procedimentos da geração de mapas temáticos

A vetorização das bacias menores pertencentes à bacia do Rio das Mortes se deu através do Plano Diretor de Recursos Hídricos (2010), que apresenta as divisões das bacias pertencentes ao GD2. Para tal vetorização, criou-se um shape de polígono na extensão ArcCatalog do SIG ArcGis, com o sistema de projeção SIRGAS 2000 para tracejar somente as bacias pertencentes à área estudada.

O mapa pedológico foi vetorizado com base no mapa de Solos da EMBRAPA, intitulado “MAPA DE RECONHEIMENTO DE MÉDIA INTENSIDADE DOS SOLOS DA ZONA CAMPOS DAS VERTENTES- MG”, escala 1: 250.000, disponível no Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento- Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Zona Campos das Vertentes- MG (2006). Foi criado um shape de polígono, com sistema de projeção SIRGAS 2000, e posteriormente realizada a vetorização das classes do solo localizadas dentro do limite da Bacia Hidrográfica de interesse.

A hidrografia da bacia do Rio das Mortes<sup>5</sup> foi vetorizada com base no “MAPA DA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO DAS MORTES”, escala 1: 125.000, disponível na fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais- CTEC (1987). Para realizar a vetorização foi criado um shape de linhas na extensão ArcCatalog do ArcGis, com sistema de projeção WGS84, que posteriormente foi reprojetoado para SIRGAS 2000 através da ferramenta *Define Projection*, disponível na extensão ArcToolBox do SIG ArcGis. A correção das feições hidrográficas foi realizada com base na imagem de satélite Landsat correspondente ao ano 2016.

Para gerar o mapa de Área de Preservação Permanente (APP) foi criado um *Buffer*, com sistema de projeção SIRGAS 2000, seguindo o passo a passo do livro “Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no ArcGis 9.3” organizado por Peluzio, Santos e Fiedler (2010) e disponível para download no site Mundo Da Geomática (vide referências bibliográficas).

De acordo com Borges et al. (2010), Schäffer et al. (2011) e Bedê (2013), é considerado Área de Preservação Permanente locais com cobertura vegetal nativa ou não, mas que tenham por função preservar a paisagem, os recursos hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitando assim, o fluxo da fauna e flora e assegurando o bem-estar das populações.

Para a criação do *buffer* que representasse adequadamente a área de APP da bacia, teve-se como base a lei nº. 20.922, de 16 de outubro de 2013 onde relata no Art.9 que em zonas rurais ou urbanas, APP's são:

- I - 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:
  - a) 30m (trinta metros), para os cursos d'água de menos de 10m (dez metros) de largura;

---

<sup>5</sup> Mapa elaborado no Projeto de Iniciação Científica “Metodologia fractal e mapeamento digital: estudo das alterações morfológicas de cidades ao longo de um período de tempo”, edital nº 002/2016/PROPE, agência financiadora CNPq, orientado pela Profa. Dra. Sílvia Elena Ventorini.

- b) 50m (cinquenta metros), para os cursos d'água de 10m (dez metros) a 50m (cinquenta metros) de largura;
- c) 100m (cem metros), para os cursos d'água de 50m (cinquenta metros) a 200m (duzentos metros) de largura;
- d) 200m (duzentos metros), para os cursos d'água de 200m (duzentos metros) a 600m (seiscentos metros) de largura;
- e) 500m (quinhentos metros), para os cursos d'água de mais de 600m (seiscentos metros); (DIÁRIO DO EXECUTIVO- MINAS GERAIS, 2013)

“A medição se faz, dos dois lados, a partir da borda da calha do leito regular, ou seja, da beirada do leito, e a faixa depende da largura do rio ou riacho.” (BEDÊ, 2013, p.15)

Para calcular a largura dos rios pertencentes à bacia e enquadrá-los à lei acima citada, utilizou-se os programas Google Earth Pro e Google Maps para melhor visualizar as feições da hidrografia (leitos direito e esquerdo). A medição da largura foi feita através da ferramenta “Régua”, disponível em ambos os programas computacionais. Com o fim da medição foi possível constatar que, o rio principal da bacia possui 50m a 200m de largura, portanto o *buffer* foi gerado com uma faixa de APP de 100m para cada leito do rio. Já os afluentes possuem de 10m a 50m de largura, logo, o *buffer* foi gerado com uma faixa de APP de 50m, também para cada leito do rio, com sistema de projeção SIRGAS 2000.

Para a geração de dados do uso do solo da bacia<sup>6</sup>, utilizou-se as imagens Landsat8 OLI/TIRS disponibilizadas pelo site *United States Geological Survey (USGS)*, para que, posteriormente, fosse realizada a vetorização das classes do uso da terra. A escala de visualização adotada para execução de tais vetorizações foi de 1:20.000. Foram utilizadas duas cenas do ano de 2016, do mês de Julho, dia 16, com resolução de 30 metros e as respectivas orbita/ponto: 218/074 e 218/075.

Primeiramente foram unidas as bandas espectrais 2, 3, e 4 de cada cena para a fusão em Red- Green- Blue (RGB) por comporem a cor verdadeira das feições da imagem e por apresentar melhor contraste para a visualização. Após o processo de junção das bandas foi realizado o mosaico entre as cenas e posteriormente, o recorte da imagem para encaixar no limite da área de estudo. Todo processo descrito foi realizado no SIG ArcGis.

Para a vetorização da imagem, foi criado um shape de polígono, sistema de projeção WGS84, posteriormente reprojetoado para SIRGAS 2000, com as classes

---

<sup>6</sup> Mapa elaborado no Projeto de Iniciação Científica “Análise Multicritério: mapeamento e modelagem das situações antrópica e natural da Bacia do Rio das Mortes”, edital nº 003/2017/PROPE, agência financiadora CNPq, orientado pela Profa. Dra. Sílvia Elena Ventrini.

existentes para a realização do estudo da área. Ainda nesta etapa foi realizada uma revisão da vetorização para correção de erros, tais como áreas verdes de plantação e áreas urbanas periféricas através de imagens com melhor visualização como as plataformas do *Google Maps* e *Google Earth*.

O mapa hipsométrico foi gerado a partir das imagens SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), baixadas com resolução espacial de 1 arco-segundo (~30m). Tais imagens são disponibilizadas pelo site *United States Geological Survey (USGS)* com download gratuito. Para a realização do mapa, utilizou-se a ferramenta “*raster to TIN*” disponível na extensão Arctoolbox. O TIN foi gerado e reclassificado com base na maior e menor altitude apresentada no terreno, ficando assim, com a equidistância entre as curvas de nível de 40m para representar a extensão da bacia.

O mapa de declividade foi gerado a partir da mesma imagem SRTM acima descrita. Com a ferramenta *Slope*, disponível na extensão arctoolbox, foi possível definir as feições da declividade do terreno em graus, e por fim reclassificá-las para que representem com veracidade a realidade da área da bacia. Contudo, podemos afirmar que o mapa de declividade se faz muito importante para compreender as dinâmicas de escoamento superficial, movimentos de massa, processos de erosão, etc. quando gerado com um bom processamento.

Os mapas de Hipsometria e Declividade foram criados com o Sistema de projeção WGS 84 e reprojatados para o Sistema de Projeção SIRGAS 2000, seguindo os passos descritos na página 41.

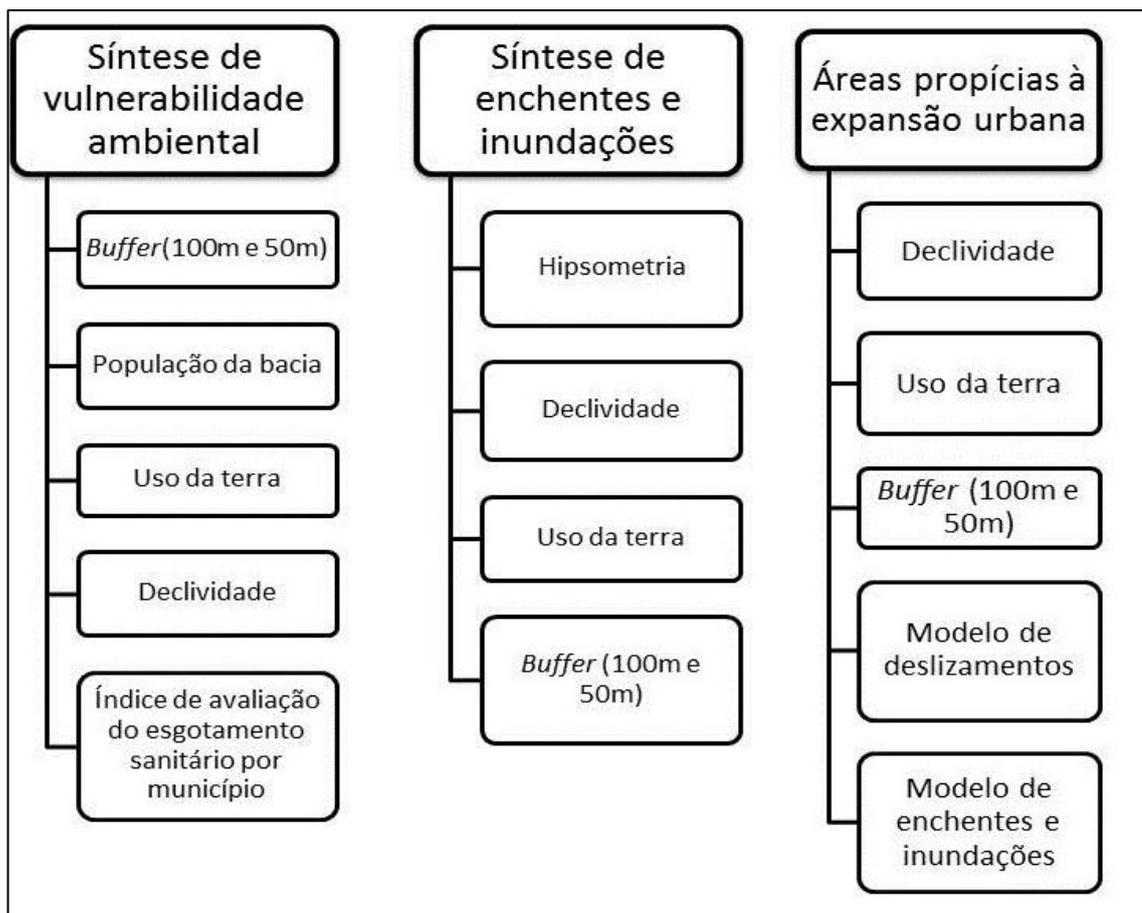
O mapa da população residente na bacia foi criado a partir de informações demográficas adquiridas no site do IBGE (CENSO 2010). As informações foram tabuladas no *software* Excel, e posteriormente espacializadas em um mapa através da ferramenta “*Kernel Density*”, que nos permite visualizar as cidades com maior número populacional.

O mapa de índice de avaliação do esgotamento sanitário por município foi realizado com base nas informações coletadas no site da Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (Feam/MG - <http://www.feam.br>) e espacializadas no SIG ArcGis.

Tendo em vista todos os procedimentos para gerar os mapas temáticos aqui descritos, prosseguimos para a descrição da geração dos Modelos Sínteses no tópico seguinte.

## 2.4 Materiais e procedimentos para gerar os Modelos Síntese

Como já discutido no item “5.2 Análise Multicritério”, primeiramente, a base digital de dados cartográficos da bacia foi avaliada e todos os mapas gerados foram transformados de vetor para *raster* por meio da ferramenta “*Polygon to Raster*” adotando o pixel tamanho 50m, compatível com a menor escala do material base utilizada (Mapa Pedológico- 1: 250.000), para a geração do Modelo Síntese. Após estes procedimentos, iniciou-se o processo de realização das modelagens como ilustra a figura 8.



**Figura 8:** Fluxograma dos procedimentos da modelagem

Para a definição dos pesos e influências adotou-se as pesquisas de Moura (2003, 2007, 2014) que ressaltam que a escolha para a geração de modelos deve ter como base análises estatística que identifiquem e/ou mantenham a baixa e a alta correlação entre as variáveis do fenômeno ou ocorrência a ser explicada pelo modelo.

Para a criação da álgebra de mapas de todos os modelos, utilizou-se a ferramenta *Weighted Overlay*, disponível da extensão *ArcToolBox* do SIG ArcGis.

Na geração do Modelo de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia empregou-se a seguinte equação:

$$MVA = \frac{\{(POP * 20) + (ESG * 15) + (DEC * 15) + (BUF * 25) + (USO * 25)\}}{100}$$

**Equação 1:** Modelo Síntese de Vulnerabilidade Ambiental

Onde:

MVA= Modelo de Vulnerabilidade Ambiental; POP= População residente, influência de 20%; ESG= Esgotamento Sanitário, influência de 15%; DEC= Declividade, influência de 15%; BUF= *Buffer* da APP, influência de 25%; USO= Uso do Solo, influência de 25%.

Os pesos atribuídos seguem organizados na tabela 4:

**Tabela 4:** Atribuição de pesos ao modelo de Vulnerabilidade ambiental

Variáveis	Classes	Pesos
Mapa de Declividade	0° a 3°	1
	3° a 8°	2
	8° a 20°	3
	20° a 75°	4
	> 75°	5
Uso da Terra	Áreas Urbanas	5
	Extração Mineral; Agricultura	3
	Afloramento com vegetação; Vegetação rasteira/ Pastagem;	1
	Mata nativa	
Esgotamento sanitário por município	Bom	1
	Médio	2
	Ruim	4
	Alarmante	5
<i>Buffer</i>	100m.; 50m.	5
População residente	0 à 10.000 Hab.	2
	10.000 à 20.000 Hab.	3
	20.000 à 60.000 Hab.	4
	> 60.000 Hab.	5

Para o Modelo Síntese de Inundação utilizou-se os mapas de Declividade, Hipsométrico, Uso da Terra e *Buffer*, cujas influências estão descritas na equação 2 e os pesos atribuídos para as variáveis na tabela 5.

$$MSI = \frac{\{(HIP*15)+(DEC*35)+(BUF*35)+(USO*15)\}}{100}$$

**Equação 2:** Modelo Síntese de Inundação

Onde:

MSI= Modelo Síntese de Inundação; HIP= Hipsometria, com influencia 15%; DEC= Declividade, com influência de 35%; BUF= Buffer, com influência de 35%; USO= Uso da Terra, com influência de 15%.

**Tabela 5:** Atribuição de pesos ao Modelo de Inundação

Variáveis	Classes	Pesos
Mapa de Declividade	0° a 3°	5
	3° a 8°	3
	8° à 20°; 20° à 45°; 45° à 75°; >75°	1
Mapa Hipsométrico	775m. à 840m.	5
	840m. à 880m.	3
	880m. à 1440m.	1
Uso da Terra	Áreas Urbanas	5
	Extração Mineral	2
	Vegetação rasteira/ Pastagem; Mata nativa; Agricultura; Afloramento com vegetação;	1
Buffer	100m.; 50m.	5

Para o Modelo Síntese de Áreas Propícias à Expansão Urbana foram utilizados os mapas de Declividade, Uso da Terra, Buffer e Modelo Síntese de Inundações. As influências e os pesos atribuídos seguem organizados na equação 3 e tabela 6, respectivamente.

$$MEU = \frac{\{(DEC * 25) + (USO * 25) + (BUF * 25) + (MSI * 25)\}}{100}$$

**Equação 3:** Modelo Síntese de Áreas Propícias à Expansão Urbana

Onde:

MEU= Modelo Síntese de Áreas Propícias à Expansão Urbana; DEC= Declividade, com influência de 25%; USO= Uso da Terra, com influência de 25%; BUF= Buffer, com influência de 25%; MSI= Modelo Síntese de Inundação, com influência de 25%.

**Tabela 6:** Atribuição de Pesos ao Modelo de Areas Propícias à Expansão Urbana

Variáveis	Classes	Pesos
Declividade	0° a 3°; 45° a 75°; >75°	1
	3° a 8°	3
	8° a 20°	5
	20° a 45°	4
Uso da Terra	Mata nativa; Extração mineral; Afloramento com vegetação	1
	Agricultura	2
	Vegetação rasteira/ Pastagem	4
	Áreas urbanas	5
Síntese de inundações	Muito baixo	5
	Baixo	4
	Médio	3
	Forte	2
Buffer	Muito forte	1
	100m.; 50m.	1

Por fim, foi realizada a validação dos Modelos por meio de análises de dados secundários governamentais e publicações, como Diagnóstico da Bacia hidrográfica do Rio das Mortes e Jacaré (IGAM, 2010), Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Zona Campo das Vertentes (EMBRAPA, 2006), Fundação Estadual do Meio Ambiente (2017), dentre outras, além de contar com a veracidade dos mapas base, que transmitem confiabilidade para geração dos Modelos. Ainda com intensão de validar os mapas, estabeleceu-se um diálogo com as prefeituras de todos os municípios através de correspondência via e-mail para coletar informações pontuais e atualizadas.

Devido a grande extensão da área em discussão, vale salientar que a conformidade dos Modelos com a realidade não deve ser cegamente confiada, já que trabalhos de campo não foram possíveis para validar fielmente os mapas e muitas informações governamentais não abrangem os detalhes necessários e ou, não são devidamente atualizadas frente à realidade da área estudada. No entanto, os Modelos

podem sim auxiliar na tomada de decisão, no conhecimento de áreas vulneráveis a enchentes e na gestão das áreas urbanas e Bacias Hidrográficas.

### **Cap. 3- Resultados e discussões**

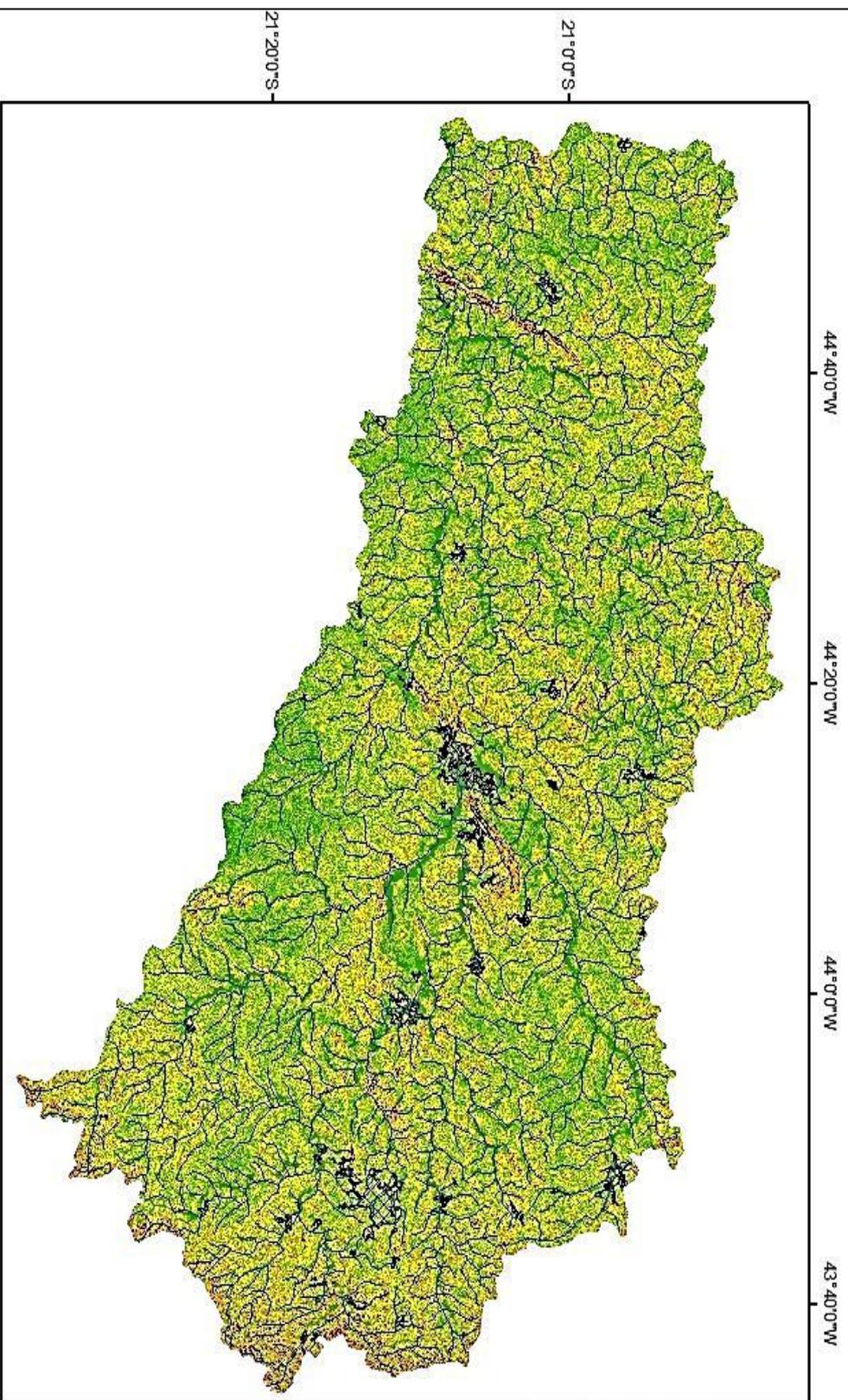
Apresenta-se neste capítulo os resultados e as análises do mapeamento temático e da geração de Modelos Sínteses, que tornou possível identificar e analisar características antrópicas e naturais da Bacia do Rio das Mortes.

#### **3.1 Mapeamento temático da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes**

O mapa de declividade (mapa 5) mostra áreas com baixa declividade, variando de 0° à 3° de declividade, caracterizando um relevo plano nas áreas próximas ao curso do Rio das Mortes, tornando o escoamento superficial lento e com pouca força para carregar sedimentos grandes. Indica também, áreas com declividade acentuada próximo as serras de São José e Bom Sucesso, com variação de 45 à > 75°, caracterizada por um relevo montanhoso à fortemente montanhoso, com escoamento superficial rápido e força para carregar sedimentos grandes (EMBRAPA, 1979).

# DECLIVIDADE

## Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes



### Legenda

- Declividade (°)**
- 0 - 3
  - 3 - 8
  - 8 - 20
  - 20 - 45
  - 45 - 75
  - 75 - >75
- Municipios
- Hidrografia

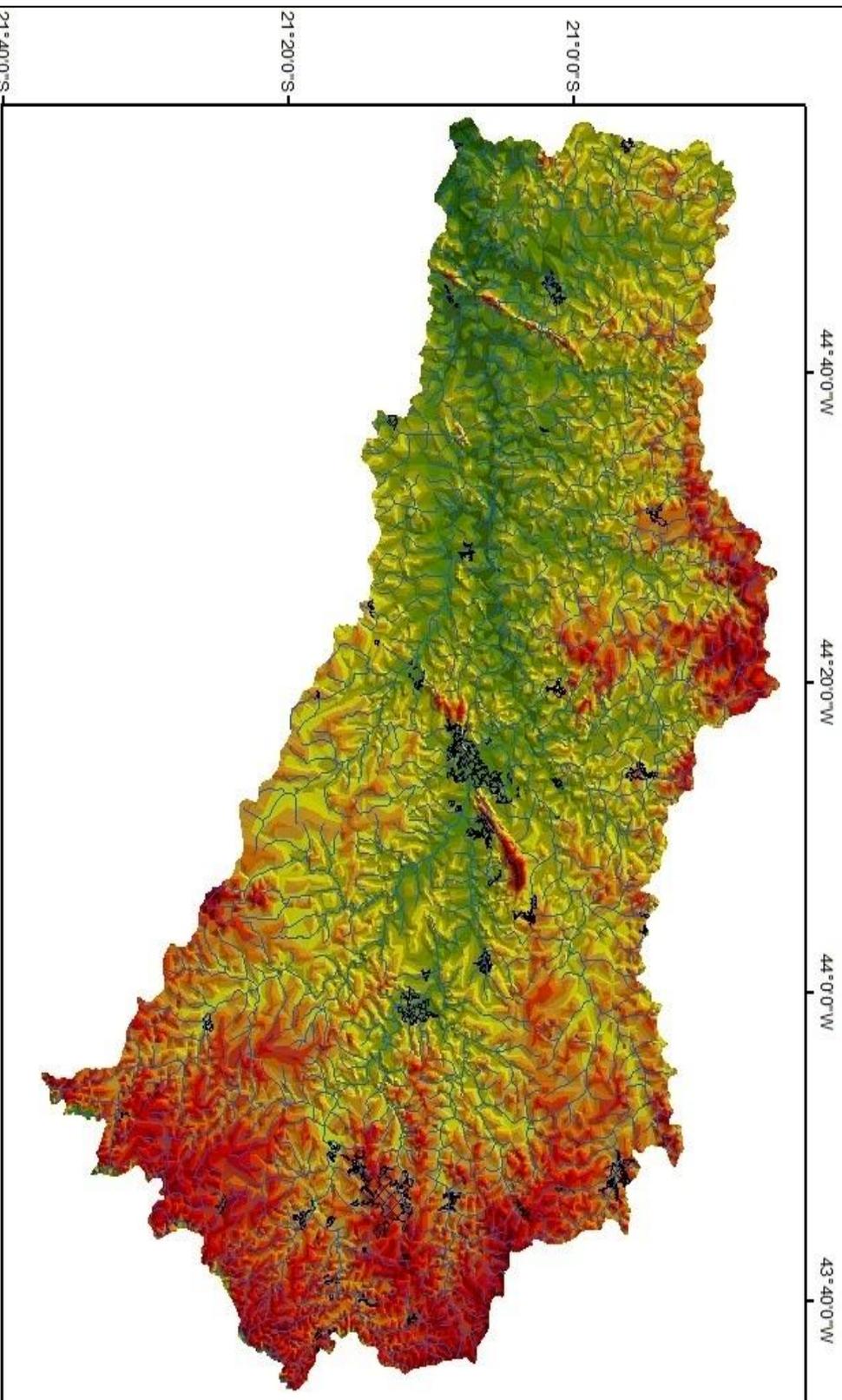
Fonte: USGS- Imagem SRTM  
Sistema de Projeção: SIRGAS 2000  
Elaborado por: NASCIMENTO, N.L.  
Abril, 2018

Figura 9: Representação da declividade da Bacia do Rio das Mortes

O mapa hipsométrico por sua vez, indica grandes altitudes próximo à serra de São José, atingindo cerca de 1440m, que corresponde à 75° à > 75° de declividade. Próximo aos municípios que compõe a cabeceira do Rio das Mortes torna-se nítidas altitudes também elevadas chegando à 1320m. As altitudes mais baixas coincidem com as declividades mais suaves dos cursos do Rio das Mortes, com mínimo de 775m em sua foz, onde desagua no Rio Grande, próximo ao reservatório de Furnas. (Figura 10).

# HIPSOMETRIA

## Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes



Fonte: USGS- Imagem SRTM  
Sistema de Projeção: SIRGAS 2000  
Elaborado por: NASCIMENTO, N.L  
Abril, 2018

### Legenda

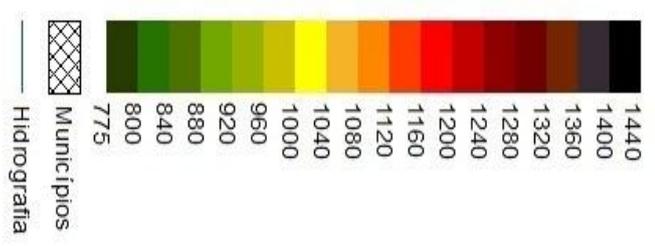


Figura 10: Representação da hipsometria da bacia do Rio das Mortes

Para classificar os municípios de Minas Gerais quanto a categoria de esgotamento sanitário, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) fez pesquisas em cada município aplicando o Índice de Qualidade dos Serviços de Esgotamento Sanitário (IQES) que classifica os municípios em “Muito Bom”, “Bom”, “Médio”, “Ruim”, “Muito Ruim” e “Alarmante”. O IQES agrupa seis indicadores para chegar ao resultado final da análise, são eles: Percentual de coleta de esgoto (PC), Percentual de tratamento de esgotos (PT), Regularização ambiental da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) (RA), Disposição final dos resíduos sólidos da ETE (DR), Análise adicional (AA) e Operacionalidade das Estações de Tratamento de Esgoto (OP). O índice da qualidade do esgotamento por município varia de 0 a 100, onde 0 representa um índice alarmante, com falta de serviços de esgotamento sanitário, já o valor 100 representa um ótimo serviço de esgotamento, com todos os indicadores positivos (FEAM, 2017).

O mapa de Índice de Avaliação do Esgotamento Sanitário Municipal (figura 15) indica 9 municípios pertencentes a bacia com classificação alarmante de IQES com pontuação entre 0 a 35, sendo eles Resende Costa, Coronel Xavier Chaves, Santa Cruz de Minas, Tiradentes, Ibertioga, Prados, Dolores de Campos, Ressaquinha, Alfredo Vasconcelos e Antônio Carlos. Os municípios com a melhor classificação são Bom Sucesso, São João del-Rei, São Tiago e Ibertioga, com pontuação entre 75 a 100.

As figuras de 11 a 14 apresentam fotos comprovando o lançamento de efluentes domésticos e industriais *in natura* nos córregos das respectivas cidades.



**Figura 11:** Ponto de lançamento de efluentes domésticos e industriais da sede municipal de Prados  
**Fonte:** Ecoplan-Lume-Skill, 2010



**Figura 12:** Ponto de lançamento de efluentes domésticos e industriais da sede municipal de Tiradentes  
**Fonte:** Ecoplan-Lume-Skill, 2010



**Figura 13:** Ponto de lançamento de efluentes domésticos e industriais da sede municipal de Santa Cruz de Minas

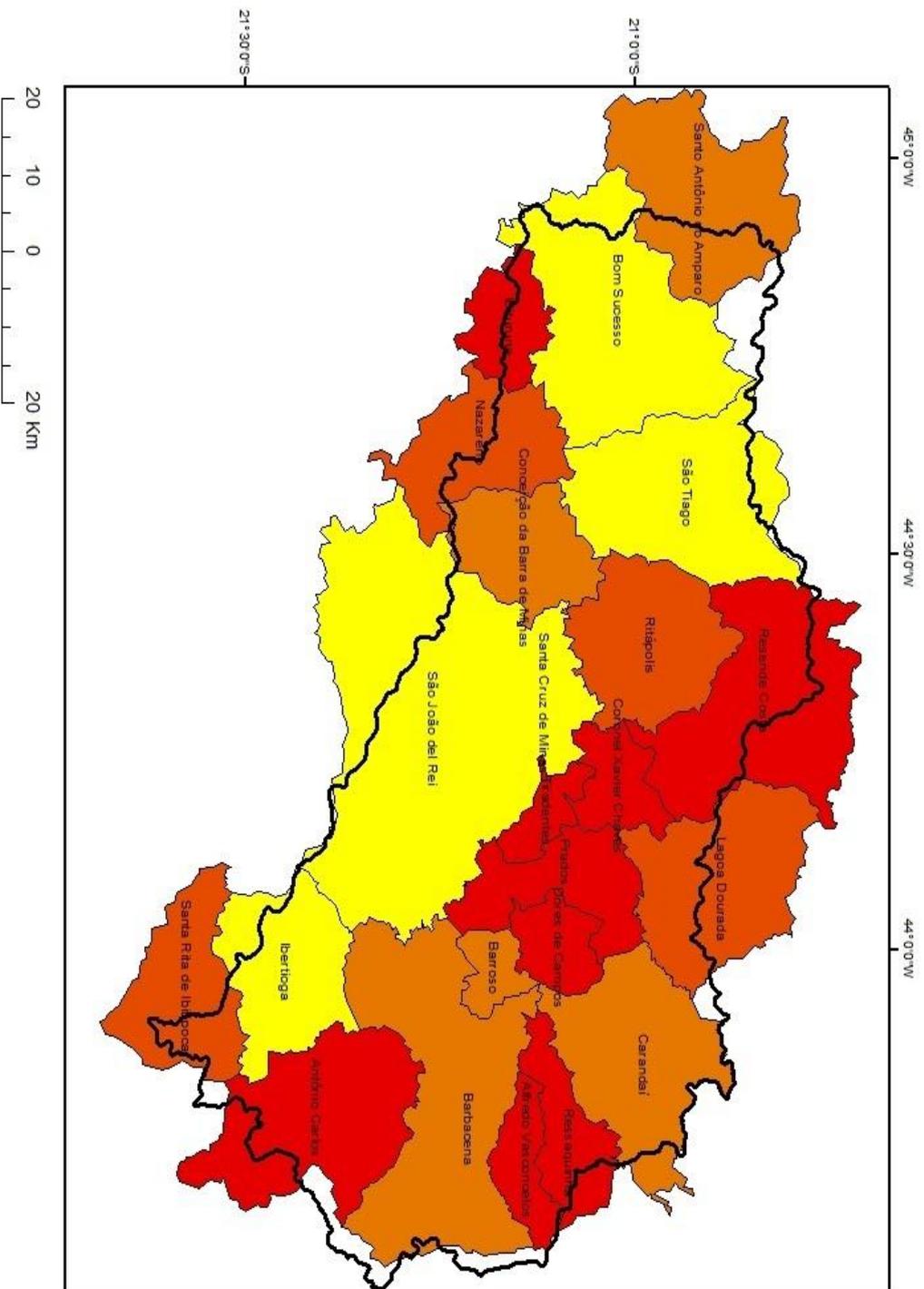
**Fonte:** Ecoplan-Lume-Skill, 2010



**Figura 14:** Ponto de lançamento de efluentes domésticos e industriais da sede municipal de Resende Costa

**Fonte:** Ecoplan-Lume-Skill, 2010

## ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO MUNICIPAL- MG Bacia Rio das Mortes- 2016



### Legenda

- Índice do Esgotamento Sanitário**
- 0 < x < 35 (Alamante)
  - 35 < x < 50 (Ruim)
  - 50 < x < 75 (Médio)
  - 75 < x < 100 (Bom)
  - 100 < x < 125 (Ótimo)
- Limite Bacia

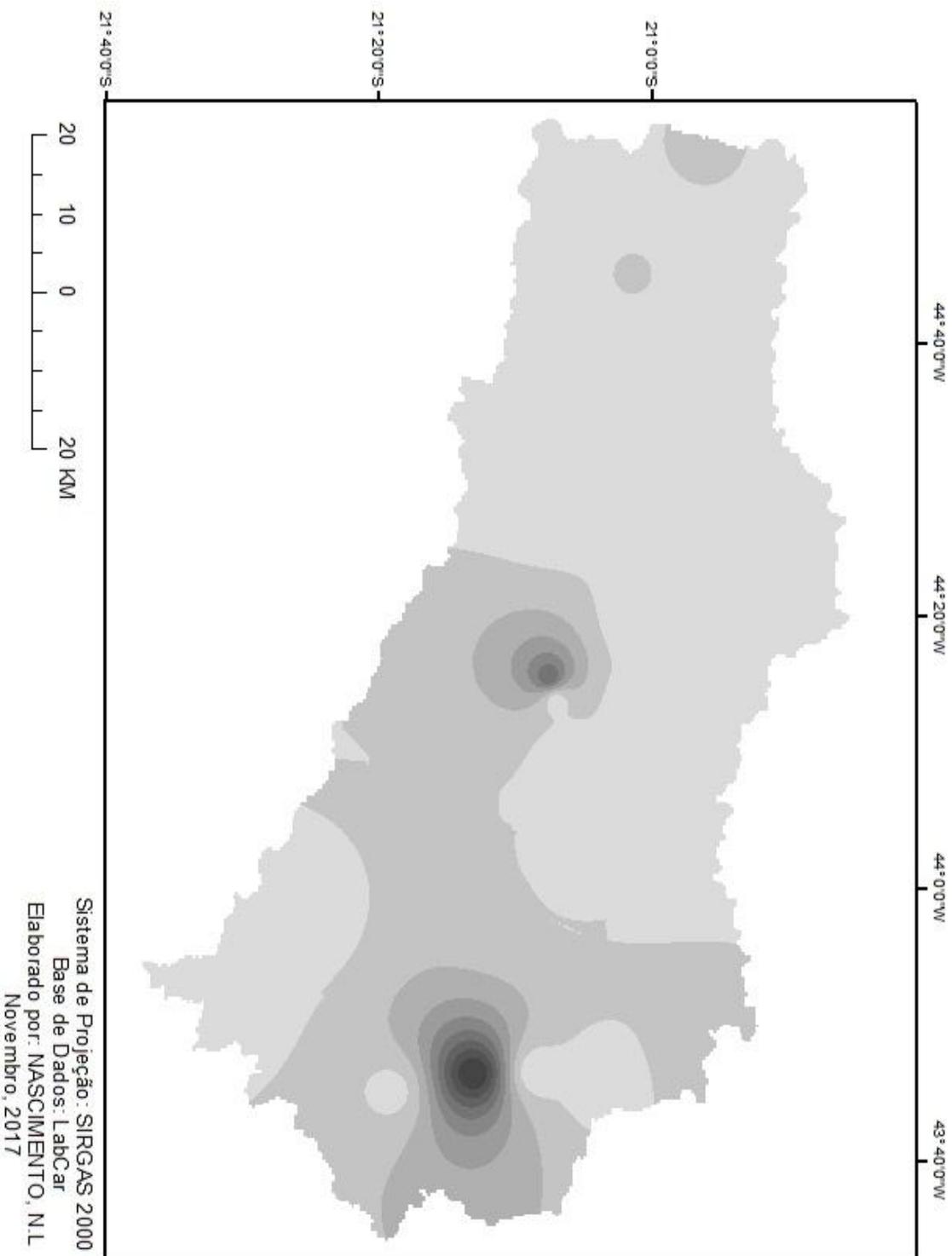
Fonte dos Dados:  
 Fundação Estadual do Meio Ambiente  
 Sistema de Projeção: SIRGAS 2000  
 Elaborado por: NASCIMENTO, N. L.  
 Setembro, 2018

**Figura 15:** Representação do Índice de Avaliação do Esgotamento Sanitário Municipal

A população residente na bacia (Figura 16) chega a uma estimativa de 434.582 mil habitantes em 2016 (IBGE, 2010). Dos 23 municípios estudados, os destaques são para Barbacena com mais de 120.000 Hab. e São João del-Rei com mais de 80.000 Hab., os demais municípios variam entre 2.000 Hab. a 25.000 Hab. Apesar de serem em sua maioria cidades com poucos habitantes, juntas formam um grande conjunto que geram impactos ambientais consideráveis. Assim, independentemente da quantidade de habitantes nos municípios, em qualquer área, existe impactos antrópicos de inúmeras formas.

# POPULAÇÃO

## Bacia Rio das Mortes- 2010



Sistema de Projeção: SIRGAS 2000  
Base de Dados: LabCar  
Elaborado por: NASCIMENTO, N.L  
Novembro, 2017

**Legenda**

**População (Censo 2010)**

2.800 - 16.500
16.500 - 30.300
30.300 - 44.000
44.000 - 57.700
57.700 - 71.400
71.400 - 85.110
85.110 - 98.820
98.820 - 112.530
112.530 - 126.240

Figura 16: Representação da população residente na Bacia do Rio das Mortes

No Mapa de Uso da Terra fica evidente que 78% de sua área total é composta por Vegetação Rasteira/ Pastagem. A Mata Nativa ocupa um espaço de 11,4% da bacia, acumulada quase inteiramente na porção leste. A Agricultura ocupa 8,5% e está espacializada na porção noroeste, nordeste e sudeste na bacia. As áreas urbanas ocupam cerca de 1,2% da área da bacia e apresentam pequenas extensões territoriais, com exceção de São João del- Rei e Barbacena. É encontrado na extensão da bacia duas áreas de extração mineral localizadas nos municípios de Nazareno e Barroso<sup>7</sup>.

As áreas com afloramento rochoso localizadas parcialmente nos municípios de Tiradentes, Santa Cruz de Minas, São João del- Rei, Coronel Xavier Chaves e Prados compreende a Serra de São José que tem seu uso sustentável protegido pelo Decreto nº 21.308 de 19/05/81 e Decreto nº 30.934 de 16/02/90, classificando-a como Área de Proteção Ambiental Estadual- APAE (CONSÓRCIO ECOPLAN - LUME – SKILL, 2010)

A tabela 7 quantifica a área em KM<sup>2</sup> e a porcentagem do uso da terra de cada classe que compõe a Bacia do Rio das Mortes.

**Tabela 7:** classes do uso do solo com suas respectivas áreas em KM<sup>2</sup> e porcentagem de uso

CLASSES	ÁREA KM <sup>2</sup>	PORCENTAGEM (%)
Afloramento com Vegetação	47,8	0,7
Agricultura	590,3	8,5
Áreas Urbanas	85,5	1,2
Corpos Hídricos	0,9	0,0
Extração Mineral	3,2	0,0
Mata Nativa	797,1	11,5
Vegetação Rasteira/ Pastagem	5434,6	78,1
<b>TOTAL</b>	<b>6959,48</b>	<b>100</b>

A espacialização das classes se encontra representada na Figura 17.

<sup>7</sup> As mineradoras existentes no perímetro da Bacia do Rio das Mortes são AMG Mineração S.A localizada na rodovia LMG 841 em Nazareno e Lafarge Holcim localizada na área urbana de Barroso.

# USO DA TERRA DA BACIA DO RIO DAS MORTES- 2016

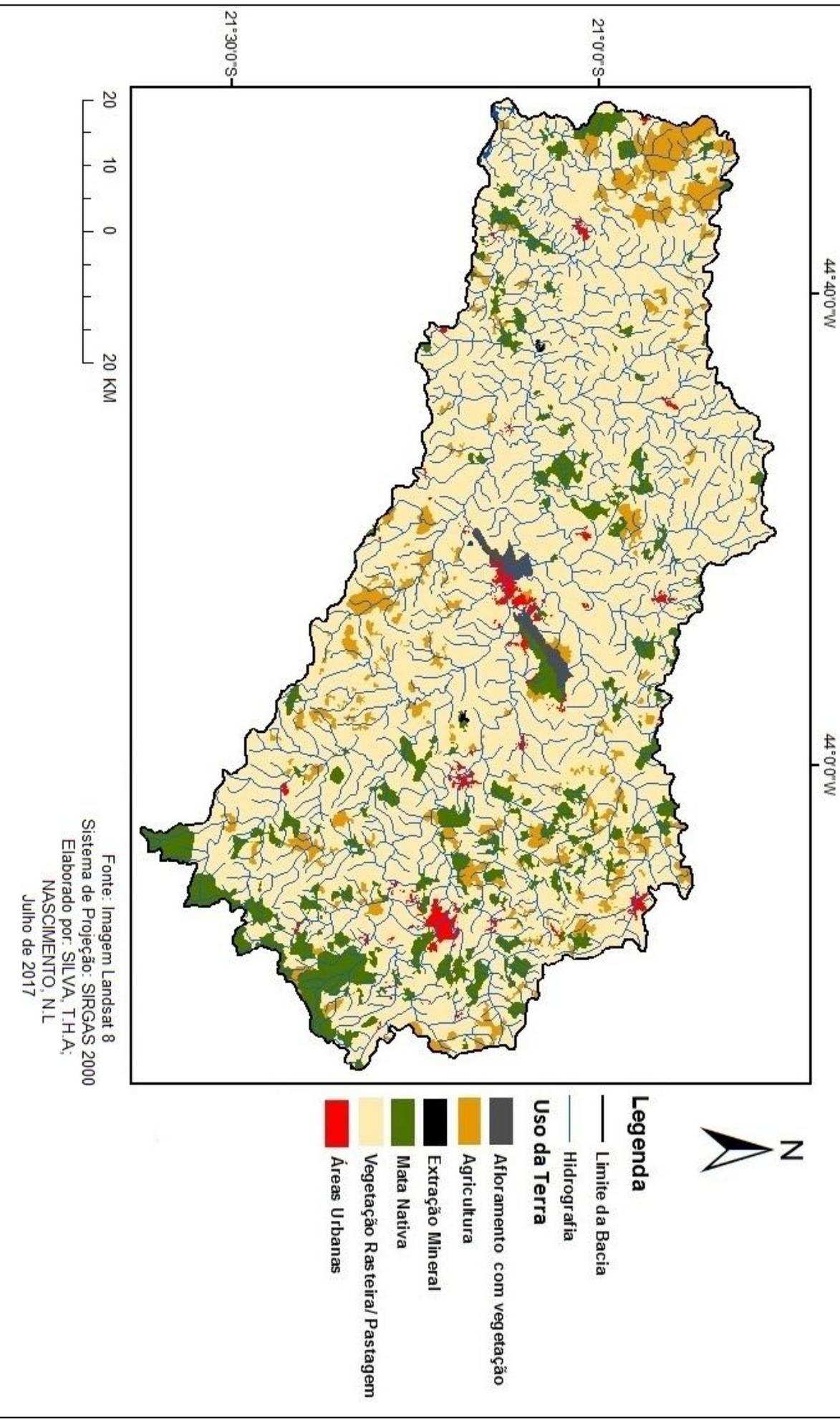


Figura 17: Representação do uso da terra no ano 2016 da Bacia do Rio das Mortes

Os Buffers da hidrografia gerados (Figura 18) indicam o não cumprimento da lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012, onde afirma o compromisso do Brasil com a preservação de florestas, biodiversidade, solo, recursos hídricos para o bem estar das gerações e define as Áreas de Preservação Permanente como área protegida (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2012). A lei nº. 20.922, de 16 de outubro de 2013, Art.9 determina, ainda, que os cursos d'água com largura entre 10 a 50m devem possuir uma faixa de APP de 50m, e cursos d'água com largura de 50 a 200m devem possuir faixa de APP de 100m. (DIÁRIO DO EXECUTIVO- MINAS GERAIS, 2013).

No entanto, se observarmos a figura 20 “Uso da terra da bacia do Rio das Mortes” e compararmos a localização das manchas urbanas das cidades é possível notar que a maioria delas estão localizadas muito próximas do leito dos córregos e até mesmo do Rio. O município de São João del- Rei por exemplo, possui casas construídas em área de várzea do Córrego do Lenheiro, desobedecendo a lei e colocando a vida dos moradores em risco (Figura 19).

# BACIA DO RIO DAS MORTES

## Buffers de 100m. e 50m.

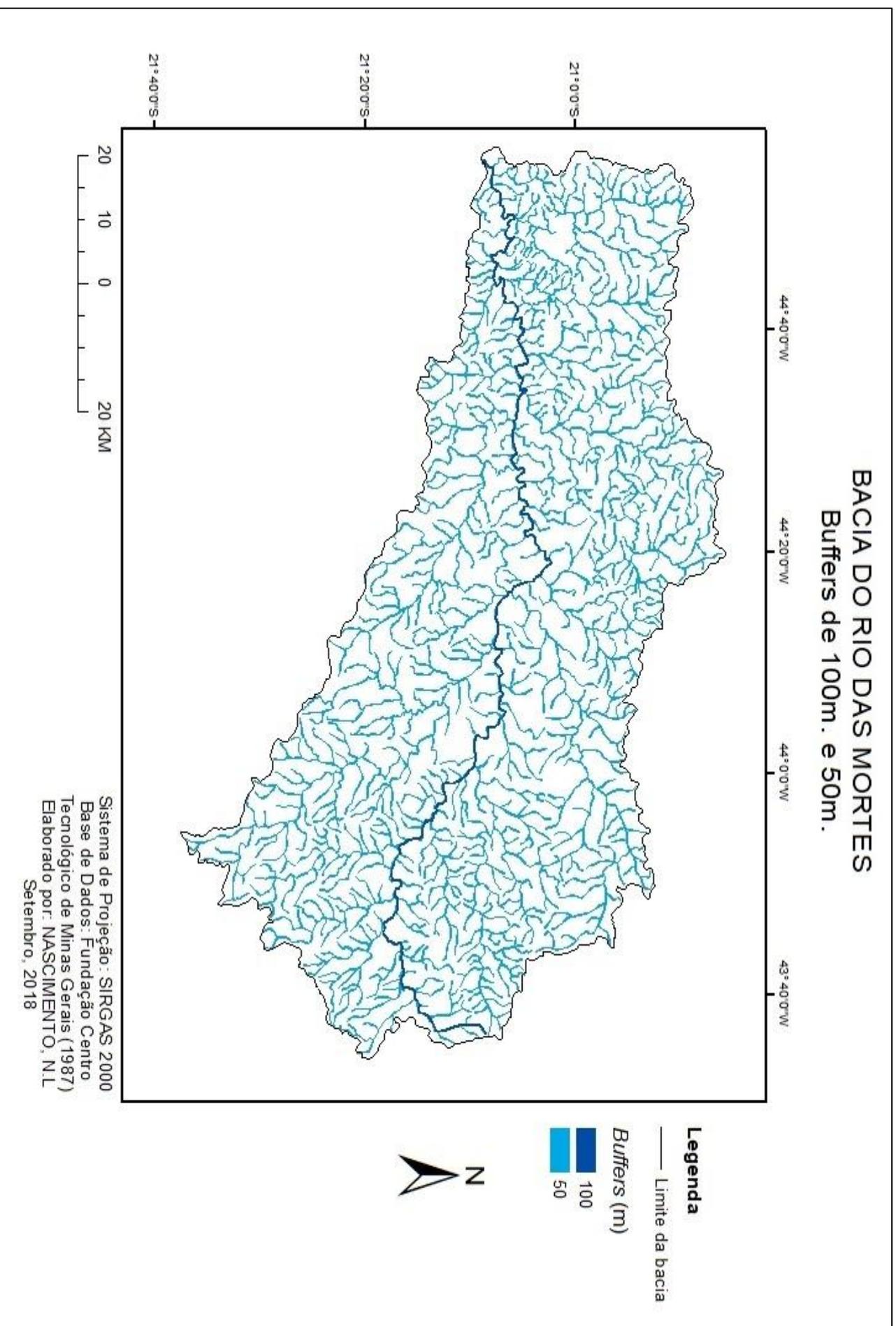


Figura 18: Buffers representando as áreas de APP da bacia do Rio das Mortes



**Figura 19:** Construções de alvenaria localizadas na várzea do Córrego do Lenheiro, no município de São João del- Rei  
**Fonte:** Santos, 2017

O solo da bacia está classificado em 6 tipos, e possui as seguintes características de acordo com a EMBRAPA- Solos (2006):

- Argissolo Vermelho-Amarelo: Apresentam horizonte A normalmente de textura média ou média cascalhenta ou argilosa, sendo o horizonte B de textura média ou argilosa ou argilosa cascalhenta. Ocorrem geralmente em áreas de relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso sob vegetação natural. Apresentam forte grau de suscetibilidade à erosão.

-Cambissolo: Esta classe compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B incipiente subjacente a horizonte A. São solos pouco evoluídos, de características bastante variáveis, mas em geral pouco profundos ou rasos e com teores de Silte relativamente elevados. Apresentam forte grau de suscetibilidade à erosão.

- Latossolo Vermelho: Apresentam perfis que variam de profundos a muito profundos, textura argilosa e muito argilosa. São solos de baixa fertilidade, baixo teores de cálcio e magnésio, distróficos ou ácricos. Ocorrem geralmente em áreas de relevo suave ondulado ou ondulado sob vegetação natural. Apresentam ligeiro/moderado grau de suscetibilidade à erosão.

- Latossolo Vermelho-Amarelo: Apresentam textura argilosa e muito argilosa ao longo do perfil. São solos de baixa fertilidade, distróficos e ácricos. Ocorrem geralmente em áreas de relevo suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso sob vegetação natural. Apresentam moderado/forte grau de suscetibilidade à erosão.

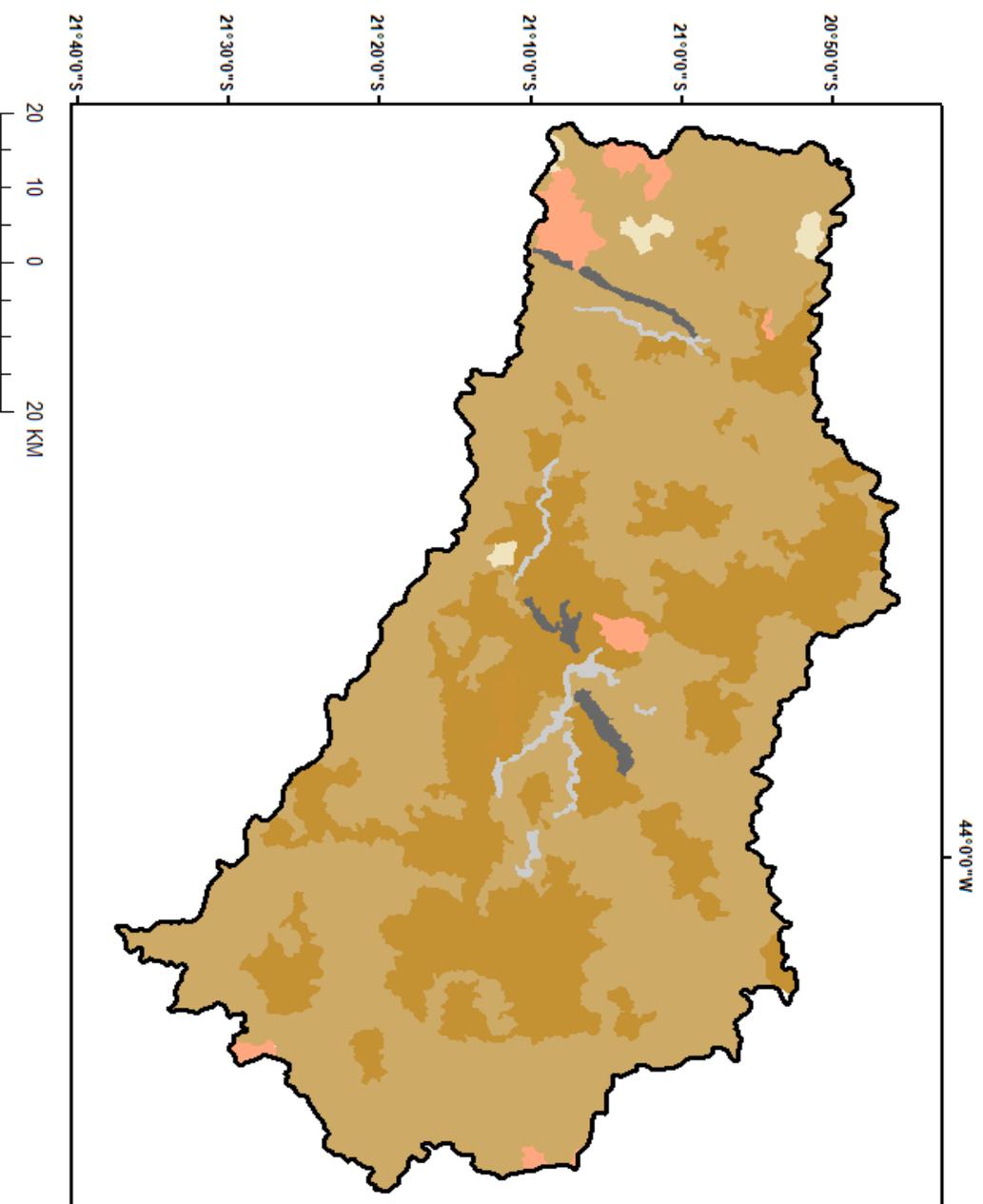
- Neossolo Litólico: Nesta classe estão compreendidos solos minerais pouco desenvolvidos, rasos, constituídos por um horizonte A assente diretamente sobre a rocha. Esses solos ocorrem geralmente em superfícies de relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso associados aos cambissolos. Apresentam forte grau de suscetibilidade à erosão

- Neossolo Flúvico: Esta classe compreende solos minerais desenvolvidos a partir de depósitos aluviais recentes, referidos ao Quaternário, anteriormente denominados Solos Aluviais. Apresentam horizonte A de textura argilosa e média. Apresenta ligeiro grau de suscetibilidade à erosão.

O solo está representado na figura 23 e como é possível notar, o Latossolo Vermelho-Amarelo é o predominante na área da bacia e apresenta um grau de suscetibilidade de erosão moderado a forte, seguido do Cambissolo que também aparece em grande extensão do território da bacia e apresenta forte grau de suscetibilidade a erosão.

Vale ressaltar que, a escala do mapa pedológico base (1:250.000) possibilitou a vetorização do mapa pedológico da bacia, porém não se faz adequada para caracterizar os diferentes tipos de solo e suas especificidades locais, para que as necessidades dos planejamentos de cada município seja pontual, principalmente quando se trata de suscetibilidade a processos erosivos no território (SANTOS, 2017).

# SOLO DA BACIA RIO DAS MORTES



44°0'0\"W



## Legenda

### Classes do Solo

-  Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Eutrófico (PVAd1 a PVAd11/ PV Ae1 a PV Ae13)
-  Cambissolo Háptico Tb Distrófico (Cxbd1 a Cxbd47)
-  Latossolo Vermelho Distrófico (LVd1 a LVd13)
-  Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico e Distrófico (LVAw1 a LVAw4/ LVA d1 a LVA d45)
-  Neossolo Litólico Distrófico e Eutrófico (Rld)
-  Neossolos Flúvicos Tb Distrófico e Eutrófico (Rvd)
-  Limite da Bacia

Fonte: Mapa de Solos, EMBRAPA 2006  
Sistema de Projeção: SIRGAS 2000  
Elaborado por: NASCIMENTO, N.L.  
Setembro, 2018

Figura 20: Pedologia da Bacia do Rio das Mortes

### 3.2 Modelos Sínteses da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes

O Modelo Síntese de Inundações apresenta áreas com forte ocorrência de inundações na área central do perímetro urbano da cidade de São João del- Rei, correspondentes às menores declividades ( $0^{\circ}$  a  $3^{\circ}$ ) e menores altitudes (800m).

As ocorrências de inundações no centro da cidade são recorrentes. A mais recente ocorreu em dezembro de 2018, atingindo São João del- Rei e Tiradentes. Em SJDR a enchente causou transtornos no trânsito devido ao alagamento de uma das principais avenidas da cidade - Avenida Leite de Castro - que ficou alagada (GAZETA, 2018). (Figuras 21 e 22).



**Figura 21:** Avenida Leite de Castro localizada em São João del- Rei alagada, dia 08/12/2018  
**Fonte:** Acervo pessoal de Luciano Nascimento, morador da cidade



**Figura 22:** Avenida Leite de Castro localizada em São João del- Rei alagada, dia 08/12/2018  
**Fonte:** Acervo pessoal de Luciano Nascimento, morador da cidade

De acordo com o jornal local Gazeta de São João del- Rei (2018), a defesa civil municipal alegou que além do grande volume de água, outro agravante é a falta de conscientização da população, que descarta lixos na rua, ocasionando o entupimento dos bueiros e causando transtornos em época de chuvas.

Além da busca de dados secundários para validar o modelo de inundação, também foi estabelecida uma correspondência com todas as prefeituras dos municípios via e-mail para que contribuíssem com as investigações aqui discutidas. Foi solicitado que nos informassem se seus municípios sofriam com enchentes e inundações ao longo de um ano, e quais locais específicos sofriam mais com este evento.

No entanto, dos 23 municípios com correspondência estabelecida, apenas Resende Costa, Carandaí e Lagoa Dourada responderam, destes, apenas o município de Carandaí possuía as informações para contribuir com os estudos pretendidos. As informações compartilhadas se referem a áreas específicas do município de Carandaí que sofre com enchentes nos períodos chuvosos. As áreas foram espacializadas pela prefeitura no programa *Google Earth*, e enviadas através de um *print*. A figura 23 mostra o *print* recebido.

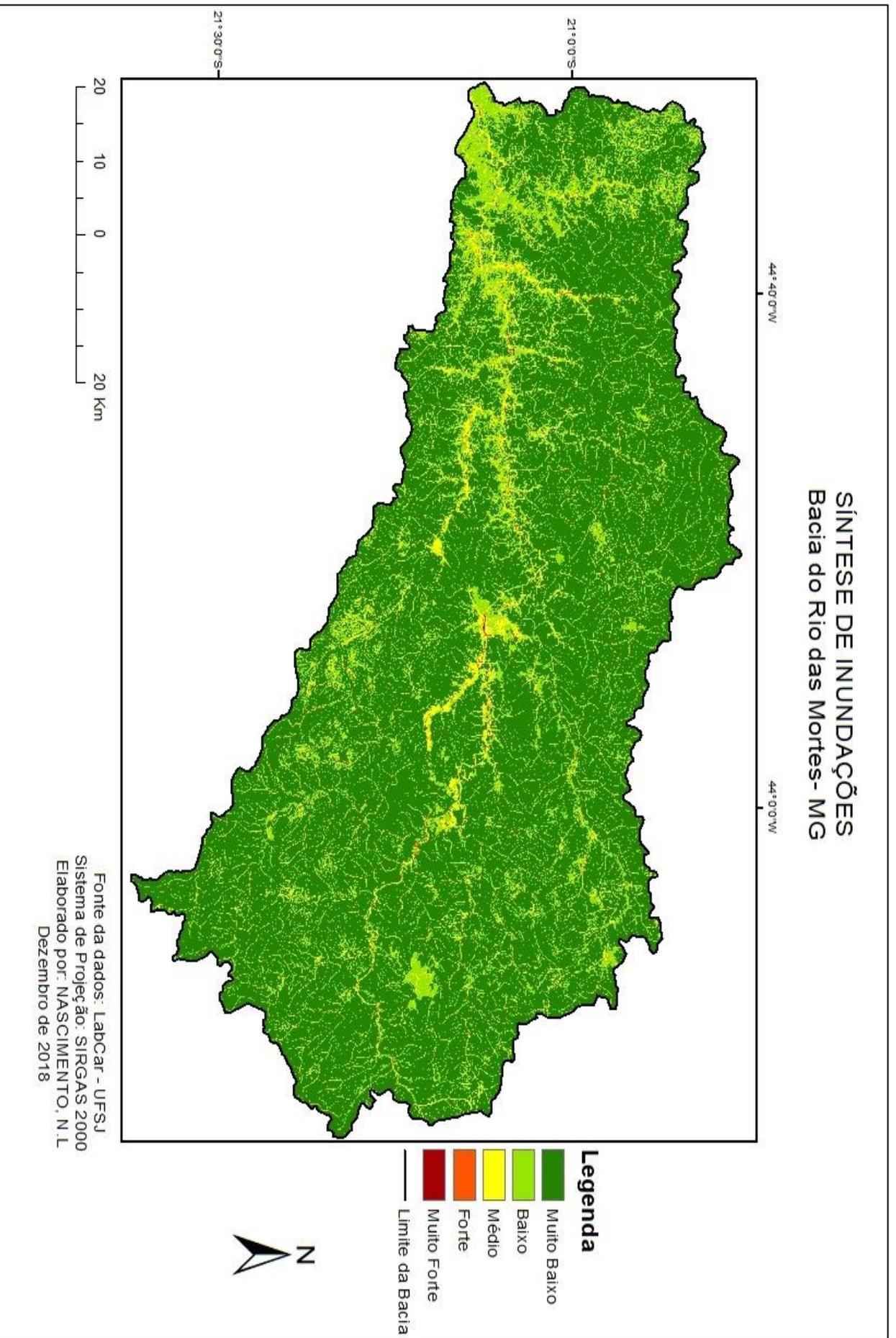


**Figura 23:** Print das áreas que ocorrem enchentes no município Carandaí.

**Fonte:** Acervo da Prefeitura de Carandaí

A figura 24 indica ainda, áreas com suscetibilidade média de inundação nos trechos do Rio das Mortes onde as declividades são baixas sendo elas, porção central da área da bacia e porção oeste onde o Rio das Mortes desagua no Rio Grande e também nas manchas urbanas em que os rios ou afluentes percorrem seus perímetros.

As nascentes e tributários com classificação primeira e segunda ordem apresentam baixa suscetibilidade a inundações e enchentes. As demais localizações apresentam muito baixa suscetibilidade de inundações. O mapa abaixo representa a suscetibilidade de inundação na Bacia do Rio das Mortes.



**Figura 24:** Modelo Síntese das inundações na Bacia do Rio das Mortes

O Modelo Síntese de Vulnerabilidade Ambiental (Figura 25) indica áreas com média vulnerabilidade presente nas manchas urbanas de todos os municípios localizados na bacia, que se justifica pelo fato de haver degradações antrópicas devido a existência de área urbanizada. Portanto, damos destaque para os municípios de São João del-Rei e Barbacena, que apresentam as maiores extensões de mancha urbana.

As áreas de APP protegidas por lei apresentam no mapa, média a forte vulnerabilidade indicadas em todas as extensões da hidrografia, devido a grande importância de se possuir mata ciliar em ambas as margens dos rios ou córregos. O mapa de uso da terra deixa claro o não cumprimento da lei nº. 20.922, de 16 de outubro de 2013 nos municípios, que no geral possuem suas áreas urbanas próximas às margens dos rios, deixando assim, as matas ciliares e os leitos vulneráveis.

Outro ponto que apresenta média vulnerabilidade são nas áreas municipais de Resende Costa e Antônio Carlos, que de acordo com a FEAM (2017) apresentam índice alarmante da Qualidade do Esgotamento Sanitário. Os pontos de forte vulnerabilidade apresentam-se nas áreas de APP correspondentes às menores declividades de 0º a 3º que correspondem a relevos planos.

As áreas de baixa vulnerabilidade aparecem distribuídas de forma abrangente em toda bacia e correspondem às áreas que se classificam em vegetação rasteira/pastagem. Porém, neste trabalho essa classe de uso do solo foi generalizada devido à extensão da área em estudo e a escala adotada para mapear os dados, portanto um levantamento mais detalhado destes dados se faz necessário para saber quais variações de atividades agrícolas se possui nessas áreas e qual a relevância do impacto dessas atividades na natureza.

# SÍNTESE DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL

## Bacia do Rio das Mortes - MG

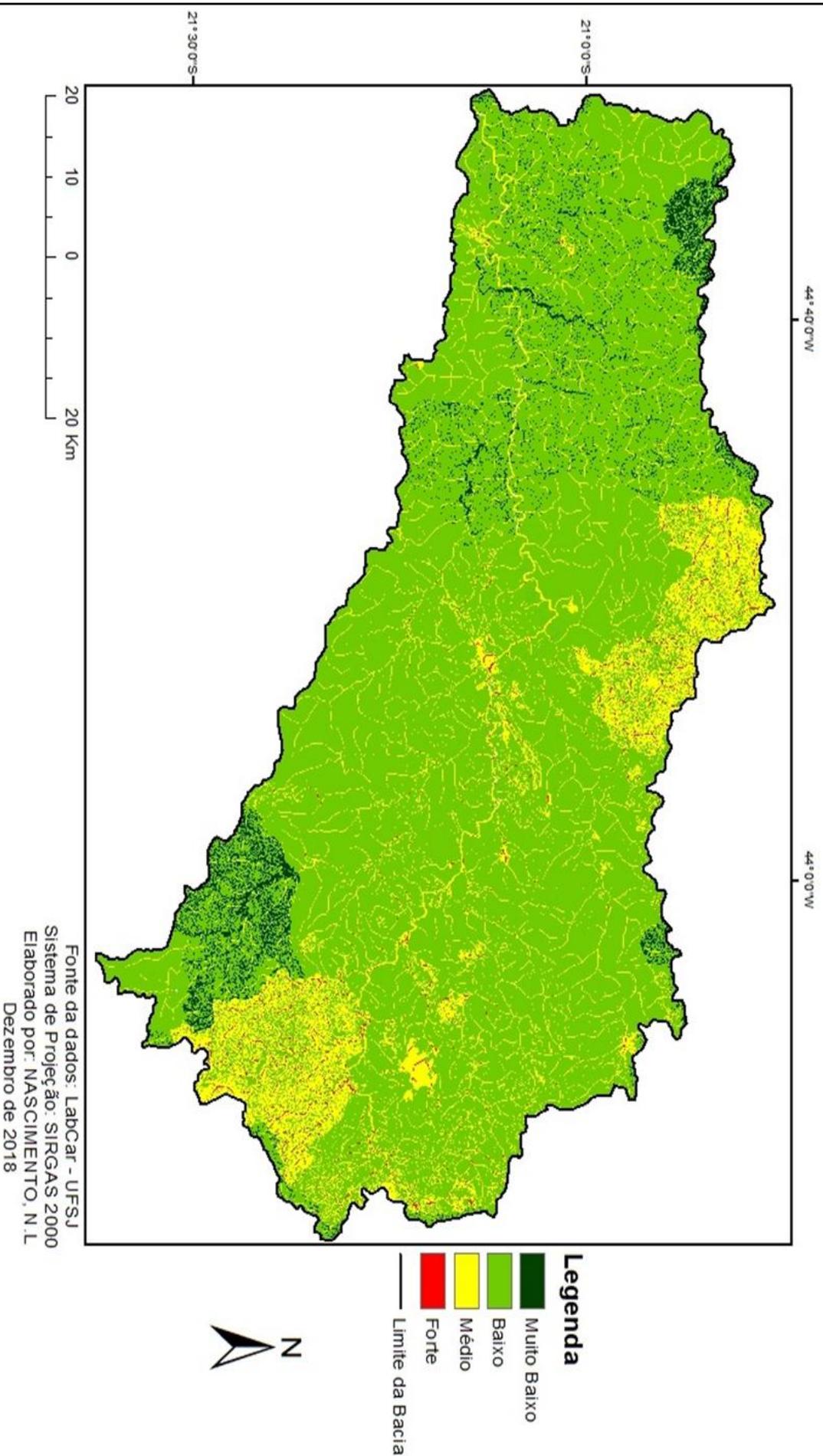


Figura 25: Modelo Síntese de Vulnerabilidade ambiental da Bacia do Rio das Mortes

O Modelo de Áreas Propícias a Expansão Urbana apresenta média aptidão a expansão em áreas de baixa declividade variando de 0° a 8°, devido à alta suscetibilidade de enchentes. Os locais com alta declividade, variando de 45° a >75, também apresentam média aptidão a expansão devido à suscetibilidade de deslizamentos de terra em locais onde os solos presentes apresentam forte grau a ocorrência de erosão. Há ainda as áreas de APP, que são protegidas por lei, logo, são áreas não propícias a expansão. No entanto, grande parte da bacia apresenta áreas fortemente propícias à expansão urbana, compreendendo declividades entre 8° a 45° compostas por áreas de vegetação rasteira/ pastagens. De acordo com o Plano Diretor de São João del-Rei, Título VI do Ordenamento Territorial, Capítulo I do Planejamento Territorial, Art. 42, é objetivo do município atuar com o ordenamento urbano-ambiental, para evitar e corrigir danos negativos no meio ambiente e patrimônio cultural. No Art. 44 do mesmo Título são apresentadas diretrizes para o ordenamento do território, dentre elas podemos citar o inciso I, onde afirma ações preventivas para áreas de risco e imobilização de loteamentos e conjuntos habitacionais irregulares (PLANO DIRETOR, 2006).

Vale ressaltar que nem todos os municípios pertencentes à bacia possuem Plano Diretor<sup>8</sup> elaborado. Dos 23 municípios estudados, 19 ainda não atingiram 20 mil habitantes para que a obrigatoriedade de se construir o Plano Diretor seja válida. De acordo com Stephan (2009), em 2001 apenas 38% dos municípios mineiros com mais de 20 mil habitantes possuíam Plano Diretor elaborado e aprovado.

Este fato evidencia que os municípios não possuem um aporte por lei para regularizar a situação das construções e expansões urbanas, colocando em risco o meio ambiente e a vida dos moradores que constroem e ou utilizam espaços propensos a riscos naturais e degradam áreas protegidas por lei.

A Figura 29 ilustra as áreas propícias para expansão urbana na bacia do Rio das Mortes.

---

<sup>8</sup> O Plano Diretor Municipal é um instrumento da política urbana, previsto no art. 4, inciso III, alínea “a” do Estatuto da Cidade, e é exigido para municípios com mais de 20 mil hab. É considerado instrumento básico da Política de Desenvolvimento e de Expansão Urbana, segundo artigo 182, parágrafo 1º da Constituição Federal e artigo 41 do Estatuto da Cidade. Tem por objetivo, determinar critérios jurídicos e urbanísticos para que haja uma ocupação do solo de modo racional além da proteção ambiental, para que possua disciplina na urbanização. (AVELAR; PASCHOAL; DIAS SARQUES, 2012)

# ÁREAS PROPÍCIAS À EXPANSÃO URBANA

## Bacia do Rio das Mortes

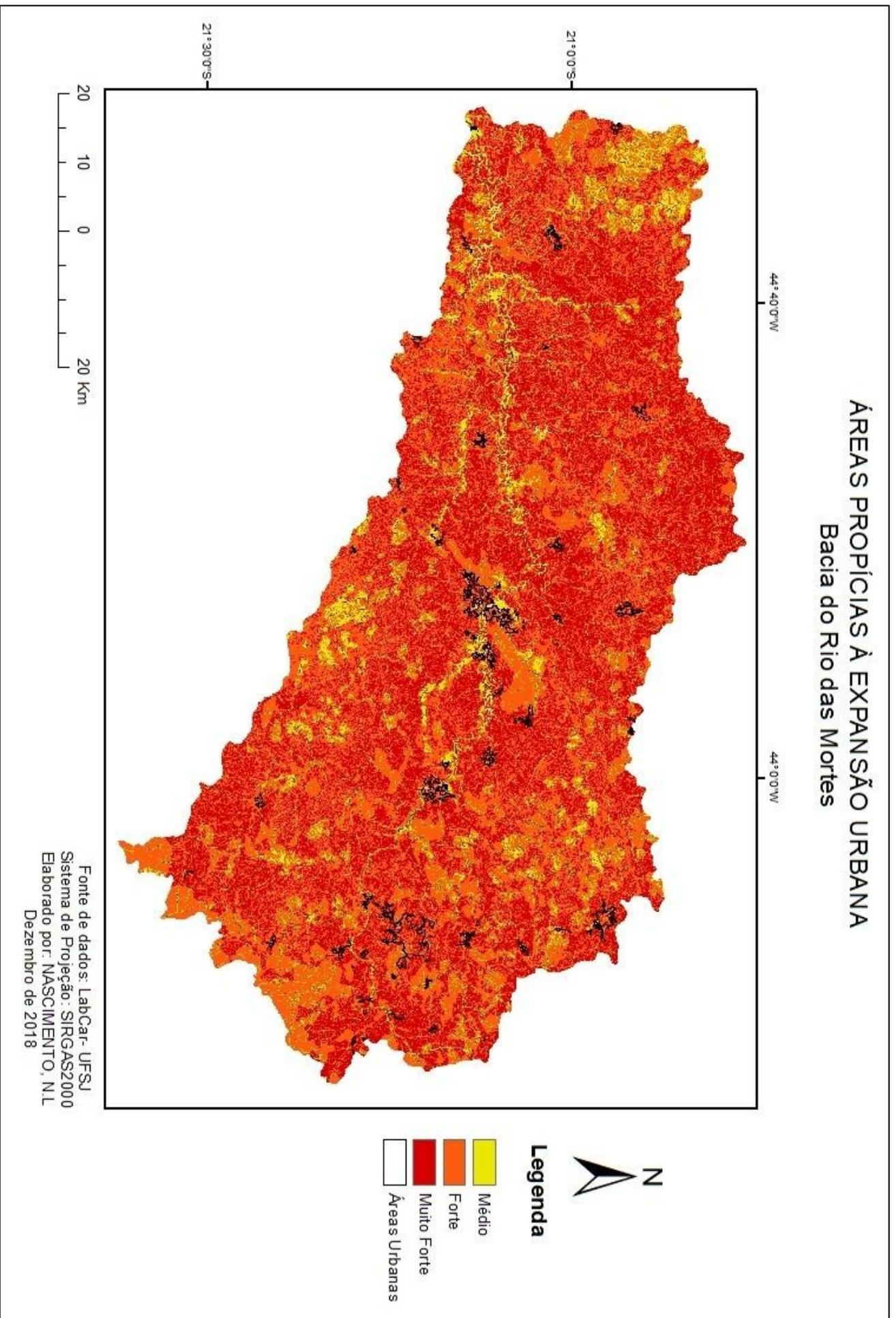


Figura 26: Modelo Síntese das áreas propícias à expansão urbana da Bacia do Rio das Mortes

Com o fim dos resultados, é válido frisar que todos os Modelos gerados com o auxílio da Análise Multicritério aqui apresentados, não correspondem com a fiel realidade, porém se mostra útil para as gestões ambientais e urbanas, por trazerem, mesmo que de forma generalizada, as características da Bacia atualizadas. Portanto, um estudo *in loco* se faz necessário para confirmar as informações aqui modeladas, já que as escalas utilizadas não representam fielmente a realidade.

## Conclusão

O estudo da Bacia do Rio das Mortes foi iniciado com o objetivo de criar uma base digital de dados cartográficos e gerar Modelos Sínteses com o auxílio da Análise Multicritério.

Com as pesquisas bibliográficas fica notório que mesmo com o amparo da “Lei das Águas” (Lei nº 9.433\97) o planejamento e gestão urbanos e ambientais não ocorrem conforme as leis estipuladas.

A pesquisa evidencia alguns dos impactos sofridos na Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes, como a ocupação de áreas indevidas mostrada nos mapas de uso do solo e declividade, onde a maioria das malhas urbanas dos municípios se localiza em áreas com declividade de 3º a 20º, que compreende a área de planície fluvial do Rio das Mortes, podendo acarretar em enchentes e alagamentos, como mostra os Modelos Sínteses.

A utilização da TGS foi válida. Além de auxiliar na geração dos mapas temáticos, também permitiu uma análise integradora de aspectos físicos naturais e antrópicos da Bacia. A validação dos mapas temáticos por meio das informações secundárias coletadas possibilitou a confiabilidade dos Modelos Síntese gerados através do método da Análise Multicritério, que apesar de não mostrar a realidade absoluta devido ao agrupamento de características específicas, contribui para a análise do cenário em que se encontra a Bacia, apontando áreas suscetíveis a inundações, áreas de vulnerabilidade ambiental e até mesmo propícias a expansão urbana.

Por se tratar de uma área relativamente grande, os resultados podem apresentar uma subjetividade, logo, não representam fielmente a realidade da situação desta Bacia Hidrográfica, tornando assim de suma importância um estudo mais aprimorado e completo.

Destaca-se, ainda, a necessidade de conscientização da população e uma posterior união com órgãos competentes para que amenizem de forma efetiva os impactos que atingem a bacia, já que a água do rio é essencial para o abastecimento dos municípios e para a sobrevivência das espécies. Desta forma, a criação da agenda 21 nos municípios em prol do uso da água e da proteção das nascentes, matas ciliares, dos córregos etc. seria de grande valia para o uso sustentável. Outras medidas também podem ser tomadas para garantir a sustentabilidade da bacia e para garantir a qualidade de vida da população que reside na bacia, diminuindo o número de famílias

que sofrem com os desastres naturais, como: não ocupar áreas de APP, áreas íngremes com alta declividade, etc.

Destaca-se, por fim, a importância de um mapeamento cartográfico digital mais detalhado e atualizado como auxílio aos governantes em todas as esferas para ações de cunho imediato e planejamentos futuros referentes aos aspectos urbanos e ambientais, que promovam a preservação dos recursos naturais e o melhoramento na qualidade de vida da população residente nesta Bacia. Espera-se que os relatos deste trabalho contribuam para pesquisas futuras a fim de preservar os recursos naturais da bacia.

## Referências Bibliográficas

1. AGENDA 21 BRASILEIRA: resultado da consulta nacional / Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2. ed. Brasília : Ministério do Meio Ambiente, 2004. 158 p.
2. ALBUQUERQUE, Sabrina Moreira de. **Modelagem de alternativas de traçado de ferrovias com uso de ferramentas de SIG e parâmetros geoambientais**. 2015. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Geociências Aplicadas, Universidade de Brasília - Unb, Brasília, 2015.
3. ALMEIDA, Cláudia Maria de. **O dialogo entre as dimensões real e virtual do urbano**. In ALMEIDA, M. C; CÂMARA, G; MONTEIRO, A. M. V (org.) Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual. Oficina de Texto, 2007.
4. ATTANASIO, Cláudia Mira. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. 2004. 193 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrônoma,
5. AVELAR, Bruna Carvalho Moura; PASCHOAL, Sandra Regina Remondi Introcaso; DIAS SARQUES, Waleska. **Política Ambiental Municipal: importância do Plano Diretor em normatizar a ocupação e expansão urbana no que tange ao desenvolvimento sustentável e recuperação ambiental**. In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XV, n. 101, jun 2012. Disponível em: [http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=11872](http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=11872)>. Acesso em maio 2019.
6. BARRELLA, Walter et al. **As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas. Matas ciliares: conservação e recuperação. Texas: Edusp, 2000, 2008. p. 187-207.
7. BEDÊ, Júlio Cadaval. Lei Florestal de Minas Gerais : **Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013** : dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade : orientações aos produtores – Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2013. 53 p.: il. Disponível em < [www.almg.gov.br/consulte/publicacoes\\_assembleia/index.html](http://www.almg.gov.br/consulte/publicacoes_assembleia/index.html)>. Acesso em 19 dez. 2018
8. BEZZI, Meri Lourdes. **Região: Uma (Re)visão Historiográfica- da Gênese aos Novos Paradigmas**. Santa Maria: Editora ufsm, 2004. 292 p.

9. BORGES, Luís Antônio Coimbra et al. **Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 41, n. 7, p.1202-1210, 27 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v41n7/a5611cr4051.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
10. BOSCARDINI, C. R. A. Gestão de bacias hidrográficas urbanas: a experiência em Curitiba. Dissertação (Mestrado em Gestão Urbana), Universidade Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2008.
11. BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: A Agência, 2002. 64 p.
12. BRASIL. Congresso. Senado. Constituição (1997). **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Da Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: 31 out. 2017.
13. BRASIL. Congresso. Senado. Constituição (2000). **Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Presidência da República Casa Civil: Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, DF, 17 jul. 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9984.htm#art30](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm#art30)>. Acesso em: 07 nov. 2017.
14. BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm). Acesso em: 25 de abril de 2019.
15. CABRAL, Adilson Vaz. **Análise Multicritério em sistemas de informação geográfica para a localização de aterros sanitários: O caso da região sul da ilha de Santiago, Cabo Verde**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Lisboa, 2012.
16. CAMPOS José Nilson B; CAMPOS, Vanessa Ribeiro. **A formação dos conhecimentos em recursos hídricos e aplicações em tomadas de decisões. Estudos Avançados** , n. 29(84), 2015, p. 117-194.
17. CAMPOS, José Nilson B.; CAMPOS, Vanessa Ribeiro. **A formação dos conhecimentos em recursos hídricos e aplicações em tomadas de decisões**. Estudos Avançados, [s.l.], v. 29, n. 84, p.179-194, ago. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142015000200012>.
18. CAMPOS, Valéria Nagy de Oliveira; FRACALANZA, Ana Paula. **Governança das águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso**. Ambiente & Sociedade, Campinas, v. 13, n. 2, p.365-382, 6 Julho, 2010. Trimestral.

19. CARVALHO, Grazielle Anjos; LEITE, Débora Veridiana Brier. **Geoprocessamento na gestão urbana municipal – a experiência dos municípios mineiros Sabará e Nova Lima**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais**. . Natal: Inpe, 2009. p. 3643 - 3650.
20. CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec/Edusp. 1979.
21. CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1974. 149 p.
22. CICONE, Décio Júnior. **Modelagem e Aplicação da Avaliação de Custos Complexos através do Processo Analítico Hierárquico dentro do Planejamento Integrado de Recursos**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 146 p. 2008.
23. CONSÓRCIO ECOPLAN - LUME - SKILL (Minas Gerais). Governo do Estado de Minas Gerais. **Plano Diretor de Recursos Hídricos: Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos GD2**. [s.i], 2010. 584 p.
24. CONSÓRCIO ECOPLAN - LUME - SKILL (Minas Gerais). Governo do Estado de Minas Gerais. **Plano Diretor de Recursos Hídricos: Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos GD2**. [s.i], 2010. 584 p.
25. CUNHA, L. H; COELHO, M. C. N. **Política e Gestão**. In. **CUNHA, S. B; GUERRA, A. J. T (org.) A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bretand, Brasil, 2003.
26. DÉAK, Csaba. **O processo de urbanização no Brasil: falas e façanhas**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004, p. 10-18.
27. DIÁRIO DO EXECUTIVO- MINAS GERAIS (Estado). Constituição (2013. **Lei Nº 20.922, de 16 de Outubro de 2013**.: Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado.. Belo Horizonte, MG, 10 out. 2013. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
28. DUBLIN. S/A. **The dublin statement on water and sustainable development**. 1992. Disponível em: <<http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/documents/english/icwedece.html>>. Acesso em: 19 nov. 2017.
29. EMBRAPA, **Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Zona Campo das Vertentes – MG**, Rio de Janeiro, 2006.

30. ESTOCOLMO. ONU BRASIL. **Declaração da Conferência de ONU no Ambiente Humano.** 1972. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/\\_arquivos/estocolmo.doc.](http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/estocolmo.doc.)>. Acesso em: 07 nov. 2017.
31. Fidalgo, Elaine Cristina Cardoso. **Crítérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais.** Campinas, SP: [s.n.], 2003
32. FRANCISCO, Carlos Eduardo da Silva.; COELHO, Ricardo Marques.; TORRES, Roseli Buzanelli.; ADAMI, Samuel Fernando. **Espacialização de análise multicriterial em SIG: prioridade para recuperação de Áreas de Preservação Permanentes.** In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. Anais...São José dos Campos: INPE, 2007, p.2643-2650.
33. GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 652 p.
34. Hall, A. D; Fagen, R. E., 1956, Definition of system: General Systems Yearbook, v.1, Ann Arbor, Mien., p. 18-28 (mimeographed).
35. IBGE. Censo Demográfico 2010: Características gerais da população. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/mapa\\_site/mapa\\_site.php#populacao](http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#populacao)>. Acesso em: 20 de julho 2018.
36. INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais, Divisão de Processamento de Imagens. **Análise Geográfica,** 2005. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/analise.html>. Acesso em: 04 jan. 2019.
37. JACOBI, Pedro Roberto. **Participação na gestão ambiental no Brasil: os comitês de bacias hidrográficas e o desafio do fortalecimento de espaços públicos colegiados.** En publicacion: Los tormentos de la materia. Aportes para una ecología política latinoamericana. Alimonda, Héctor. CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, Buenos Aires, p.205-230, março. 2006.
38. LIMBERGER, Leila. **Abordagem sistêmica e complexidade na geografia.** Geografia, Londrina, v. 15, n. 2, p.95-109, 2006. Semestral.
39. LUCHINI, A. M. Os desafios à implementação do sistema de recursos hídricos estabelecidos pela lei 9.433\97. Revista de Administração Pública. Rio de Janeiro, 2000.

40. MACHADO, Carlos José Saldanha. **Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios**. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 6, n. 2, p.121-136, 18 maio 2003.
41. MALHEIROS, Tadeu Fabricio; PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; COUTINHO, Sonia Maria Viggiani. **Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro**. Saúde e Sociedade, [s.l.], v. 17, n. 1, p.7-20, março. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-12902008000100002>.
42. MARQUES NETO, Roberto. **A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação**. Geografia, Londrina, v. 17, n. 2, p.67-87, 2008. Semestral. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/2354/2175>>. Acesso em: 30 nov. 2018.
43. MAUS, Jaime. **Estudo da Bacia Hidrográfica do córrego São Francisco Xavier – São João del-Rei – Minas Gerais: por meio de mapeamento temático**. 2015. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Federal de São João Del-Rei, São João del Rei, 2015. Cap. 7. Disponível em: <[https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/bdgc/TCC\\_jaime.pdf](https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/bdgc/TCC_jaime.pdf)>. Acesso em: 31 out. 2017.
44. MENDONÇA, Francisco de Assis. **Geografia e Meio Ambiente**. 8. ed. São Paulo: Contexto, 2010. 80 p.
45. Ministério do Meio Ambiente. **Passo a passo da agenda 21 local**. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. - Brasília : Ministério do Meio Ambiente, 2005. 54 p.: il.
46. MOREIRA JUNIOR, O. **As cidades pequenas na região metropolitana de campinas-sp: dinâmica demográfica, papéis urbanos e (re) produção do espaço**. Universidade estadual paulista, 2014.
47. MOTTA, Fernando C. Prestes. **A teoria geral dos sistemas na teoria das organizações**. Revista de Administração de Empresas, [s.l.], v. 11, n. 1, p.17-33, mar. 1971. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-75901971000100003>.
48. MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2003.
49. MOURA, Ana Clara Mourão. **Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE.

50. NASCIMENTO, Nayane Lopes; VENTORINI, Silvia Elena. **Metodologia fractal e mapeamento digital: estudo das alterações morfológicas de cidades ao longo de um período de tempo.** Relatório de Pesquisa. São João del-Rei: UFSJ/CNPq, 2017.
51. OGUCHI, Takashi; BUTLER, David R.. Geomorphic Systems. **International Encyclopedia Of Geography: People, the Earth, Environment and Technology**, [s.l.], p.1-5, 6 mar. 2017. John Wiley & Sons, Ltd. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg1118>.
52. PELUZIO, Telma Machado de Oliveira; SANTOS, Alexandre Rosa dos; FIEDLER, Nilton Cesar (Org.). **Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no ArcGIS 9.3.** Alegre: Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, 2010. 58 p. Disponível em: <[http://www.mundogeomatica.com.br/livros/livro\\_mapeamento\\_apps\\_arcgis93/livro\\_mapeamento\\_apps\\_arcgis93.pdf](http://www.mundogeomatica.com.br/livros/livro_mapeamento_apps_arcgis93/livro_mapeamento_apps_arcgis93.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2018.
53. Plano Diretor de Recursos Hídricos Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos GD2, 2010.p. 331.
54. PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. **Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados**, [s.l.], v. 22, n. 63, p.43-60, 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142008000200004>.
55. POSSA, E. M; VENTORINI, S. E. Mapeamento digital da bacia do córrego do Julio – São João del-Rei - MG como suporte ao diagnóstico geoambiental. Boletim de Geografia, v. 33, p. 64-80, 2015
56. ROSS, Jurandyr Luciano Sanches; PRETTE, Marcos Estevan del. **Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental.** Geography Department, University Of Sao Paulo, [s.l.], p.89-121, 1998. Universidade de Sao Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.7154/rdg.1998.0012.0005>.
57. SANTANA, Derli Prudente. **Manejo integrado de Bacias Hidrográficas.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 62p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).
58. SANTOS, Bruno Henrique dos. **A formação socioespacial de São João del-Rei/MG e o processo de regionalização do Campo das Vertentes/** Bruno Henrique dos Santos; Orientador: Lígia Maria Brochado de Aguiar – São João del-Rei, 2017. 171 p.

59. SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. [s.l.]: Oficina de Textos, 2004. 184 p.
60. SANTOS, Thiago Gonçalves. **Modelagem como apoio ao planejamento urbano ambiental e a redução de riscos na Bacia do Córrego do Lenheiro**. 2017. 121 f. TCC (Graduação) – Curso de Geografia, Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, MG, 2017. Disponível em: [https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/bdgc/tcc\\_final.pdf](https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/bdgc/tcc_final.pdf). Acesso em: 03 jan. 2019.
61. SCHÄFFER, Wigold Bertoldo et al. **Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco**. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro – Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. 96 p. : il. color. ; 29 cm. + mapas. (Série Biodiversidade, 41)
62. SOUZA, Enio Resende; FERNANDES, Maurício Roberto. **Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais**. Inf. Agropec., Belo Horizonte, 207: 15- 20, 2000.
63. SOUZA, T. A.; CUNHA, C. M. L.. **Análise dos atributos físico-ambientais do município de praia grande- sp**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 2, n. 24, p.303-318, 11 set. 2012.
64. STRAHLER, Arthur N.. **Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography**. Geological Society Of America Bulletin, [s.l.], v. 63, n. 11, p.1117-1142, 1952. Geological Society of America.[http://dx.doi.org/10.1130/00167606\(1952\)63\[1117:haaoet\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1130/00167606(1952)63[1117:haaoet]2.0.co;2).
65. TEODORO, Valter Luiz Iost et al. **O conceito de Bacia Hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Uniara, Araraquara- São Paulo, n. 20, p.137-156, 2007. Semestral.
66. TUNDISI, José Galizia et al. **A Bacia Hidrográfica do Tietê/ Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento**. Usp Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p.159-172, 14 julho. 2008. Quadrimestral.
67. VEIGA, T. C; XAVIER-SILVA, J. Geoprocessamento como ferramenta para tomada de decisão a nível municipal: identificação de áreas com potencial para atividades turísticas em Macaé-RJ In: XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2003, Belo Horizonte. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2003.
68. VICENTE, Luiz Eduardo; PEREZ FILHO, Archimedes. **Abordagem sistêmica e geografia**. Geografia, Rio Claro, v. 28, n. 3, p.323-344, 2003. Quadrimestral.

69. VON BERTALANFFY, Ludwig. AN OUTLINE OF GENERAL SYSTEM THEORY. **The British Journal For The Philosophy Of Science**, [s.l.], v. , n. 2, p.134-165, 1950. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/bjps/i.2.134>.
70. WOLKMER, Maria de Fátima; PIMMEL, Nicole Freiburger. **Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental**. Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos, [s.l.], v. 34, n. 67, p.165-198, 9 dezembro. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055.2013v34n67p165>.