UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO TECNOLÓGICO - CT

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

JESSICA CARLA DA SILVA

USO DE TECNOLOGIAS GEOESPACIAIS ALIADAS À ANÁLISE MULTICRITÉRIO COMO SUBSÍDIOS À RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

VITÓRIA

2016

JESSICA CARLA DA SILVA

USO DE TECNOLOGIAS GEOESPACIAIS ALIADAS À ANÁLISE MULTICRITERIO COMO SUBSÍDIOS A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Diogo Costa Buarque – Departamento de Engenharia Ambiental/UFES
Co-orientadores: Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho – Departamento de Geografia/UFES. Prof. M.e Wimerson Sanches Bazan – Coordenadoria de Geoprocessamento/IFES

VITÓRIA
2016

A minha amada mãe, Alzira, razão da minha vida. A meu pai, Nilson (*in memoriam*), que me deixou a maior herança que eu poderia ter: o amor e a educação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, meu maior amigo e protetor, o senhor iluminou o meu caminho, me dando saúde e força para superar todos os obstáculos. Sem ti eu nada seria.

Agradeço a minha mãe, Alzira, por ser o meu maior exemplo de mulher guerreira, por doar um amor materno, puro e infinito, por ser a pessoa que mais acreditou em mim durante essa jornada. Agradeço a meu pai, Nilson (*in memoriam*), por ter me dado amor, educação e proteção. Agradeço a toda a minha família e aos meus amigos, que foram compreensivos quando eu precisei faltar várias vezes aos compromissos e festividades, eu amo vocês, são tudo para mim.

Agradeço aos meus colegas da engenharia ambiental e também no curso técnico em geoprocessamento, vivemos juntos uma jornada inesquecível (e que não acaba por aqui, apenas começou), aprendemos muitas coisas juntos. Agradeço aos meus amigos do UFES presente, um projeto de extensão que tive o prazer de ajudar a criar, as experiências que vivemos juntos mudaram completamente a minha vida.

Agradeço aos meus orientadores, Diogo, André e Wimerson, pela paciência e predisposição em me socorrer quando eu os demandava atenção.

Agradeço a Jose, ao Igor, a Bethy e ao Carlos Eduardo da S. Francisco pelas grandes contribuições. Agradeço também a todos que participaram da pesquisa respondendo aos questionários.

Agradeço ao Gabriel, que teve paciência em me aturar no laboratório nos finais de semana e feriados, em dias de chuva e de sol.

Agradeço a Renata e ao Ademir, que me ensinaram a gostar de pesquisa, quando eu fiz a primeira iniciação científica nesta universidade, nós formamos uma família a partir de então.

Agradeço a todos os professores que fazem parte da minha vida acadêmica, em especial os professores que participaram dessa minha jornada na UFES, todos eles, em especial aos professores Maurice, Edmilson e professora Maristela.

Agradeço a sociedade brasileira e a Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade em me oferecer uma educação gratuita e de qualidade.

Aos que eu não falei nome, mil desculpas, todos estão em meu coração, essa vitória não é só minha, é de todos que contribuíram com este trabalho.

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação conseguiremos superar os desafios. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho. ”

Dalai Lama

RESUMO

As Áreas de Preservação Permanente – APPs tem a função ambiental de conservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Dessa forma, é fundamental que essas áreas sejam mapeadas, monitoradas, e se necessário recuperadas. Metodologias que utilizam geotecnologias vem sendo utilizadas no processo de identificação e priorização de APPs para recuperação, e o seu uso contribui para a agilidade na fiscalização dos cumprimentos das leis florestais e para a redução do tempo gasto com o mapeamento das APPs. Porém, a recuperação de áreas degradadas muitas vezes demanda um esforço multidisciplinar, o que pode tornar o processo decisório complexo. Assim, o objetivo deste estudo é fornecer subsídios à recuperação de APPs em bacias hidrográficas com uso de geotecnologias aliadas à análise multicritério. Foi aplicado o método multicritério de Análise Hierárquica – AHP aliado à lógica fuzzy, utilizando-se o software livre QGIS como suporte para a espacialização dos dados. A área de estudo foi a Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória - BHSMV, que possui área aproximada de 1.817,25 km^2 (junto à Bacia do rio Jucu ocupam 9% do território do Espírito Santo). Foram escolhidos 11 critérios de priorização de APPs para recuperação, e foram atribuídos pesos de importância para cada critério sendo aplicados questionários de opinião, em que participaram 23 colaboradores de todo o Brasil. A partir dos dados de opinião e de planos de informação da BHSMV foi gerada uma tabela de decisão e um mapa de priorização de APPs para recuperação. Para a geração do mapa foram selecionados 5 critérios (Prox. de remanescente de vegetação nativa, Prox. de núcleos urbanos, Prox. de malha viária, Prox. de APP de nascente; Prox. de APP de curso d'água). Foi possível a utilização de software livre durante o processo de espacialização, os resultados do mapa apontam que as áreas prioritárias para recuperação são em grande maioria nascentes próximas de cursos d’água e de remanescentes de vegetação nativa que estejam distantes da malha viária e de centros urbanos. No caso da tabela de decisão a mesma traz equações que indicam o comportamento das notas atribuídas no questionário, e se mostrou como uma ferramenta adicional de suporte à decisão.

Palavras-chave: Recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP), Geotecnologias, Análise Multicritério.

ABSTRACT

Areas of Permanent Preservation - APPs have the environmental function of conserving water resources, landscape, geological stability, biodiversity, the genetic flow of fauna and flora, protecting the soil and ensuring the well-being of human populations. In this way, it is essential that these areas be mapped, monitored, and if necessary recovered. Methodologies that use geotechnologies have been used in the identification and prioritization of PPAs for recovery, and their use contributes to agility in monitoring compliance with forest laws and reducing the time spent with the mapping of PPAs. However, the recovery of degraded areas often requires a multidisciplinary effort, which can make the decision-making process complex. Thus, the objective of this study is to provide subsidies for the recovery of APPs in watersheds with the use of geotechnologies allied to multicriteria analysis. The multi-criteria Hierarchical Analysis - AHP method was applied along with the fuzzy logic, using the free software QGIS as support for data spatialization. The study area was the Basin of the Santa Maria da Vitória River (BHSMV), which has an approximate area of 1,817.25 km2 (along the Jucu River basin occupy 9% of the territory of Espírito Santo). Eleven criteria for the prioritization of PPAs for recovery were chosen and weightings of importance were assigned to each criterion, with opinion questionnaires being applied, involving 23 collaborators from all over Brazil. From the opinion data and BHSMV information plans, a decision table and a prioritization map of APPs for recovery were generated. For the generation of the map, 5 criteria were selected (Prox. Of native vegetation remnant, Prox. Of urban nuclei, Prox. Of road mesh, Prox. Of spring APP, Prox. Of water course APP). It was possible to use free software during the spatialization process, the results of the map indicate that the priority areas for recovery are mostly springs near watercourses and remnants of native vegetation that are distant from the road network and from centers Urban In the case of the decision table, it has equations that indicate the behavior of the scores assigned in the questionnaire, and has proved to be an additional decision support tool.

Keywords: Recovery of Permanent Preservation Areas (APP), Geotechnologies, Multicriteria Analysis.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS 17

2 OBJETIVOS 19

2.1 GERAL 19

2.2 ESPECÍFICOS 19

3 HIPÓTESES DO ESTUDO 20

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 21

4.1 A EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO FLORESTAL BRASILEIRA 21

4.2 ZONAS RIPÁRIAS 25

4.3 ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE - APP 26

4.4 CADASTRO AMBIENTAL RURAL - CAR 27

4.5 GEOTECNOLOGIAS 29

4.5.1 Cartografia 31

4.5.2 Topografia e Geodésia 32

4.5.3 Sensoriamento Remoto – SR 33

4.5.4 Fotogrametria 34

4.5.5 Sistema de Informações Geográficas - SIG 34

4.5.6 Software Livre para Geoprocessamento 37

4.6 TOMADA DE DECISÃO E ANÁLISE MULTICRITÉRIO 38

4.7 MÉTODO ANALÍTICO HIERÁRQUICO - AHP 40

4.8 LÓGICA *FUZZY* 41

5 ABORDAGEM METODOLÓGICA 43

5.1 OBJETIVO 1: IDENTIFICAR AS APPS DA BHSMV QUE SÃO PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO, COM O AUXÍLIO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO ALIADA ÀS GEOTECNOLOGIAS, COM FOCO EM SIG, UTILIZANDO-SE SOFTWARE LIVRE 43

5.1.1 Caracterização da área de estudo 44

5.1.2 Critérios 55

5.1.3 Base de dados e Planos de informação 64

5.1.4 Cálculo dos mapas de distância 67

5.1.5 Mapas de priorização de APPs em função da distância 69

5.1.6 Mapa de priorização de APPs para recuperação 73

5.2 OBJETIVO 2: IDENTIFICAR E ORGANIZAR POR MEIO DE MODELAGEM ESTATÍSTICA AS DECISÕES DE ESPECIALISTAS EM RELAÇÃO ÀS PRIORIZAÇÕES DE APPS PARA RECUPERAÇÃO, NA BHSMV 76

5.2.1 Modelagem de opiniões: equações de decisão e tabela de decisão 77

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES 79

6.1 OBJETIVO 1: IDENTIFICAR AS APPPS DA BHSMV, QUE SÃO PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO, COM O AUXILIO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO ALIADA ÀS GEOTECNOLOGIAS, COM FOCO EM SIG, UTILIZANDO-SE SOFTWARE LIVRE 79
6.1.1 Pesos e Matriz payoff 79
6.1.2 Matriz de comparações pareadas 86
6.1.3 Mapas de priorização em função da distância (mapas fuzzy) 92
6.1.4 Mapa de priorização de APPs para recuperação 107
6.2 OBJETIVO 2: IDENTIFICAR E ORGANIZAR POR MEIO DE MODELAGEM ESTATÍSTICA AS DECISÕES DE ESPECIALISTAS EM RELAÇÃO ÀS PRIORIZAÇÕES DE APPS PARA RECUPERAÇÃO, NA BHSMV 113
6.2.1 Modelagem de decisões - BHSMV 113
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 118
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da zona ripária. 25
Figura 2 - Geotecnologias. 30
Figura 3 - Elementos do Sensoriamento Remoto.. 34
Figura 4 - Lógica booleana e lógica fuzzy. 42
Figura 5 - Etapas do objetivo 1. 43
Figura 6 - Localização da bacia do rio Santa Maria da Vitória, no estado do Espírito Santo. 45
Figura 7 - Mapa de Relevo da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória. 48
Figura 8 - Rede hidrográfica da BHSMV. 50
Figura 9 - Pedologia da BHSMV. 52
Figura 10 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na RHSMV. 53
Figura 11 - Uso do solo na região da BHSMV. 54
Figura 12 - Comparação entre um dado vetorial (a) e raster (b) de malha viária do bairro Ilha do Boi localizado no município de Vitória/ES. 68
Figura 13 - Mapa de distância à malha viária b. 69
Figura 14 - Exemplo de polinômio e de gráfico da função fuzzy que modela o potencial de expansão em função da distância à malha viária. 71
Figura 15 – Exemplo de Mapa fuzzy de potencial de expansão em função da distância à malha viária 73
Figura 16 - Exemplo de mapa fuzzy de expansão urbana, em que foram levados em consideração a distância à mancha urbana, de distância à malha viária, e de distância aos empreendimentos. 76
Figura 17 - Etapas do objetivo 2. 77
Figura 18 - Comportamento das médias expurgadas em relação aos critérios selecionados. 83
Figura 19 - Dispersão das medidas de tendência central para 1 σ, moda (a) e média expurgada (b) dos pesos obtidos através da aplicação dos questionários. 86
Figura 20 - Matriz B. 87
Figura 21 - Matriz A. 88
Figura 22 - Gráfico e equação de normatização dos pares. 89
Figura 23 - Matriz A'. 89
Figura 24 - Matriz de Comparações pareadas – S. 90
Figura 25 - Matriz de comparações pareadas utilizada na espacialização (destaque em laranja). 91
Figura 26– Plano de informação de remanescentes de vegetação nativa e maciços arbóreos. 93
Figura 27 - Mapa fuzzy de priorização de APPs para recuperação em função da distância a remanescente de vegetação nativa. 94
Figura 28 - Plano de informação de área urbanizada. 96
Figura 29 - Mapa fuzzy de priorização de APPs para recuperação em função da distância a núcleos urbanos. 97
Figura 30 - Plano de informação de malha viária. 99
Figura 31 - Mapa fuzzy de priorização de APPs para recuperação em função da distância à malha viária. 100

Figura 32- Plano de informação de APP de nascente. *102*
Figura 33- Mapa fuzzy de priorização de APPs para recuperação em função da distância à APP de nascente. *103*
Figura 34 - Plano de informação de APP de curso d'água. *105*
Figura 35 - Mapa fuzzy de priorização de APPs para recuperação em função da distância à APP de curso d'água. *106*
Figura 36 - Tela de entrada do Easy AHP. *108*
Figura 37 - Entrada de rasters de distância normalizada. *108*
Figura 38 - Matriz de comparações pareadas. *108*
Figura 39 - Pesos das camadas. *109*
Figura 40 - Priorização de Áreas de Preservação Permanente para recuperação - BHSMV. *110*
Figura 41 - Comparação entre o resultado da modelagem e uma imagem de satélite – LANDSAT 8/ USGS. Região próxima à reserva de duas bocas. *112*
Figura 42 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério proximidade de remanescentes de vegetação nativa. *114*
Figura 43 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério proximidade de núcleos urbanos. *114*
Figura 44- Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério proximidade de malha viária. *115*
Figura 45- Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério proximidade de APP de nascente. *115*
Figura 46 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério proximidade de APP de curso d'água. *115*
Figura 47 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério proximidade de APP de topo de moro. *115*
Figura 48 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério vulnerabilidade a erosão. *115*
Figura 49 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério capacidade de sustentabilidade do solo. *115*
Figura 50 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério uso da terra. *116*
Figura 51- Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério ordem dos canais de drenagem. *116*
Figura 52 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério autuações dos órgãos ambientais. *116*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações sobre a situação do CAR no Brasil e no Espírito Santo. *29*
Tabela 2 - População proporcional a área da região hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória, por município. *46*
Tabela 3 - Percentual de Solos na Região Hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória. *51*
Tabela 4 - Áreas antrópicas e não antrópicas (naturais) mapeadas para a Região Hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória. *53*
Tabela 5 - Exemplo de matriz de payoff. *59*
Tabela 6 - Valores de distância mínima ou máxima. *72*
Tabela 7 - Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n. *75*
Tabela 8 - Matriz payoff: Pesos dados pelos especialistas de 0 a 3 para cada critério e sua moda, média, desvio padrão e média expurgada. *81*
Tabela 9 - Colocação dos critérios em relação aos pesos atribuídos pelos 23 especialistas. *82*
Tabela 10 - Valores de média expurgada. *87*
Tabela 11 – Tabela de decisão. *117*

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições e limites para APPs deste estudo. 27
Quadro 2 - Campo de aplicações do SIG. 36
Quadro 3 - Escala fundamental de Saaty para comparação de critérios. 41
Quadro 4 - Critérios de priorização de APPs para recuperação na BHSMV. 56
Quadro 5 - Planos de informação. 66
Quadro 6 - Modelo de tabela de decisão. 78
Quadro 7 - Classificação do nível de priorização. 109
Quadro 8 – Valores de decisão para cada peso possível e respectiva média expurgada. 114

LISTA DE SIGLAS

ACI - Associação Cartográfica Internacional
ADIs - Ações Diretas de Inconstitucionalidade
AGERH – Agência Estadual de Recursos Hídricos
AHP - Processo Hierárquico Analítico
ANA – Agência Nacional das Águas
APP – Área de Preservação Permanente
ASPRS - American Society of Photogrammetry
BHSMV – Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória
CAR – Cadastro Ambiental Rural
DER - Departamento de Estradas e Rodagem do Espírito Santo
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Geobases - Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo
GNU - General Public License
IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IDAF – Instituto de Defesa Agropecuária d Florestal do Espírito Santo
IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IMAZON – Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia
INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural do Espírito Santo
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
ONU – Organização das Nações Unidas
OSI - Open Source Initiative
PI - Plano de Informação
PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
Serviço Brasileiro Florestal Brasileiro – SFB
SICAR - Sistema de Cadastro Ambiental Rural
SIG – Sistema de Informações Geográficas
Singreh - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SINIMA - Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente

SL - Software Livre

SR – Sensoriamento Remoto

TC - Taxa de Consistência

UENF – Universidade Estadual Norte Fluminense

UEPB - Universidade Estadual da Paraíba

UFES - Universidade Federal do Espírito Santo

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFV – Universidade Federal de Viçosa

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

UPs - Unidades de Planejamento

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

Áreas de Preservação Permanente - APPs são áreas cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012). Para Luppi et al., (2015) e Ribeiro et al., (2005), historicamente, o processo de colonização e consolidação do território brasileiro tem-se pautado na intensa exploração de seus recursos naturais, afetando negativamente a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos, principalmente os superficiais. Vastas extensões de matas exuberantes foram suprimidas ao longo dos séculos para dar espaço à agricultura, pecuária e mineração. Porém, apesar de o Brasil dispor de uma das mais avançadas legislações ambientais do mundo no que tange à proteção ambiental (NUSDEO, 2012), o que inclui a legislação florestal, a sua implementação enfrenta grandes desafios decorres basicamente das dificuldades em se executar demarcações oficiais das áreas de preservação permanente, para vetar, o licenciamento ambiental indevido e o uso inadequado dessas áreas. Além disso, Ribeiro et al., (2005) também citam a constatação da deficiência estrutural do Estado, inviabilizando promover-se efetiva fiscalização ambiental em um país de dimensões continentais.

Dessa forma, é fundamental que sejam produzidas informações técnicas confiáveis que subsidiem o poder público no processo decisório para o desenvolvimento sustentável das cidades e do campo, visando o uso racional dos recursos naturais e ao mesmo tempo o bem-estar da população. Assim, propostas de metodologias para identificação e priorização de APPs em bacias hidrográficas para serem recuperadas se tornam fundamentais para a manutenção das funções ambientais, sociais e econômicas dos solos e das florestas, e o presente estudo busca atuar neste sentido.

De acordo com Traficante (2016), a aplicação da Análise Multicritério na tomada de decisão, utilizando métodos como o Processo Hierárquico Analítico (AHP) pode ser muito útil, pois fornece uma ferramenta apropriada para os tomadores de decisão em situações complexas. O AHP é uma técnica que faz com que seja possível escolher uma opção de gestão adequada, envolvendo critérios quantitativos e qualitativos, que

estruturam problemas heterogêneos na forma de uma hierarquia, comparações de pares e ponderação de critérios. Como os problemas que envolvem a priorização para recuperação de APPs são de natureza complexa e interdisciplinar, a análise multicritério em ambiente SIG (ferramenta geoespacial) representa um avanço em relação ao cruzamento de planos de informação (PIs). De acordo com Ferraz e Vettorazzi (2003), os critérios, normalmente, são integrados com a utilização de pesos de importância, obtidos com o apoio de ferramentas de suporte à decisão.

Em linhas gerais, este trabalho propõe o uso da geotecnologia (com foco em software livre e de código aberto) aliada à análise multicritério, como subsídio técnico de suporte à tomada de decisão que envolva a recuperação de APPs em uma bacia hidrográfica. Como este tipo de problemática tem um caráter interdisciplinar, é de relevante importância a modelagem de decisões dos diversos tipos de profissionais que atuam na área, como uma forma de democratizar e enriquecer tecnicamente o processo decisório. Nesse sentido, o estudo pretende também propor uma metodologia de modelagem de decisões, através do equacionamento matemático de pesos dados pelos especialistas a critérios de priorização de APPs para recuperação.

A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória – BHSMV, localizada inteiramente no Estado do Espírito Santo. Juntamente com a bacia hidrográfica do rio Jucu, a BHSMV é essencial para o abastecimento humano e para a manutenção das atividades na região que abrange a Grande Vitória e alguns municípios do interior do estado, sendo este o principal motivo que levou à escolha desta bacia.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Fornecer subsídios à recuperação de Áreas de Preservação Permanente - APPs em bacias hidrográficas com uso de geotecnologias aliadas à análise multicritério.

2.2 ESPECÍFICOS

- Identificar as APPs da BHSMV que são prioritárias para recuperação, com o auxílio da análise multicritério aliada às geotecnologias, com foco em SIG, utilizando-se software livre;

- Identificar e organizar por meio de modelagem estatística as decisões de especialistas em relação às priorizações de APPs para recuperação, na BHSMV.

3 HIPÓTESES DO ESTUDO

- A recuperação e a manutenção das APPs da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória – BHSMV são fundamentais para a segurança hídrica da Região Metropolitana de Vitória e dos municípios do interior do Espírito Santo que dependem da bacia;

- É possível espacializar critérios de priorização de APPs para recuperação em uma bacia hidrográfica através do uso da análise multicritério com o auxílio de SIG;

- As opiniões de especialistas em relação à priorização de APPs para recuperação podem ser modeladas para a bacia de estudo, tendo-se uma ferramenta de suporte às decisões complementar.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO FLORESTAL BRASILEIRA

Neste tópico, inicialmente é necessária uma breve abordagem sobre o que seria espaço, território e estado, os quais formam um tripé conceitual para o entendimento da temática central abordada e como o objetivo geral do estudo se relaciona com todo o trabalho.

Segundo Saquet e Silva (2008), Milton Santos[1] (1926 – 2001) defendia que o espaço e o homem são sínteses dialéticas compreendidas numa combinação teórico-metodológica entre elementos das argumentações de K. Marx e J. P. Sartre (existencialismo humanista), assim, Milton Santos dá centralidade ao sujeito-homem na construção do mundo e do espaço. Já o território é compreendido como espaço de uma nação, delimitado e regulado, apresenta elementos fixos, resultantes da ação homem e seu trabalho bem como relações sociais e diferentes formas de ocupação e produção. Para Santos o território corresponde ao recorte do espaço pelo processo de formação de um Estado-nação.

De acordo com Pereira (1995) o Estado é uma parte da sociedade, é uma estrutura política e organizacional que se sobrepõe à sociedade ao mesmo tempo que dela faz parte. Também pode ser considerado como um aparelho com capacidade de legislar e tributar sobre a população de um determinado território. O Estado, porém, é mais do que seu aparelho, porque inclui todo o sistema constitucional-legal que regula a população existente no território sob sua jurisdição. Esta população, por sua vez, assume o caráter de povo, ao se tornar detentora do direito da cidadania, e se organiza como sociedade civil. Sociedade civil e Estado constituem o estado-nação ou país, que é a entidade política soberana constituída por uma população que habita um certo território. Correa (1993) esclarece que o Estado pode atuar como consumidor de espaço e de localizações específicas, proprietário fundiário e promotor imobiliário,

[1] Milton Santos é considerado o maior pensador da ciência geografia no Brasil e um dos maiores no mundo.

sem deixar de ser também um agente de regulação do uso do solo, ou seja, de regulador das áreas em um determinado território. Neste contexto, no presente estudo o governo será considerado como a parte do Estado que é responsável legítimo por legislar e controlar a organização do território.

Vistos os conceitos de espaço, território e estado, percebe-se que a legislação florestal nada mais é do que um mecanismo legal usado pelo estado para regular o uso do solo em florestas e demais formas de vegetação nativa, podendo reconhece-las como bens de interesse comum a todos os habitantes do Estado-nação[2]. Essa breve explanação sobre os conceitos citados se justifica, pois assim, entende-se qual a origem da legislação florestal, quem é o responsável por redigi-la e quais os objetivos da mesma, assim, observa-se quais seriam os principais atores a utilizar os produtos deste trabalho, neste caso, o governo ou organização no ato da gestão dos recursos florestais, recursos hídricos etc (considerando-se governo como parte do estado).

Cronologicamente, um pouco antes da sua descoberta, o Brasil já usava as suas margens de rios para a navegação e transporte, pelos índios que aqui habitavam. Diferente do homem branco, o índio respeitava a presença da vegetação em suas margens, por acreditar que se elas ali existiam, mesmo resistindo ao excesso de água, é porque tinham uma serventia. Além do que, para eles, a vegetação de um modo geral era usada para se esconder dos animais ferozes que habitavam as matas do Brasil-feto (NETO, 2008).

Durante o período colonial e sob a vigência das Ordenações Filipinas, em 12 de dezembro de 1605, foi editada a primeira lei de proteção florestal, intitulada “Regimento sobre o Pau-Brasil”. Esta lei previa pena de morte para quem cortasse, sem a expressa licença real, o pau-brasil, embora não se tenha relato de execução

[2] Um outro exemplo de utilização de mecanismo legal por parte do estado para a regulação do uso de recursos naturais é a implementação da Lei das Águas (Lei nº 9.433/1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Singreh. Nesta situação, analogamente ao caso da vegetação nativa, a água é considerada um bem de domínio público.

com esse fim. Porém, a preocupação dessa lei não era preservacionista, mas sim comercial (FELÍCIO, 2014).

No período Imperial também não são conhecidas medidas legais capazes de conter o desmatamento. As leis aplicáveis à época, não surtiam o efeito desejado, talvez devido à concepção da Constituição do Império, instituída com o lastro do direito absoluto sobre a propriedade e seus recursos naturais. (NETO, 2008; FELÍCIO, 2014). Não obstante, de acordo com Neto (2008), mesmo com o fim do Império e a chegada da República não houve mudança no panorama de devastação florestal e tampouco este fato trouxe perspectivas imediatas de mudanças.

Já no período republicano, após vinte anos de elaboração pelo governo, em 23 de janeiro de 1934 foi instituído o Primeiro Código Florestal Brasileiro, por meio do Decreto Federal nº 23.793 (BRASIL, 1934). Tal decreto visava não mais a proteção da madeira, como antes, mas sim a proteção das florestas em todo o território. De acordo com Felício (2014), o ano de 1934 pode ser considerado um marco na história dos recursos florestais brasileiros, pois pela primeira vez há um reconhecimento da floresta como um bem de interesse comum de todos os habitantes do país/estado-nação (capítulo I, art. 1º). Além disso, para Neto (2008), elogia-se este código porque ele trouxe em seu leito legal uma classificação de florestas na qual havia um tipo destinado à preservação, à época chamado de “florestas protectoras”, embrião das APPs. Porém, apesar de ser um avanço para os recursos florestais do país, o Código Florestal de 1934 não mencionava a preservação, especificamente, das florestas ou de qualquer outro tipo de vegetação em áreas urbanas, sendo um instrumento legal frágil e pouco capaz de enfrentar as graves questões advindas da atividade econômicas, principalmente madeireira.

Na década de 60, mais precisamente em 1965, houve uma reformulação do primeiro Código Florestal, em uma época na qual emergiram preocupações mundiais em relação às intervenções humanas sem respeito à capacidade de recuperação do meio ambiente, as quais resultam em perda de qualidade de vida das populações. O Novo Código Florestal, Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965), vai além do intuito econômico, colocado em meio ao patamar da mineração, energia elétrica,

caça e pesca, pois houve a inserção do instituto das florestas de preservação permanente, substituindo as antigas florestas protetoras.

Em 1988 foi instituída a nova Constituição Brasileira a qual exerce obrigatório alinhamento das Leis publicadas até a atualidade. A constituição trouxe um capítulo específico dedicado ao Meio Ambiente, onde estabeleceu o dever do Poder Público de assegurar o meio ambiente ecologicamente equilibrado, um bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida, impondo a todos e a coletividade o dever de preservá-lo.

A Luz da Constituição de 1988 e dos demais atos normativos subsequentes, em 25 de maio de 2012 foi aprovado Código Florestal de 2012, instituído pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, após uma intensa discussão em todo o país liderada pelo Senado Federal, com a realização de aproximadamente 200 audiências públicas,

Embora o Brasil possua uma legislação ambiental considerada por muitos como avançada (NUSDEO, 2012), a mesma é deficiente em sua implementação, devido principalmente, à grande extensão territorial brasileira, o que na prática a torna uma legislação lenta e pouco eficaz. Um dos fatores que contribui para torná-la pouco ágil é a deficiência em investimentos que visem apurar as agressões cometidas nas áreas primordiais para a manutenção do meio (LUPPI et al., 2015). Em 18 de abril de 2016 foi realizada uma audiência pública no Superior Tribunal de Justiça – STF, proposta pelo ministro Luiz Fux. O evento contou com a participação de 22 expositores, que defenderam as suas posições em relação às Ações Diretas de Inconstitucionalidade (ADIs 4901, 4902, 4903 e 4937). De forma geral, essas ações propõem que seja declarada inconstitucionais alguns dos instrumentos legais dispostos na Lei n° 12.651, e as principais alegações são no sentido de que houve um retrocesso científico e ambiental em relação ao Código de 1965.

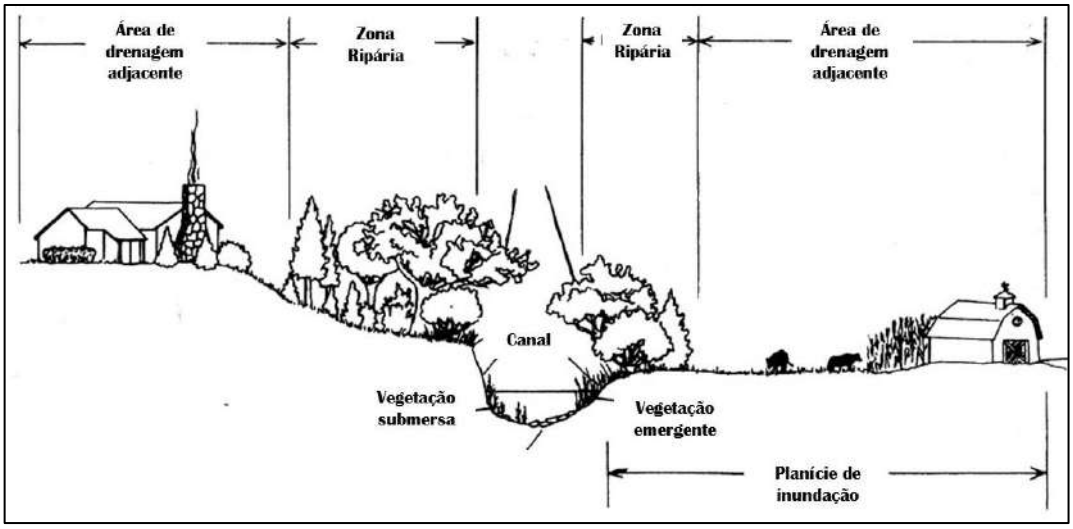
Apesar de ainda estar em fase de regulamentação em nível Federal e Estadual (BRANCALION et al., 2016), nesse trabalho, o Código Florestal de 2012 será utilizado para a base metodológica e para as discussões dos resultados obtidos, devido ao fato de esta ser a normativa em vigor, contudo, por se tratar de texto normativo complexo,

optou-se por centrar-se em discussões que envolvam as Áreas de Preservação Permanente - APPs, objeto do presente estudo.

4.2 ZONAS RIPÁRIAS

A expressão “mata ripária” envolve todos os tipos de vegetação arbórea vinculada à beira-rio, já as “zonas ripárias” (Figura 1) conceitualmente são mais amplas, são áreas de saturação hídrica da microbacia, encontradas principalmente ao longo das margens e nas cabeceiras da rede de drenagem, mas podendo ocorrer também em partes mais elevadas da encosta, dependendo da topografia e das condições de transmissividade do solo (FELÍCIO, 2014; NETO 2008; ATTANASIO et al., 2012).

Figura 1 - Localização da zona ripária.



Fonte: http://www.georgiaadoptastream.com/Manuals_etc/Visual/V_Ch_1.pdf?15-0909. Nota: Tradução da autora.

A estrutura, a dinâmica e a composição da vegetação ripária são influenciadas pelas complexas interações entre a hidrologia, a geomorfologia, a luz, a temperatura, o fogo e outros atributos característicos do local, sendo que a interação entre a hidrologia e a geologia pode ser considerada mais importante nestas áreas (ATTANASIO et al., 2006; NAIMAN e DÉCAMPS, 1997). O ecossistema ripário, em sua integridade, inclui a dinâmica da zona ripária, sua vegetação e suas interações e desempenha funções relacionadas à geração do escoamento direto em microbacias, ao aumento da capacidade de armazenamento e à manutenção da qualidade da água (efeito-

tampão), à promoção de estabilidade das margens dos rios (resistência ao fluxo, resistência mecânica do solo em barranco, armazenamento de sedimentos, estabilidade de leito e morfologia do canal). Além disso, ela também tem a função de equilíbrio térmico da água e formação de corredores ecológicos[3] (FELÍCIO, 2014; ATTANASIO et al., 2012; ANA, 2012).

Apesar de haver uma relação intrínseca entre as zonas ripárias e os cursos d'água, a delimitação dos seus limites não é obtida facilmente. Teoricamente, os limites laterais se estenderiam até o alcance da planície de inundação. Na prática, os processos que alteram os leitos dos cursos d'água, que vão desde os fenômenos das cheias anuais até os fenômenos de cheias decenais e seculares, impõem a necessidade de se considerar a variação temporal da zona ripária (NAIMAN e DÉCAMPS, 1997; GREGORY et al., 1992).

4.3 ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE - APP

Apesar de o conceito de Preservação Permanente ter sido criado pelo Código Florestal de 1965, o nascimento das Áreas de Preservação Permanente veio através da Medida Provisória n° 1.956-50, de 26 de maio de 2000. Tal medida trouxe o conceito e a definição dessas áreas (art. 1º, parágrafo 2º, inciso II), assegurando que a floresta como as demais formas de vegetação e as terras que as revestem são bens ambientais a serem protegidos pela norma legal. Segundo a Lei Federal de nº. 12.651 de 25 de maio de 2012, em seu Art. 4º, consideram-se Áreas de Preservação Permanente (APPs):

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

[3]O corredor ecológico é a interligação das formações naturais na paisagem. Fonte: Nusdeo, 2012.

O Art. 4º da referida lei trata sobre os tipos e as delimitações de APPs, no presente estudo serão consideradas para a análise os tipos: APP de nascente, APP de curso d'água e APP de topo de moro. Os limites mínimos são mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 - Definições e limites para APPs deste estudo.

APP	LIMITE
Cursos d'água[4] com largura < 10 m	30 m
Nascentes perenes[5]	Raio ≥ 50 m, independentemente da situação topográfica
Topo de morros e montanhas com altura mínima de 100 m, em projeções horizontais e inclinação média maior que 25º	As áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo está definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação.

Fonte: Brasil (2012). Nota: Organizado pela autora.

Dessa forma, as APPs incluem as zonas ripárias, apesar de o conceito de zona ripária ser mais amplo. O temo Área de Preservação Permanente tem um caráter normativo, o qual inclui não só as funções ambientais e econômicas dessas áreas, mas também o legado social relacionado às atividades que nelas são desenvolvidas, como por exemplo, a agricultura de subsistência de pequenas famílias que ocupam áreas legalmente protegidas. Contudo, historicamente essas áreas sofrem com demandas de uso, por geralmente se tratar de locais propícios a determinados tipos de atividades humanas, e isso fez com que a formulação do conceito de área para preservação permanente acontecesse de forma lenta, e a implementação das leis inerentes seja de difícil execução, o que gera cada vez mais conflitos de interesses.

4.4 CADASTRO AMBIENTAL RURAL - CAR

O Cadastro Ambiental Rural – CAR foi criado pela Lei 12.651/2012 no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente – SINIMA, sendo normalizado através do decreto n° 7.830 de 17 de outubro de 2012 e do decreto nº 8.235 de 5 de

[4] São APPs delimitadas pelas faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular. Fonte: Brasil (2012).
[5] As nascentes perenes tipicamente apresentam um fluxo de água contínuo, se manifestando essencialmente durante todo o ano, mas com vazões variando ao longo do mesmo.

maio de 2014. É um registro eletrônico, obrigatório para todos os imóveis rurais do Brasil, e que tem por finalidade integrar as informações ambientais referentes à situação das Áreas de Preservação Permanente - APP, das áreas de Reserva Legal, das florestas e dos remanescentes de vegetação nativa, das áreas de uso restrito e das áreas consolidadas das propriedades e posses rurais do país. O CAR se constitui em base de dados estratégica para o controle, monitoramento e combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetação nativa do Brasil, bem como para planejamento ambiental e econômico dos imóveis rurais.

A data limite para a inscrição das propriedades rurais no CAR anteriormente era até o dia 05 de maio de 2015 e depois 05 de maio de 2016, porém, até a data primeiramente estipulada, apenas cerca de 52,8% da área total de 373 milhões de hectares de imóveis rurais teria se inscrito no sistema informatizado federal (FERREIRA, 2016). Recentemente, através da lei nº 13.295 de 14 de julho de 2016, houve prorrogação do prazo para inscrição no CAR e a mesma deve ser requerida até 31 de dezembro de 2017. Após este novo prazo, as instituições financeiras só concederão crédito agrícola, em qualquer de suas modalidades, para proprietários de imóveis rurais que estejam inscritos no CAR. O prazo é prorrogável por mais um ano por ato do chefe do poder executivo.

De acordo com o boletim informativo com dados até 30 de abril de 2016, disponibilizado pelo Serviço Brasileiro Florestal Brasileiro - SFB, até a data de publicação do documento havia 3.112.086 imóveis cadastrados no Brasil, com área total cadastrada equivalente a 308.742.786 hectares e área passível de cadastro de 397.836.864 hectares (Tabela 1). A área total é referente à soma dos dados do Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), dos sistemas estaduais do Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Pará, São Paulo e dos assentamentos da reforma agrária excluindo as áreas cadastradas em unidades de conservação da natureza de uso sustentável. A área passível de cadastro foi estimada com base no censo agropecuário 2006, do IBGE, e nas atualizações do Distrito Federal e dos Estados Amapá, Amazonas, Espírito Santo, Pará e Mato Grosso, excluindo as áreas cadastradas em unidades de conservação da natureza de uso sustentável, nas quais admite-se a permanência de populações tradicionais. No Espírito Santo, utiliza-se um sistema próprio de cadastro e o mesmo não é integrado ao SICAR, até abril de 2016

havia 31.410 imóveis cadastrados no estado, tendo-se uma área passível de cadastro de 4.277.470 hectares. Em termos percentuais, entre os Estados da região sudeste o Espírito Santo é o que apresentava o menor valor de área cadastrada, tendo 27,80%, o que equivale a 1.189.296 hectares (Tabela 1). Os dados de área passível de cadastro para o Espírito Santo também são estimados com base no censo agropecuário de 2006 do IBGE, o número total de imóveis não considera a população residente no interior das unidades de conservação da natureza de uso sustentável cadastradas no SICAR e o extrato considera apenas os dados incluídos na base do SICAR, não considerando os dados de assentamentos do INCRA.

Tabela 1 - Informações sobre a situação do CAR no Brasil e no Espírito Santo. APC – Área Passível de Cadastro; NIC - Número de Imóveis Cadastrados; AC – Área Cadastrada.

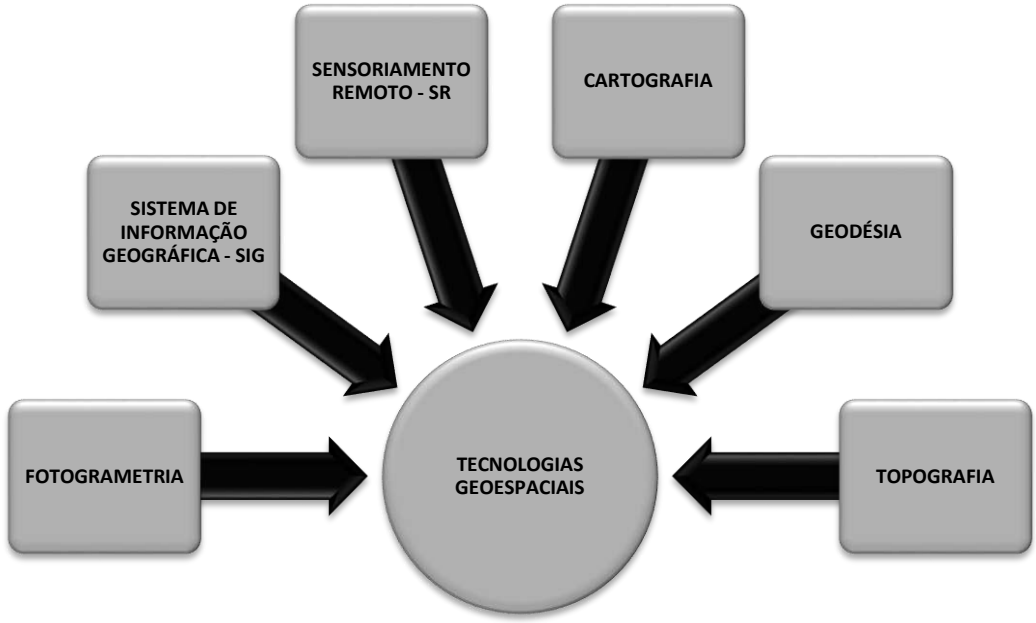
REFERÊNCIA	APC (hectares)	NIC	AC (hectares)	AC (%)
BR	397.836.864	3.112.086	308.742.786	77,61
ES	4.277.470	31.410	1.189.296	27,80

Fonte: Serviço Florestal Brasileiro (2016). Nota: Organizado pela autora.

4.5 GEOTECNOLOGIAS

De acordo com Santos et al. (2012), a exemplo do que ocorre em inúmeras áreas do conhecimento e do desenvolvimento humano, o setor florestal se beneficia enormemente dos avanços das geotecnologias, também chamadas de tecnologias geoespaciais (Figura 2). Santos et al. (2012) definem essas ferramentas como todas as tecnologias voltadas à coleta, processamento e análise ou interpretação de dados espaciais (geoprocessamento) visando a obtenção de informações espaciais (geoinformação), tecnologias essas, apoiadas pelos Sistemas de Informações Geográficas - SIG, Sensoriamento Remoto - SR, Geoestatística, Cartografia, Geodésia e outros.

Figura 2 - Geotecnologias.



Fonte: Elaborado pela autora.

Em um país com dimensões continentais como o Brasil, há uma indispensável necessidade do uso de mapas para a representação e caracterização de APPs, as quais são o foco deste estudo. Essa é uma importante ferramenta no auxílio ao planejamento territorial, na fiscalização e em ações de campo de âmbito local, regional ou nacional visando o cumprimento da legislação ambiental (EUGENIO et al., 2011; HOTT et al.; COUTINHO et al. 2013).

Apesar da existência de legislação ambiental no Brasil, que inclui a legislação florestal e o CAR, há fatores que facilitam o descumprimento da legislação, a constatação de uma deficiência estrutural do Estado e a inexistência de demarcação oficial das áreas das APPs, o que leva à ocupação e utilização ilegal dessas áreas (RIBEIRO et al., 2005), levando-se em consideração que a implementação do CAR ainda encontra muitos obstáculos e vem sendo prorrogados os prazos limite para o requerimento do cadastro por parte dos proprietários. Do ponto de vista técnico, para Eugenio et al. (2011), o monitoramento das APPs é limitado principalmente devido a necessidade do envolvimento de profissionais especializados e ao uso de dados precisos da área de estudo, o que muitas vezes torna a análise morosa e cara. A delimitação das APPs

em nascentes, cursos d`água, topos de morro, locais com alta declividade e ao longo de divisores d'água torna-se um método relativamente complexo se utilizados processos analógicos que incluem a interpretação visual. Essa análise, se realizada de forma convencional, está condicionada à experiência do analista, estando sempre passível de contestação (NASCIMENTO et al., 2013; HOTT et al., 2005).

As metodologias que utilizam a geotecnologia vêm sendo amplamente utilizadas no mapeamento e no monitoramento dos recursos naturais terrestres, sendo a alternativa mais viável para se reduzir significativamente o tempo gasto com o mapeamento das áreas a serem protegidas, e, por consequência, agilizar o período hábil de fiscalização no cumprimento das leis pertinentes (LUPPI et al., 2015; COUTINHO et al., 2013). Diversos trabalhos utilizando geotecnologias têm sido desenvolvidos com a finalidade de delimitar as APPs e mapear o uso do solo no interior das mesmas (HOTT et al., 2005; BERGER, 2007; EUGENIO et al., 2011; COUTINHO et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2013; FELÍCIO, 2014; MENDES et al., 2015; LUPPI et al., 2015).

4.5.1 Cartografia

Cartografia, no sentido lato da palavra não é apenas uma das ferramentas básicas do desenvolvimento econômico, mas é a primeira ferramenta a ser usada antes que outras ferramentas possam ser postas em trabalho (ONU, 1949).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016) o vocábulo cartografia, etimologicamente, significa descrição de cartas, foi introduzido em 1839, pelo segundo Visconde de Santarém - Manoel Francisco de Barros e Souza de Mesquita de Macedo Leitão, (1791 - 1856). A despeito de seu significado etimológico, a sua concepção inicial continha a ideia do traçado de mapas. No primeiro estágio da evolução o vocábulo passou a significar a arte do traçado de mapas, para em seguida, conter a ciência, a técnica e a arte de representar a superfície terrestre.

O conceito da Cartografia, hoje aceito sem maiores contestações, foi estabelecido em 1966 pela Associação Cartográfica Internacional - ACI, e posteriormente, ratificado pela UNESCO, no mesmo ano:

> [...] a Cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, se voltam para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como a sua utilização (IBGE, 2016).

4.5.2 Topografia e Geodésia

A palavra topografia é originada do idioma grego Topos Graphen. Após a tradução para a língua portuguesa têm-se *Topos* significando lugar ou região e *Graphen* equivalente a descrição, ou seja, descrição de um lugar (COELHO JUNIOR et al., 2014).

Conceitualmente, Coelho Junior et al. (2014) definem a topografia com uma ciência que estuda, projeta, representa, mensura e executa uma parte limitada da superfície terrestre não levando em conta a curvatura da Terra, até onde o erro de esfericidade[6] poderá ser desprezível, e considerando os perímetros, dimensões, localização geográfica e posição (orientação) e objetos de interesse que estejam dentro desta porção. De acordo com Veiga et al., (2012), o objetivo principal da topografia é a realização do levantamento (medições de ângulos, distâncias e desníveis) que permita representar uma porção da superfície terrestre em uma escala adequada.

A Geodésia, ciência que tem por objetivo determinar a forma e dimensões da Terra, é dividida em três ramos: Geodésia Física, Geodésia Geométrica e Geodésia por satélites. A Topografia é um ramo da Geodésia Geométrica, sendo que essas duas ciências estudam, em muitas vezes, os mesmos métodos, utilizando os mesmos instrumentos para determinar porções da superfície terrestre. Entretanto, a Topografia estuda apenas uma porção limitada da superfície terrestre, enquanto que a Geodésia admite uma maior dimensão estudando porções maiores que à limitada para a Topografia, ou seja, até mesmo a toda a Terra (VEIGA et al., 2012; COELHO JUNIOR et al., 2014).

[6] Os trabalhos topográficos como levantamentos e locações são realizados sobre a superfície curva da Terra, porém os dados coletados são projetados sobre uma superfície plana, o plano topográfico. Por causa disso, ocorre um erro chamado de erro de esfericidade (COELHO JUNIOR et al., 2014).

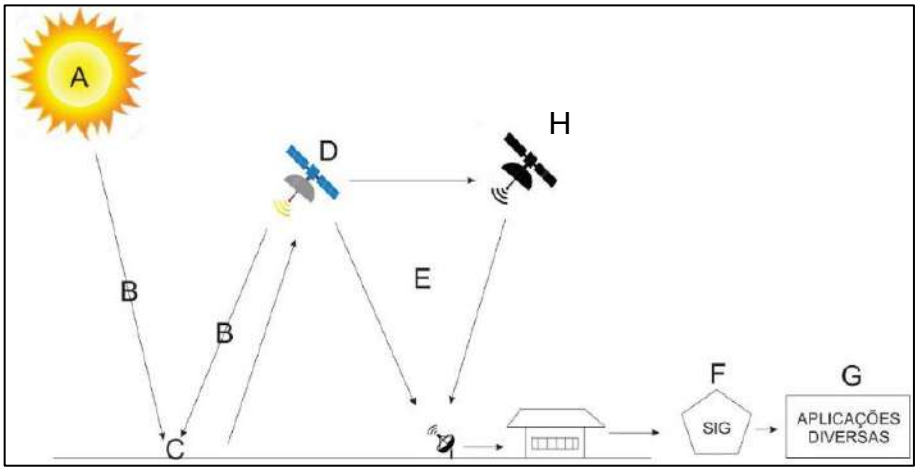
4.5.3 Sensoriamento Remoto – SR

Conceitualmente, Campos (2005) define o SR como um conjunto de técnicas destinado à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles. Porém, apesar de retratar o conceito, a definição proposta por Campos (2005) apresenta uma amplitude que pode abrir margem a interpretações errôneas, pois até mesmo a visão humana poderia ser considerada um sistema de sensoriamento remoto, ou seja, para a adequação do conceito, é necessário desvincular a aquisição de medidas nas quais o ser humano é parte essencial do processo de detecção e registro dos dados.

A proposição apresentada por Novo (2014) vai além de uma definição e, portanto, seria a mais adequada neste caso, pois engloba todo o conceito que deve ser entendido sobre o que é sensoriamento remoto, quando do ponto de vista do usuário de imagens de satélite. Novo (2014) aponta que o SR consiste na utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.

De acordo com Santos (2013), a aquisição de dados em Sensoriamento Remoto registra, em selecionadas faixas de comprimento de onda, a quantidade de energia refletida ou emitida por objetos na superfície terrestre. Um ingrediente básico e essencial na análise e interpretação de dados de SR diz respeito às características espectrais dos vários tipos de vegetação, solo, água, e outras características da superfície terrestre (CAMPOS, 2005). Conforme Santos (2013) o sensoriamento remoto pode ser utilizado em diversas aplicações, entre elas, destaca-se o levantamento do uso e da cobertura da terra, destacando a técnica de integração dos dados de Sensoriamento Remoto com o Sistema de Informações Geográficas. Os principais elementos que envolvem o SR são mostrados na Figura 3.

Figura 3 - Elementos do Sensoriamento Remoto. A (fonte de energia ou iluminação), B (radiação e atmosfera), C (objeto de estudo), D (sensor ativo), E (transmissão, recepção e processamento de dados), F (interpretação e análise de dados), G (aplicação), H (sensor passivo).



Fonte: http://geosusblog.blogspot.com.br/. Nota: Adaptado pela autora.

4.5.4 Fotogrametria

O termo fotogrametria deriva das palavras gregas *photos*, que significa luz, *gramma*, que significa algo desenhado ou escrito e *metron*, que significa medir. Portanto, Fotogrametria, de acordo com suas origens, significaria “medir graficamente usando luz" (TOMMASELLI, 2009).

Até a década de 60, de acordo com Tommaselli (2009), a definição de Fotogrametria dada pela sociedade americana de fotogrametria (American Society of Photogrammetry – ASPRS) era: "ciência e arte de obter medidas confiáveis por meio de fotografias". O autor destaca que com o surgimento de novos tipos de sensores uma definição mais abrangente de Fotogrametria foi proposta pela ASPRS em 1979:

> [...] Fotogrametria é a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes (ASPRS, 1979).

4.5.5 Sistema de Informações Geográficas - SIG

Existe uma variedade de definições disponível na literatura nas quais os autores conceituam o Sistema de Informação Geográficas – SIG. Para Smith et al. (1987), o SIG é um banco de dados indexados espacialmente sobre o qual opera um conjunto

de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais. Aronoff (1989) descreve que o SIG é um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados. De acordo com Burrough (1986), o SIG é um conjunto robusto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real. Cowen (1988) destaca que o SIG é um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas. Já Calijuri e Lourdes (2006) descrevem o SIG como ferramentas que permitem armazenar, analisar, recuperar, manipular e manejar grandes quantidades de dados espaciais. Os últimos autores ressaltam que originalmente essas ferramentas foram desenvolvidas para facilitar trabalhos cartográficos, mas estão sendo, já de algum tempo, utilizadas para inventários, estimativas, planejamento, simulação e modelagem.

De acordo com Câmara et al., (2001), as duas principais características dos SIG's são:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

O campo de aplicações dos SIG's (Quadro 2) é amplo e diversificado, incluindo a engenharia urbana, geografia, agricultura, hidrologia, geologia, geotecnia, meio ambiente, computação, economia, fotogrametria, agrimensura, planejamentos urbano e regional, engenharia florestal e outros (CALIJURI E LOURDES, 2006; SANTOS et al., 2012).

Quadro 2 - Campo de aplicações do SIG.

FINALIDADE	OBJETIVO	ÁREA DE APLICAÇÃO
Projetos	Definição das características do projeto	Projeto de loteamentos e de irrigação
Planejamento territorial	Delimitação de zoneamentos e estabelecimento de normas e diretrizes de uso	Elaboração de planos de manejo de unidades de conservação e de planos diretores municipais
Modelagem	Estudo de processo e comportamento	Modelagem de processos hidrológicos
Gerenciamento	Gestão de serviços e de recursos naturais	Gerenciamento costeiro e de serviços de utilidade pública
Banco de Dados	Armazenamento e recuperação de dados	Cadastro urbano e rural
Avaliação de riscos e potenciais	Identificação de locais susceptíveis à ocorrência de um determinado evento ou fenômeno	Elaboração de mapas de risco e mapas de potencial
Monitoramento	Acompanhamento da evolução dos fenômenos através da comparação de mapeamentos sucessivos no tempo	Monitoramento da cobertura florestal e da expansão urbana
Logístico	Identificação de pontos e rotas	Definição da melhor rota e identificação de locais para implantação de atividades econômicas

Fonte: http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/SIG.htm#IntrodSIG.

Em relação a organização de ambiente de trabalho em SIG, Câmara et al. (2001) afirma que um projeto é usualmente composto por um conjunto de níveis, camadas ou planos de informação (PIs), que variam em número, tipos de formatos e de temas, conforme as necessidades de cada tarefa ou estudo. Os autores citam o exemplo de um estudo de uso atual do solo e seus impactos sobre o ambiente em uma região, definida em um projeto, e neste caso seria necessário que este projeto fosse composto de PIs com os seguintes temas: 1) rede de drenagem; 2) cidades, rodovias e ferrovias; 3) altimetria; 4) geomorfologia; 5) unidades e associações dos solos; 6) tipologia vegetal; 7) tipos de uso e ocupação das terras. Os PIs 1, 2 e 3, quando superpostos, formam a cartografia básica da região de estudo ou mapa topográfico. Os PIs restantes são os mapas especiais ou temáticos necessários para atingir o objetivo proposto, isto é, cada PI representa uma mesma área, mas com informações geográficas diferentes.

4.5.6 Software Livre para Geoprocessamento

De acordo com Uchoa & Ferreira (2004) o Software Livre – SL ou Free Software, é um programa de computador como qualquer outro Programa Proprietário[7] e tem como finalidade atender uma determinada demanda como, por exemplo: planilhas de cálculos, editores de textos, editores de imagens, etc. Para Macêdo et al. (2016) um programa computacional livre é aquele que permite ao usuário a **liberdade** de usá-lo em diferentes formas, fazer modificações, distribuir, copiar sem a obrigatoriedade de pagar por isso. Os programas computacionais gratuitos podem ser livres ou fechados.

A licença associada ao SL deve garantir, segundo a Fundação Software Livre - Free Software Foundation (2016), quatro liberdades:

- Usar os aplicativos de software como mais lhe convir;
- Entender /Modificar o programa;
- Ter o código fonte/redistribuir o programa;
- Distribuir versões com essas modificações para outros usuários.

Para precisar o conceito de SL, deve ser observado que o mesmo está associado a um grande movimento social, onde a ideia de liberdade do uso do software é pregada como solução do problema gerado pela limitação do conhecimento tecnológico imposta pelos sistemas proprietários (UCHOA & FERREIRA, 2004). Este é um dos motivos pelos quais os softwares livres vêm se firmando como alternativa em relação aos softwares comerciais em várias áreas de aplicação, inclusive na área do geoprocessamento.

Existem vários softwares livres com aplicação na área das geotecnologias, como o Quantum GIS - QGIS, o PostGIS, GRASS GIS, o Geoserver, o gvSIG, o uDIG, o SPRING, e o Kosmo. Para o presente estudo pretende-se adotar o QGIS, uma vez que a gama de ferramentas disponíveis na forma de complementos é muito grande, permitindo ainda acessar ferramentas do Grass e do Saga GIS, os quais são instalados junto com o QGIS por meio do mesmo pacote de instalação, além do que

[7] São aqueles em que o usuário não pode copiar, modificar ou mesmo redistribuir sem a permissão do detentor de seus direitos autorais. Sua fonte é particular e só seu criador tem acesso. (MACÊDO et al., 2016)

o QGIS apresenta uma interface gráfica bastante amigável e intuitiva. Dada sua grande popularidade, existe um vasto arcabouço de materiais técnicos disponíveis na internet, e que potencializam tirar o melhor deste software.

O QGIS é um Software Livre e gratuito licenciado sob a “GNU General Public License”, sendo também um projeto oficial da “Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)”. Conceitualmente é um Sistema de Informação Geográfica (GIS) utilizado para criação e utilização de mapas, compilação de dados geográficos, analise de informações mapeadas e gestão de informações geográficas em bancos de dados.

4.6 TOMADA DE DECISÃO E ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Conforme Gomes (2012) a palavra decisão é formada por *de* (que em latim significa parar, extrair, interromper) que se antepõe à palavra *caedere* (que significa cindir, cortar). Tomada ao pé da letra, a palavra *decisão* significa “parar de cortar” ou “deixar fluir”. Uma decisão deve ser tomada quando estamos diante de um problema que não possui uma solução única, mas sim várias soluções. Mesmo em casos com soluções únicas, podemos temos duas possibilidades de alternativas, no caso tomar ou não essa ação. Concentrar-se no problema certo possibilita direcionar corretamente todo o processo. Alguns autores afirmam que decidir é posicionar-se em relação ao futuro, decidir também pode ser definido como (GOMES, 2012):

a. Processo de colher informações, atribuir importância a elas, posteriormente buscar possíveis alternativas de solução e, depois, fazer a escolha entre as alternativas;
b. Dar solução, deliberar, tomar decisão.

Para Francisco et al. (2008), frequentemente a tomada de decisão em planejamento ambiental necessita de grande número de variáveis do meio físico, biológico, social e econômico, quantificáveis ou não, cujas combinações podem produzir diferentes alternativas de aproveitamento. Complementarmente, Franco et al. (2013) esclarecem que as informações ambientais são obtidas durante a fase de diagnóstico, produzindo

um grande número de variáveis que durante uma análise ambiental necessitam de critérios para a sua avaliação, o modo é atribuir pesos e valores às mesmas.

O planejamento ambiental é fundamental para conhecer e organizar o espaço e propor informações com agilidade de respostas, tendo como objetivo a organização de uma determinada área visando ao melhor desempenho em relação à sua vocação natural. Esse ordenamento pode ser realizado pela organização dos espaços em bacias hidrográficas, consideradas unidades territoriais para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH. A implementação de planejamento pode evitar o uso inadequado da terra e a sua degradação (FRANCO et al., 2013; FRANCISCO et al., 2008).

Neste sentido, o método de análise multicritério tem sido utilizado na solução de problemas de tomada de decisão na gestão ambiental, uma vez que esta busca esclarecer ao tomador de decisão quais as possibilidades de escolhas (ZUFFO et al., 2002; POMPERMAYER, 2003; FRANCISCO et al., 2008; JANNUZZI et al., 2009; CAMPOS, 2011; FRANCO et al., 2013). A análise multicritério é um método de análise de alternativas para a resolução de problemas que utiliza vários critérios relacionados ao objeto de estudo, sendo possível identificar alternativas prioritárias para o objeto considerado (FRANCISCO et al., 2007). Esses métodos apoiam o processo decisório, embasado nas informações existentes, incorporando valores dos agentes, na busca da melhor solução (CAMPOS, 2011).

De acordo com Jannuzzi et al. (2009), com o conjunto de decisores identificados, com o problema claramente definido, levantadas as alternativas para sua solução, e especificados os critérios de avaliação das alternativas, passa-se, então, à aplicação do procedimento quantitativo de análise multicritério. A seleção do procedimento depende do problema particular considerado, das preferências do tomador de decisão e de muitos outros fatores (FRANCISCO et al., 2008).

No presente estudo será utilizado o método do Processo Hierárquico Analítico – AHP proposto por Saaty (1977), em ambiente SIG como realizado por Traficante (2016), utilizando-se o software livre QGIS para a espacialização das informações.

4.7 MÉTODO ANALÍTICO HIERÁRQUICO - AHP

O Processo Analítico Hierárquico - AHP, do inglês “Analytic Hierarchy Process”, foi proposto por Saaty em 1977 e replicado por diversos pesquisadores como Zuffo et al., (2002), Valente (2005), Sartori et al., (2014), Rezende (2016) e Traficante (2016). É um método multicritério de tomada de decisão amplamente conhecido, pois permite aos usuários determinar os pesos dos parâmetros (fatores) na solução de um problema considerado multicritério. Neste procedimento um modelo hierárquico constituído por objetivos, critérios, subcritérios e alternativas é utilizado para cada problema (SAATY, 1990).

Câmara et al., (2001) descreve que o primeiro passo para a aplicação dessa técnica é a elaboração de uma relação de importância relativa entre as evidências. Essa relação é utilizada como dado de entrada em uma matriz de comparação pareada, onde são calculados os autovalores e autovetores da matriz.

A AHP é uma teoria com base matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos. Requer a estruturação de um modelo hierárquico, o qual geralmente é composto por meta, critérios, sub-critérios e alternativas; e um processo de comparação pareada, por importância relativa, preferências ou probabilidade, entre dois critérios, com relação ao critério no nível superior. Com base na comparação, a AHP pondera todos os sub-critérios e critérios e calcula um valor de razão de consistência entre 0 e 1, com 0 indicando a completa consistência do processo de julgamento (CÂMARA et al., 2001). Esta pontuação deve ser feita com a utilização da escala de preferência chama de escala fundamental de Saaty, como mostrado no quadro abaixo.

Quadro 3 - Escala fundamental de Saaty para comparação de critérios.

Valor	Definição	Explicação
1	**Igual importância**	os dois critérios contribuem de forma idêntica para o objetivo
3	**Pouco mais importante**	a análise e a experiência mostram que um critério é um pouco mais importante que o outro
5	**Muito mais importante**	a análise e a experiência mostram que um critério é claramente mais importante que o outro
7	**Bastante mais importante**	a análise e a experiência mostram que um dos critérios é predominante para o objetivo
9	**Extremamente mais importante**	sem qualquer dúvida um dos critérios é absolutamente predominante para o objetivo
2, 4, 6, 8 valores recíprocos dos anteriores	**Valores intermediários**	também podem ser utilizados

Fonte: Saaty (1980). Nota: adaptado pela autora.

Saaty (1980) esclarece que a matriz de comparação pareada é simétrica, sendo necessário preencher somente sua parte triangular inferior. A consistência dessa matriz é avaliada por sua Taxa de Consistência (TC), que indica a probabilidade de que os valores de comparação entre os fatores tenham sido gerados aleatoriamente.

A regra básica, de acordo com Saaty (1980) é que TC esteja sempre abaixo de 0,10 para matrizes de ordem maior que 4. No caso de estarem acima deste valor, o autor sugere que se reorganize a matriz, alterando os valores de comparação entre os fatores.

A partir do estabelecimento de critérios de comparação para cada combinação de fatores, é possível determinar um conjunto ótimo de pesos que podem ser utilizados para a combinação dos diferentes mapas (CÂMARA et al., 2001).

4.8 LÓGICA *FUZZY*

Na natureza, os fenômenos e variáveis comportam-se de forma não estanque, por isso o homem criou mecanismos e ferramentas para representar o espaço. Técnicas computacionais tradicionalmente usadas, como a lógica booleana, em que a análise

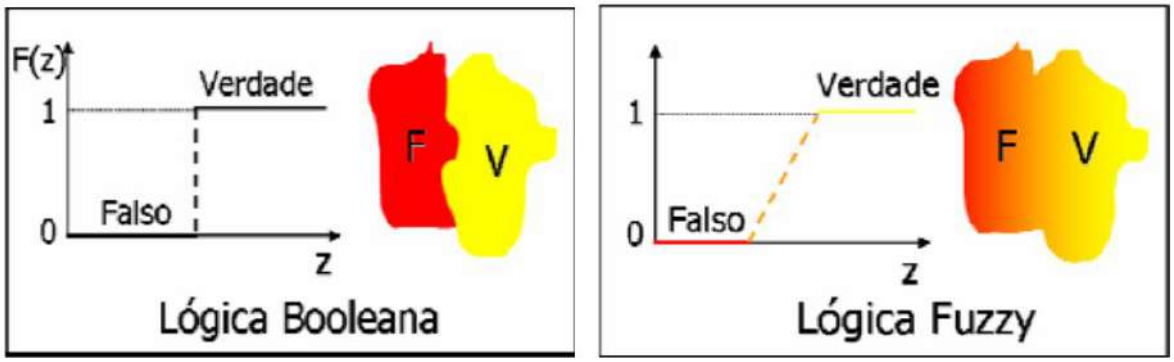
é feita sob uma ótica binária, classifica as variáveis como sim ou não, que equivale a verdadeiro ou falso.

O cientista tcheco naturalizado inglês Lofti A. Zadeh (1965, 1988) introduziu e desenvolveu a teoria da Lógica *Fuzzy* e do raciocínio aproximado (CAVALCANTI et al., 2012). Criada no início de 1960, as primeiras aplicações da lógica Fuzzy datam de 1974, sendo-a hoje aplicada nas ciências ambientais, medicina, engenharia e em outras ciências (de PAULA et al., 2007). De acordo com Cavalcanti et al. (2012) ela modela o modo impreciso do raciocínio humano que é capaz de tomar decisões racionais num ambiente com incerteza e imprecisão.

A lógica ou possibilidade *fuzzy* está contida na categoria de análises algébricas de mapas não cumulativas ou análises lógicas, junto com a simultaneidade Booleana e a probabilidade Bayesiana. Os produtos gerados por essa categoria de análise são mapas integrados, ao invés de mapas fundidos gerados pela álgebra de mapas cumulativos (de PAULA et al., 2007).

A Figura 4 representa graficamente a lógica booleana e lógica fuzzy, como se pode observar.

Figura 4 - Lógica booleana e lógica fuzzy.



Fonte: http://slideplayer.com.br/slide/3433315/. Nota: Adaptado pela autora.

5 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Neste capítulo serão abordados os procedimentos metodológicos adotados no presente trabalho, onde pretende-se esboçar de forma clara e sistemática o passo a passo e as referências utilizadas, tendo-se por premissa o alcance dos objetivos e a possibilidade de replicação do estudo.

Considerando-se os dois objetivos específicos a serem alcançados neste trabalho, destaca-se as principais etapas a serem retratadas no decorrer desta sessão.

5.1 OBJETIVO 1: IDENTIFICAR AS APPS DA BHSMV QUE SÃO PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO, COM O AUXÍLIO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO ALIADA ÀS GEOTECNOLOGIAS, COM FOCO EM SIG, UTILIZANDO-SE SOFTWARE LIVRE

A Figura 5 mostra as etapas necessárias para que seja possível a obtenção do mapa de priorização de APPs para recuperação, o qual é o principal resultado referente ao primeiro objetivo específico do trabalho.

Figura 5 - Etapas do objetivo 1.

Fonte: elaborado pela autora.

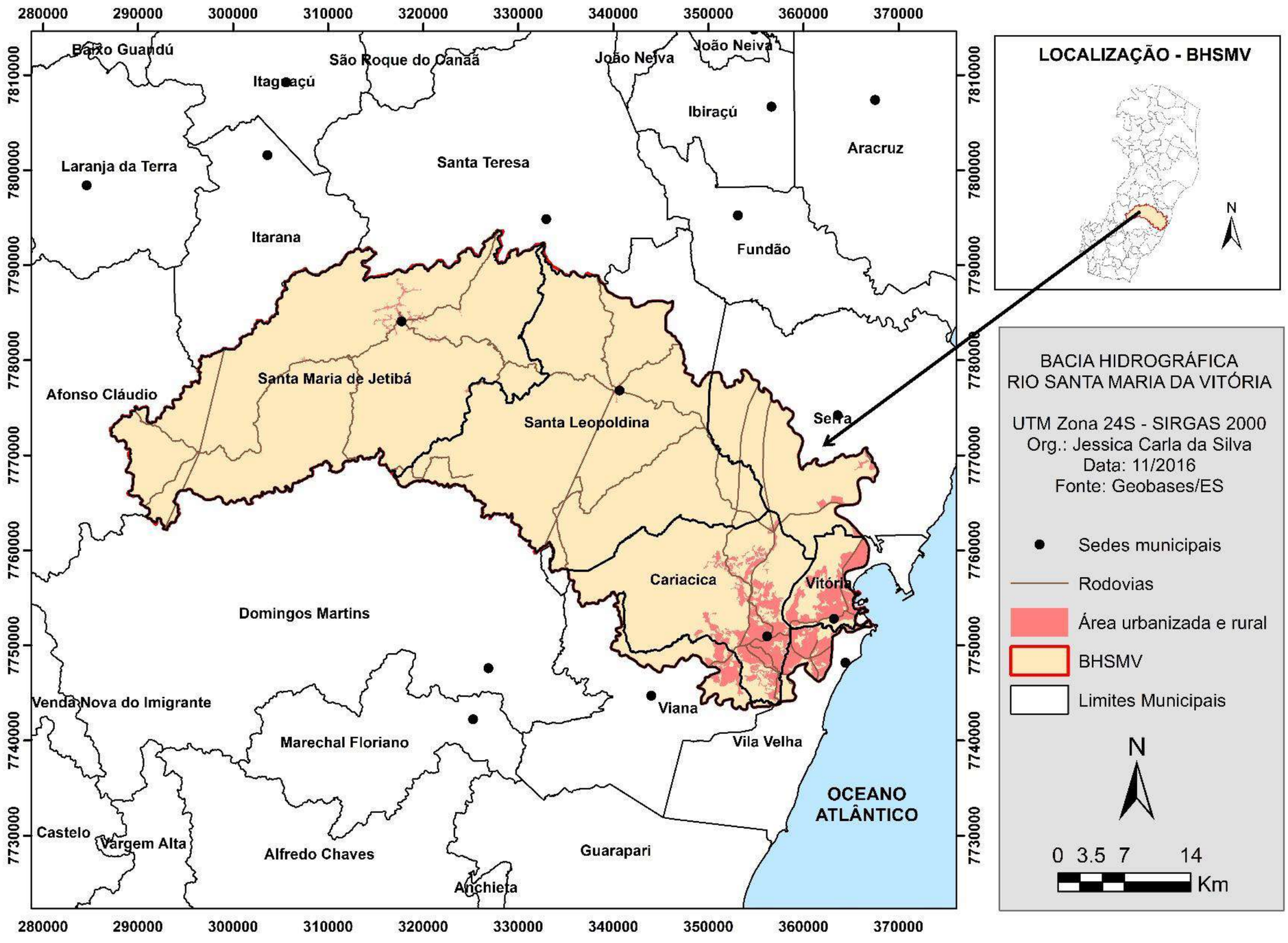
5.1.1 Caracterização da área de estudo

Inicialmente, para que seja possível a identificação de APPs prioritárias para recuperação, foi necessária a caracterização da área de estudo, neste caso, a Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória - BHSMV.

5.1.1.1 Localização e Demografia

A bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória (Figura 6) está delimitada pelas coordenadas UTM, 28000.00 mE; 7770000.00 mS e 37000.00 mE; 7770000.00 mS Zona 24, possuindo uma área de aproximadamente 1.817,25 km^2 e abrangendo os municípios capixabas: Cariacica, Santa Leopoldina, Santa Maria de Jetibá, Serra, Viana, Vila Velha e Vitória.

Figura 6 - Localização da bacia do rio Santa Maria da Vitória, no estado do Espírito Santo.



IEMA (2014) apresentou uma estimativa para o fator demográfico e em relação às áreas dos municípios contidas na BHSMV, demonstrando que aproximadamente 641,512 mil pessoas residem em território da bacia, como mostrado na Tabela 2. A informação tem como base os dados disponibilizados pelo IBGE.

Tabela 2 - População proporcional a área da região hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória, por município.

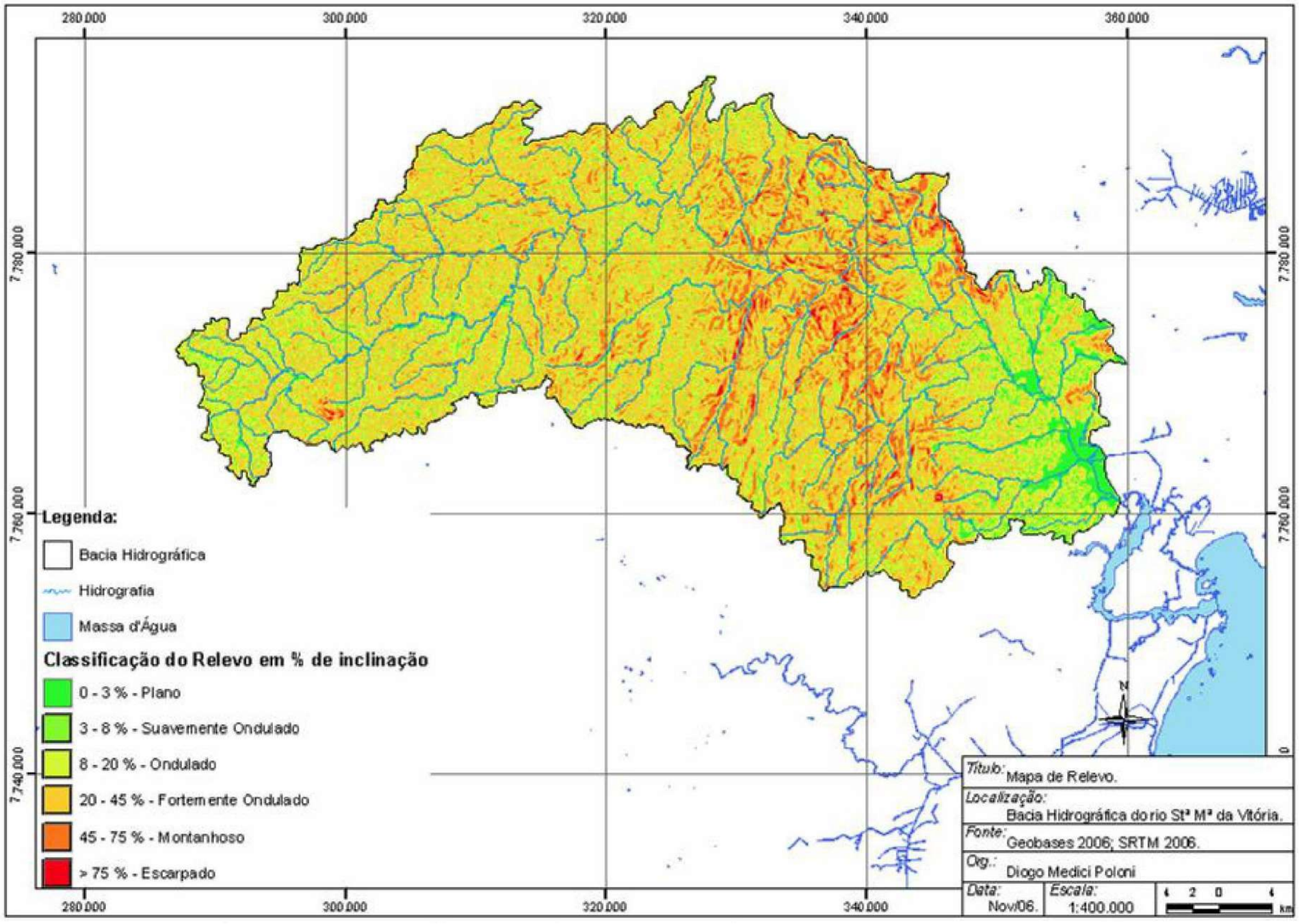
MUNICÍPIO	ÁREA NA BACIA (KM²)	ÁREA DO MUNICÍPIO NA BACIA (%)	ÁREA URBANA NA BACIA (%)	POPULAÇÃO URBANA NA BACIA	POPULAÇÃO RURAL NA BACIA	POPULAÇÃO TOTAL NA BACIA
Afonso Cláudio	1,17	0,12%	0%	0	19	19
Cariacica	195,42	70,04%	54,00%	186.45	8.50	194.95
Domingos Martins	2,57	0,21%	0%	0	51	51
Itarana	0,56	0,18%	0%	0	12	12
Santa Leopoldina	624,16	86,93%	100%	2.60	8.32	10.92
Santa Maria de Jetibá	731,45	99,47%	100%	12.42	23.44	35.86
Santa Teresa	1,28	0,19%	0%	0	19	19
Serra	177,32	32,39%	18,00%	79.35	1.08	80.42
Viana	0,43	0,14%	0%	0	8	8
Vila Velha	0,36	0,17%	0%	1.91	1	1.91
Vitória	82,52	94,88%	94,00%	317.34	0	317.34
Total	**1.817,25**	**-**	**-**	**600.07**	**41.45**	**641.51**

Fonte: IEMA (2014). Nota: Adaptado pela autora.

5.1.1.2 Relevo

De acordo com os resultados apresentados pelo projeto Deságua (2008), realizado pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, mais da metade da área da BHSMV possui o relevo de fortemente ondulado à escarpado. As referidas áreas não são indicadas para as atividades agrícolas com mecanização, tornando-se assim, áreas recomendadas para, preferencialmente, à preservação de vegetação natural e em regeneração, minimizando os impactos da erosão. Os pesquisadores do projeto ainda ressaltam que o fator topográfico é um dos mais influentes no processo erosivo, por interferir na aceleração do escoamento superficial da água. As informações sobre o relevo da bacia são apresentadas na Figura 7 e seguem a classificação proposta pela EMBRAPA de 1999.

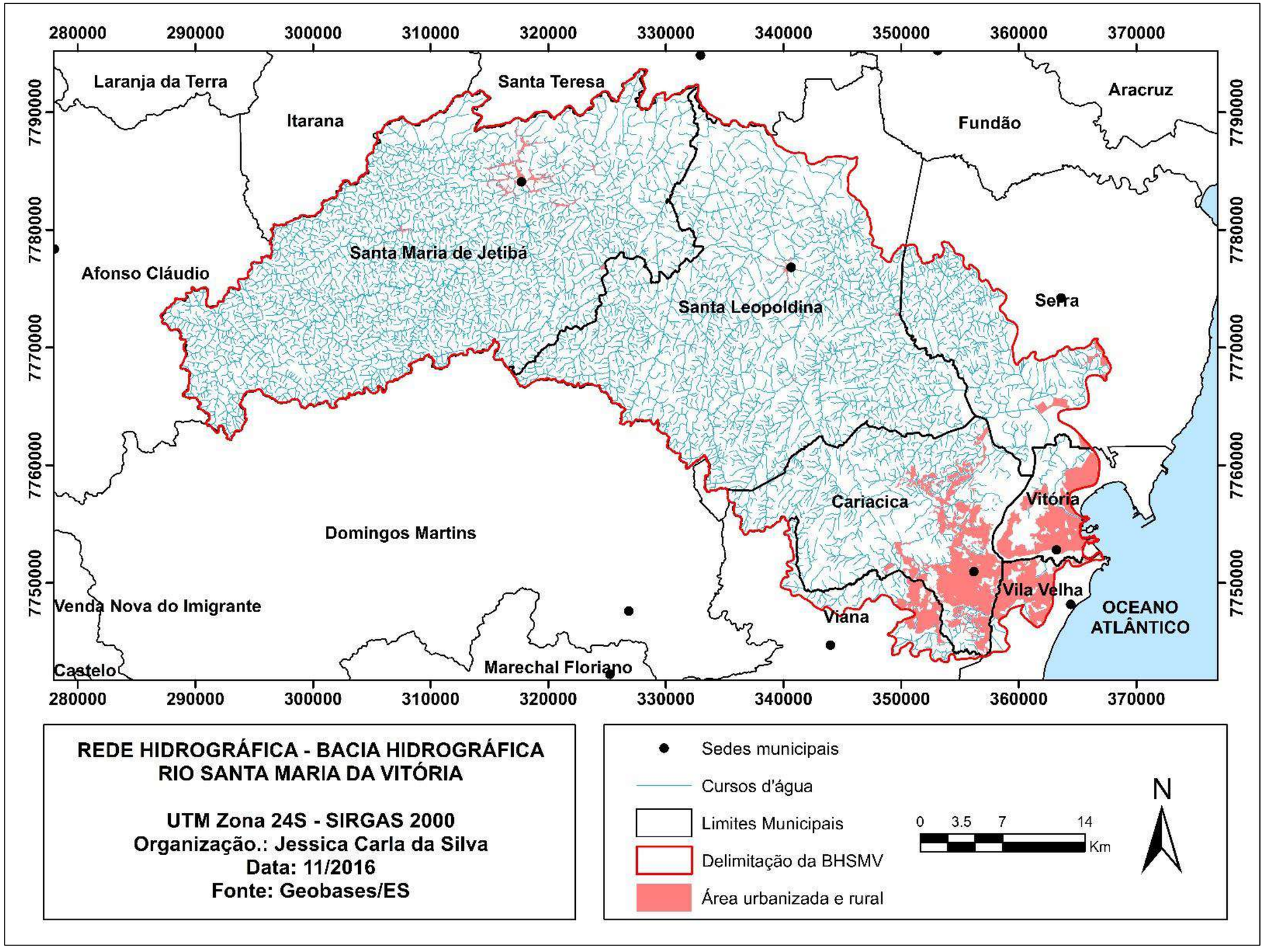
Figura 7 - Mapa de Relevo da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória.



5.1.1.3 Hidrografia

A rede hidrográfica da bacia do rio Santa Maria da Vitória é mostrada na figura apresentada abaixo. No mapa a seguir as subdivisões da bacia que aparecem com os nomes de Alto, Médio e Baixo Santa Maria da Vitória referem-se às três Unidades de Planejamento - UPs as quais foram implementadas no plano de recursos hídricos pelo IEMA (2014), com a finalidade de enquadramento dos corpos de água, porém, no presente estudo essas UPs não serão levadas em consideração na metodologia, os mapas nas quais elas aparecem são informativos e não são resultados.

Figura 8 - Rede hidrográfica da BHSMV.



5.1.1.4 Pedologia

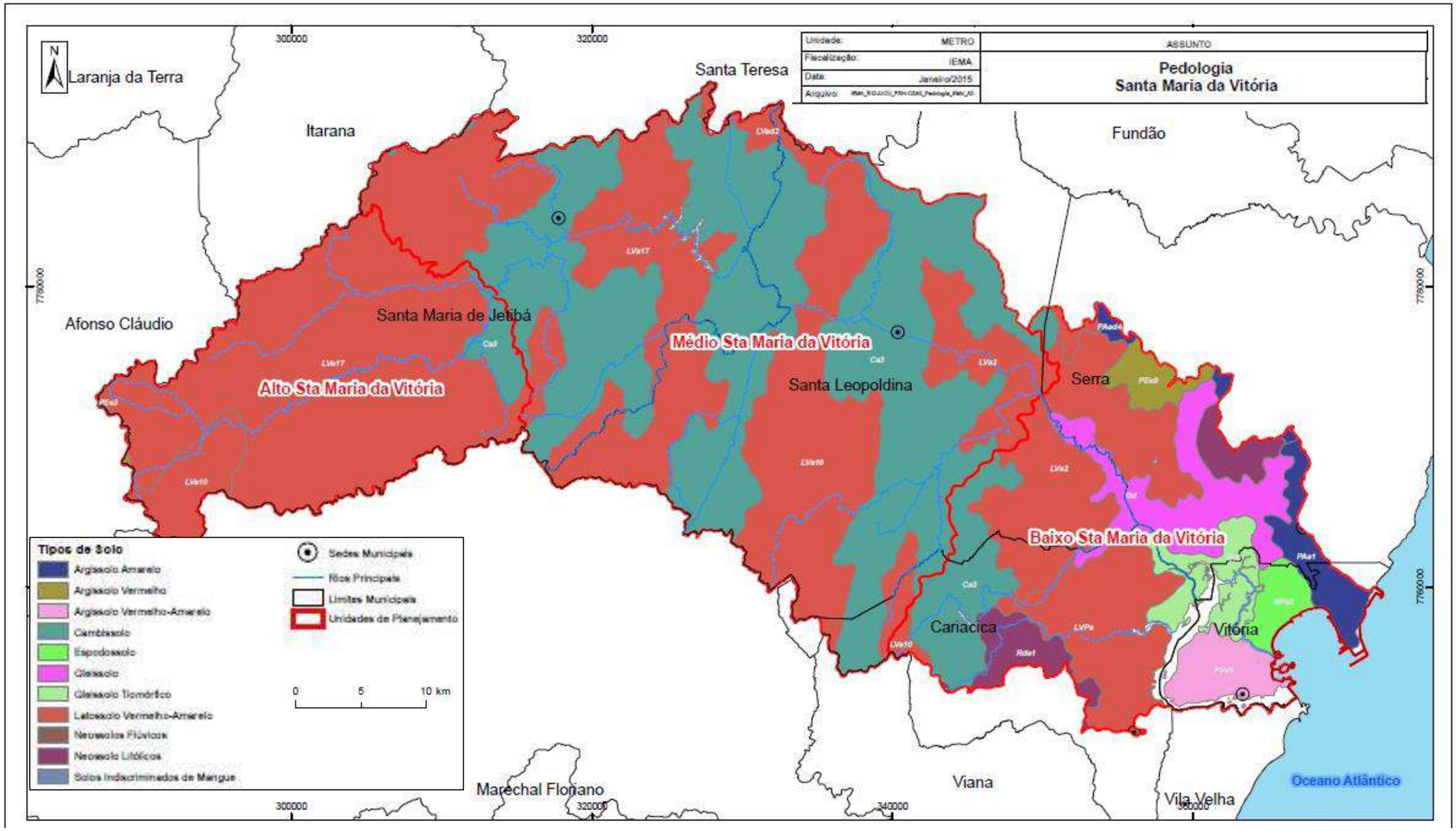
A Figura 8 mostra o mapeamento de solos da BHSMV. Como descrito pelo IEMA (2014), o resultado foi derivado do mapa de solos do Estado do Espírito Santo em escala 1:1.000.000 realizado pelo IBGE em 1987, e para a BHSMV 'recorta-se' este mapeamento para a região de interesse. De acordo com o estudo apresentado, as características de cada unidade de solo deste mapeamento foram determinadas com o auxílio do Diagnóstico e Plano Diretor das Bacias dos rios Santa Maria da Vitória e Jucu realizado em 1997 pelo Consorcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitoria e Jucu – CSMJ/HABTEC. A tabela abaixo apresenta-se as áreas de ocorrência e o percentual destes solos dentro de cada unidade de planejamento.

Tabela 3 - Percentual de Solos na Região Hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória.

UP*	SOLOS	ÁREA TOTAL DA UP (KM²)	ÁREA DE OCORRÊNCIA NA UP (KM²)	PERCENTUAL DE OCORRÊNCIA NA UP (%)
Alto Sta Maria da Vitória	Latossolo Vermelho Amarelo	361,05	344,67	95,46
	Cambissolo		15,47	4,29
	Argissolos Vermelho		0,90	0,25
Médio Sta Maria da Vitória	Cambissolo	946,66	484,04	51,13
	Latossolo Vermelho Amarelo		460,17	48,61
	Rios		2,44	0,26
Baixo Sta Maria da Vitória	Latossolo Vermelho Amarelo	509,54	202,61	39,76
	Gleissolo		65,64	12,88
	Cambissolo		57,38	11,26
	Neossolos Litólicos		38,42	7,54
	Argissolos Amarelo		33,02	6,48
	Gleissolos Tiomórficos		32,53	6,38
	Argissolos Vermelho Amarelo		27,29	5,36
	Argissolos Vermelho		16,24	3,19
	Espodossolos		16,03	3,15
	Rios		17,40	3,41

Fonte: IEMA (2015). *Unidades de Planejamento

Figura 9 - Pedologia da BHSMV.

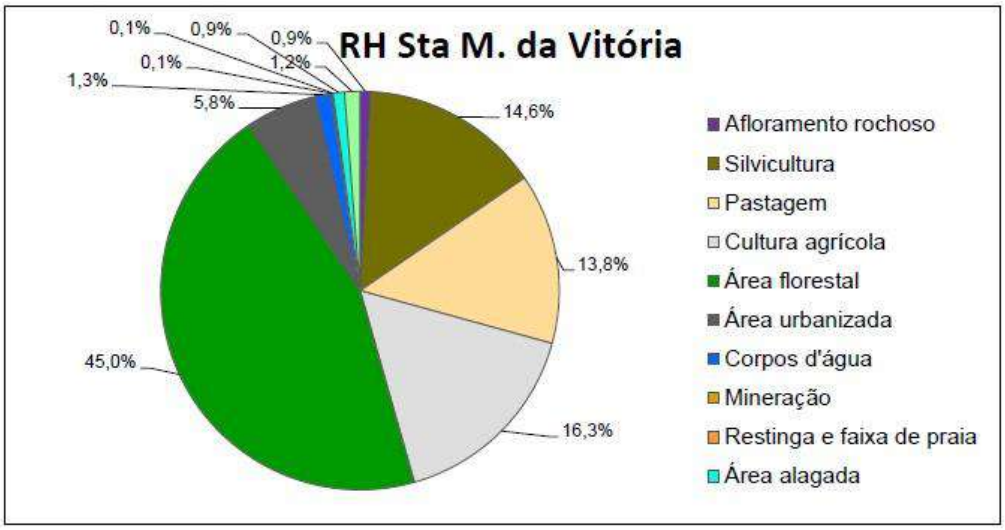


Fonte: IEMA (2015). Nota: Adaptado pela autora.

5.1.1.5 Uso e cobertura do solo

IEMA (2016), apresenta o mapeamento de onze categorias de uso do solo para a BHSMV (Figura 10 e Figura 11), baseando-se em dados publicados em 2010 fornecidos pelo Geobases com agregação de informações atualizadas de manchas urbanas a partir de imagens de satélite de alta resolução, datadas do ano de 2013 com o uso do software Google Earth e de vistorias de campo complementares realizadas em abril de 2014.

Figura 10 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na RHSMV.



Fonte: IEMA (2016).

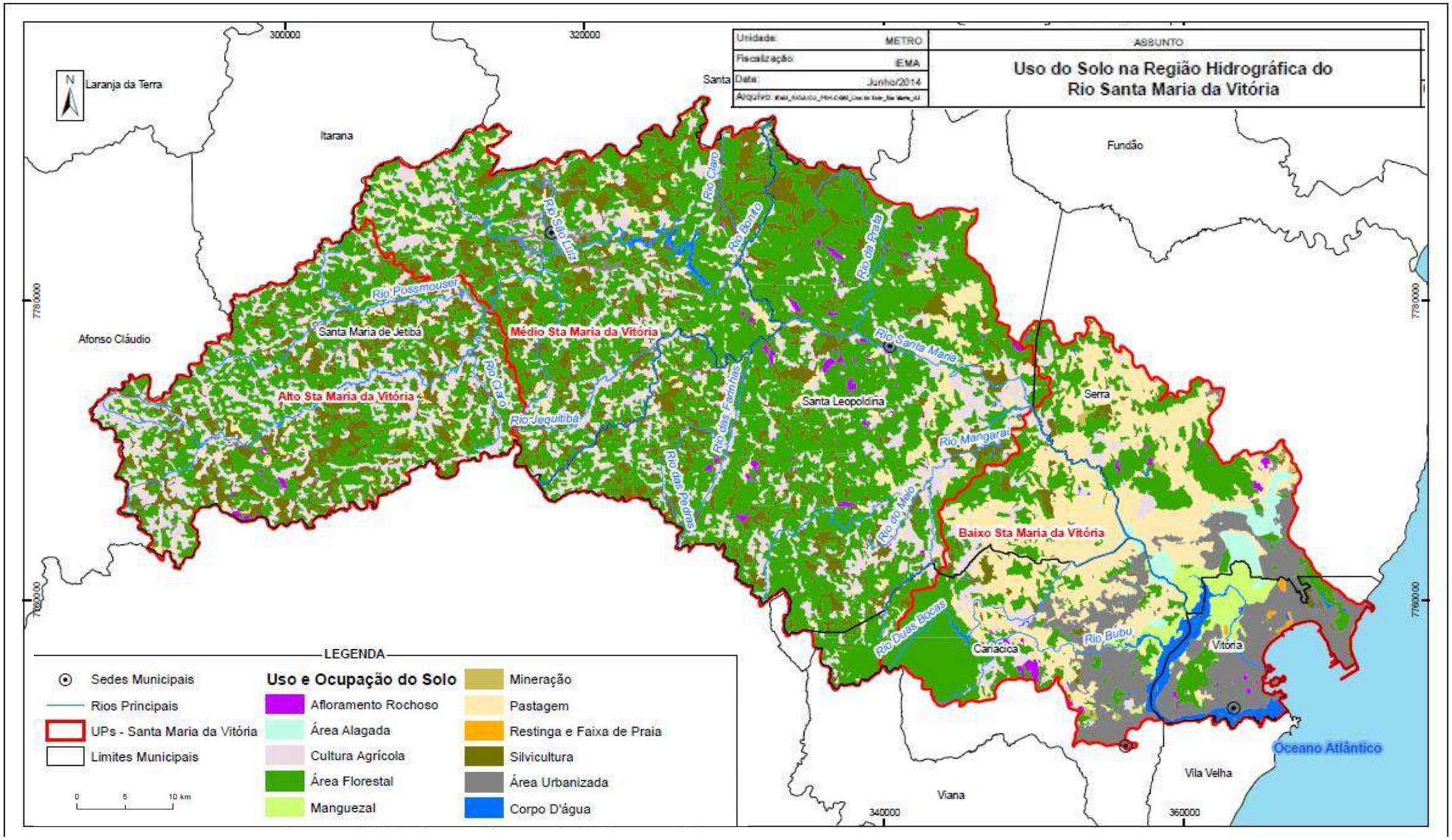
O Tabela 4 apresenta de forma sintética as classes de uso do solo subdivididas em áreas antrópicas e áreas naturais (IEMA, 2016).

Tabela 4 - Áreas antrópicas e não antrópicas (naturais) mapeadas para a Região Hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória.

CLASSES DE USO DO SOLO	Área (km^2)	Área (%)
Áreas antrópicas agrícolas: Cultura agrícola/ Silvicultura/ Pastagem	812,76	45
Áreas antrópicas não agrícolas: Área urbanizada/ Mineração	107,15	6
Áreas Naturais: Área florestal/ Restinga e faixa de praia/ Manguezal/ Corpo d'água/ Área alagada/ Afloramento rochoso	896,82	49
Total	1816,74	100

Fonte: IEMA, 2016.

Figura 11 - Uso do solo na região da BHSMV.



Fonte: IEMA (2016). Nota: Adaptado pela autora.

5.1.2 Critérios

Para um cenário de recuperação de APPs na bacia de estudo é necessário que se destaquem prioridades, onde aponta-se o que seria mais “importante” a ser levando em consideração em uma eventual ação. Neste sentido, foi necessária a seleção de critérios de priorização.

5.1.2.1 Seleção de Critérios de priorização

A seleção dos critérios baseou-se na bibliografia existente, na opinião de técnicos da área ambiental, e nos principais trabalhos desenvolvidos na área, como os estudos de Zuffo et al. (2002) e Francisco (2006). Os critérios selecionados no presente estudo e suas respectivas descrições são mostrados no Quadro 4.

Quadro 4 - Critérios de priorização de APPs para recuperação na BHSMV.

N	CRITÉRIO	DESCRIÇÃO	PESO (0 – 3)
1	Proximidade de remanescente de vegetação nativa	Proximidade entre fragmentos florestais nativos e a APP.	
2	Proximidade de núcleos urbanos	Proximidade entre APP e aglomerados urbanos.	
3	Proximidade de malha viária	Proximidade entre a malha viária principal e as APP's	
4	Proximidade de APP de nascente	De acordo com a Lei nº 9.433/1997	
5	Proximidade de APP de curso d'água	De acordo com a Lei nº 9.433/1997	
6	Proximidade de APP topo de morro	De acordo com a Lei nº 9.433/1997	
7	Vulnerabilidade a erosão	Susceptibilidade de degradação das terras por erosão, expressa pela combinação da erodibilidade do solo com a declividade do terreno.	
8	Capacidade de sustentabilidade do solo	Avaliação da capacidade do solo de sustentar a vegetação nativa, estimada por meio de três fatores limitantes definidos pelo Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícolas das Terras: deficiência de fertilidade; deficiência de água; e excesso de água.	
9	Uso da terra	Classes de uso atual da terra: solo exposto; pastagem; culturas anuais; culturas perenes; área em regeneração natural; e mata ciliar.	
10	Ordem dos canais de drenagem	Ordem hierárquica dos canais naturais segundo Strahler: 1ª, 2ª e 3ª ordem, e assim sucessivamente, sendo os de 1ª ordem aqueles canais ligados diretamente à nascente.	
11	Autuações dos órgãos ambientais	Autuações já realizadas pelos órgãos ambientais na área. Ação do estado no sentido de corrigir e/ou controlar as atividades na área.	

Fonte: Elaborado pela autora.

No estudo de Francisco (2006), os critérios Proximidade de APP de nascente, Proximidade de APP de curso d'água e Proximidade de APP de topo de moro (critérios nº 04, 05 e 06, respectivamente) compunham um único critério chamado "Categoria de APP", porém, no presente estudo optou-se por desmembrá-lo, com o objetivo de

se avaliar a possível diferenciação de importância dos tipos de APPs na BHSMV, ou seja, verificar se em determinada região da bacia deste estudo existe necessidade maior em se recuperar as APPs de topo de moro em vez de se recuperar APPs de nascente, por exemplo.

Além disso, foi adicionado um novo critério, o de autuações dos órgãos ambientais (critério nº 11). Neste caso, como a bacia hidrográfica piloto é de domínio estadual, as coordenadas geográficas (pontos) representam os locais onde já se identificou autuações dos órgãos executivos ambientais estaduais de meio ambiente (IEMA, AGERH e IDAF), obtendo-se dessa forma a localização e a quantidade das intervenções nas APPs da bacia neste período. Com isso pretendia-se apontar um novo indicador de priorização, inexistente na literatura, que possibilitaria um melhor norteamento para a fiscalização ambiental e para um planejamento conjunto entre os vários setores governamentais.

5.1.2.2 Obtenção dos pesos dos critérios

A partir da seleção dos critérios é possível avaliar quantitativamente e qualitativamente as possíveis decisões de locais em que há APPs prioritárias para recuperação, para isso, os dados os critérios precisam receber valores numéricos (pesos) que representem características qualitativas de nível de importância. A exemplo do trabalho realizado por Francisco (2006) e Zuffo et al. (2002), os valores numéricos representativos dos critérios selecionados foram obtidos a partir da aplicação de um questionário de opinião.

A classificação de prioridades dos critérios foi realizada após a análise de especialistas da área ambiental do Espírito Santo e do Brasil (UFES, IEMA, IMAZON, ICMBIO, IBAMA, UFMG, UNICAMP, UEPB, UENF, UFV, IDAF, Consultores ambientais). Para isso, foram elaborados 105 questionários e os mesmos foram enviados eletronicamente para os colaboradores, houve 23 respostas. Foram enviados também ofícios contendo informações sobre o presente trabalho e sobre a bacia estudada. A lista de e-mails dos especialistas foi obtida de duas formas: através de contatos pré-estabelecidos nos órgãos ambientais e com consultores ambientais e

através de uma busca nos trabalhos que compõem as referências bibliográficas utilizadas neste estudo, todas as pessoas que participaram da pesquisa são profissionais que atuam na área ambiental.

Análogo ao trabalho de Francisco (2006), foi solicitado a cada pesquisador que atribuísse uma nota de 0 a 3 para cada critério da lista, em que a escala de importância é crescente: 0 significa "sem importância", 1 significa "pouca importância", 2 significa "importante" e 3 significa "extremamente importante". A nota representa o peso correspondente para aquele critério, de acordo com cada especialista. O modelo de ofício e de questionário enviados encontram-se no Anexo 1 deste trabalho.

5.1.2.3 Matriz multicritério (*payoff)*

Tendo-se finalizado o processo de aplicação dos questionários é necessária a organização dos dados. O método de organização escolhido foi o mesmo utilizado por Francisco (2006) e Zuffo et al. (2002), sendo utilizada a matriz multicritério, também chamada de matriz *payoff.* Nesta matriz as linhas correspondem aos *n* critérios e as colunas correspondem aos *m* especialistas (notas atribuídas) e vice-versa. Um exemplo de matriz de *payoff* é mostrado a seguir.

Tabela 5 - Exemplo de matriz de payoff.

Critérios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Moda	Média	Desvio padrão (dp)	Média expurgada
1. Proximidade de remanescente de vegetação. nativa	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2,8	0,38	3,00
2. Proximidade de aglomerados urbanos	3	2	1	2	3	0	1	0	1	1	2	2	2	2	1,5	0,97	1,56
3. Uso da terra	2	3	2	3	3	3	1	1	2	1	1	3	3	3	2,2	0,90	2,67
4. Vulnerabilidade a erosão	2	3	3	1	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	2,6	0,65	2,75
5. Proximidade de malha viária	1	2	1	3	2	0	1	0	1	2	2	1	2	1,5	1,4	0,87	1,50
6. Capacidade de sustentabilidade	3	3	2	2	2	3	2	1	3	3	1	0	3	3	2,2	0,99	2,60
7. Ordem de canais	1	2	1	1	1	1	2	2	1	3	2	3	3	1	1,8	0,83	1,40
8. Categoria de APP	2	3	2	0	1	3	3	3	3	1	0	3	2	3	2,0	1,15	2,36

Fonte: Francisco (2006).

5.1.2.4 Cálculo da média expurgada

Após a organização dos dados, foi realizado um tratamento estatístico dos valores com base na metodologia proposta por Francisco (2006), em que foram calculadas a moda, a média e o primeiro desvio padrão dos valores, que corresponde à 68,3 % na curva normal de distribuição (1 σ). Para o tratamento dos dados, foi calculada a média expurgada levando-se em consideração os valores de média e de desvio padrão anteriormente encontrados para cada critério *i.* De acordo com Francisco (2006), a média expurgada relaciona-se à média dos pesos que satisfazem a condição:

$$\bar{x} - dp \leq \alpha_i \leq \bar{x} + dp \qquad \text{(Equação 1)}$$

Onde:
$\bar{x}$: média dos pesos dos especialistas, para o critério "*i*";
dp : desvio padrão dos pesos;
α_i : peso sugerido pelos especialistas para o critério "*i*".

Com os valores da diferença e da soma entre $\bar{x}$ e dp foi possível verificar os limites inferior ($L_{inferior}$) e superior ($L_{superior}$) respectivamente, que compreendem ao valor mais provável que representa cada critério, dessa forma, excluiu-se as notas atribuídas que estavam fora de cada faixa, e a média foi novamente calculada levando-se em consideração apenas os valores restantes, essa nova média corresponde à média expurgada.

O valor de média expurgada correspondente às opiniões dos diferentes especialistas em relação a cada critério e são dados de entrada necessários na espacialização das prioridades de critérios. Durante o processo de espacialização ocorre a integração destes pesos tratados estatisticamente (médias expurgadas) com as informações geográficas e físicas em ambiente SIG, tendo-se como plano de fundo um algoritmo matemático, neste caso, a análise multicritério.

Para verificar quais as regiões em que há APPs que teriam a maior necessidade de recuperação, foi necessário o uso de uma metodologia que considerasse e

organizasse os vários critérios envolvidos nesse julgamento. Por isso, adotou-se no presente estudo o método de análise multicritério de Análise Hierárquica – APH combinado à lógica *fuzzy*. Para a aplicação da AHP definiu-se que o problema foco do estudo seria a “recuperação de APPs na BHSMV”. O modelo hierárquico incluiu apenas critérios, não incluindo metas, sub-critérios ou alternativas.

5.1.2.5 Matriz de comparações pareadas

Para o desenvolvimento do método AHP é necessária a adequação dos valores de média expurgada encontrados diretamente pela aplicação dos questionários (valores disponíveis na matriz de *payoff*) para a escala fundamental de Saaty. Neste sentido, foi realizada uma normalização dos valores levando-se em consideração a diferença dos pares. A seguir são apresentadas as etapas e as formulações matemáticas para a elaboração da matriz de comparações pareadas, baseando-se em Saaty (1977), Saaty (1980) e demais trabalhos já mencionados que utilizaram o método APH como metodologia:

- Cálculo das médias expurgadas (matriz de *payoff)*;
  As médias expurgadas foram calculadas de acordo com a metodologia descrita neste capítulo, e o tratamento estatístico foi realizado conforme Francisco (2006).
- Matriz das diferenças entre médias expurgadas;
  Considerando-se uma matriz *B* de ordem *n x 1*, que contém os valores de médias expurgadas calculados para cada um dos “*n”* critérios adotados.

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} \\ \vdots \\ b_{nx1} \end{bmatrix}$$

Considerando-se uma matriz *A* de ondem *m* x *n,* do tipo:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1xn} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{nx1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Cada elemento da matriz *A* é dado pela diferença ente os elementos da matriz *B* de forma que:

- Para elementos na diagonal, com *m* = *n*

$$a_{mxn} = b_{nx1} - b_{nx1} \quad \text{(Equação 2)}$$

Exemplo:

$$a_{11} = b_{11} - b_{11}$$
$$a_{33} = b_{31} - b_{31}$$

- Para elementos fora da diagonal, com *m* ≠ *n*

$$a_{mxn} = b_{nx1} - b_{mx1} \quad \text{(Equação 3)}$$

Exemplo:

$$a_{21} = b_{11} - b_{21}$$
$$a_{93} = b_{31} - b_{91}$$

Dessa forma, a matriz de diferença dos pares *A*, será composta por elementos calculados a partir das equações 2 e 3.

- Aplicação da equação de normalização;

  Para encontrar a equação de normalização, inicialmente encontra-se a maior e a menor diferença calculados na matriz *A,* que representam o maior e o menor elemento, respectivamente*.* Para isso, calcula-se a diferença entre o maior valor na matriz *B* e o menor valor da matriz *B*. De forma que o imite das diferenças é dado por:

$$L_{inf} = 0 \quad \text{(Equação 4)}$$

$$L_{sup} = Maior\ valor\ de\ B - Menor\ valor\ de\ B \quad \text{(Equação 5)}$$

O valor de limite inferior é igual a zero pois no caso da escala da matriz *payoff* os especialistas poderiam atribuir nota zero a determinado critério.

Considerando-se que a faixa de valores na escala fundamental de Saaty é de 1 a 9, obtém-se uma reta de normatização dos pares no formato y = ax + b, em

que o eixo x representa o limite da escala de diferenças dos pares (L_{inf} e Ls_{up}) e o eixo y representa a faixa de valores da escala de Saaty.

- Matriz de normalização dos pares
  Aplicando-se a equação de normalização encontrada na etapa anterior, multiplicando-se cada elemento da matriz *A* ao valor encontrado de "a" e somando-se ao valor encontrado de "b", dessa forma monta-se a matriz *A'*, chamada neste trabalho de matriz de normalização dos pares.

- Matriz de comparações pareadas de Saaty.
  Tendo-se a matriz *A'* é possível montar-se a matriz S, chamada neste trabalho de matriz de comparações pareadas de Saaty. Para isso, é necessário que os elementos da matriz S estejam de acordo com a escala fundamental de Saaty, e no caso do presente estudo escolheu-se os valores 1, 3, 5, 7 e 9.

Para que os valores armazenados nos elementos da matriz A' sejam transformados em números ímpares de 1 a 9, algumas considerações são feitas:

- Se o valor for <1, na escala fundamental de Saaty o valor será em fração do tipo: 1/3, 1/5, 1/7 e 1/9, que correspondem aos valores recíprocos[8] na matriz de Saaty;
- Se o valor for <2, o número correspondente na escala fundamental de Saaty é 1;
- Se o valor for <4, o número correspondente na escala fundamental de Saaty é 3;
- Se o valor for <6, o número correspondente na escala fundamental de Saaty é 5;
- Se o valor for < 8, o número correspondente na escala fundamental de Saaty é 7; e
- Se o valor for igual ou maior que 8, o número correspondente na escala fundamental de Saaty é 9.

[8] Valores recíprocos correspondem aos valores em que $a_{ji} = 1/a_{ij}$ e $a_{ji} * 1/a_{ij} = 1$

Para a implementação dessas considerações, utiliza-se a função “SE” na planilha de cálculo da matriz.

Tendo-se os valores de pesos na escala de Saaty, estes valores foram integrados a planos de informação da BHSMV (arquivos rasterizados) através do Complemento Easy APH (plugin) que compõe o pacote software livre QGIS na versão 2.14.2, de forma análoga ao que Rezende (2016) e Traficante (2016) desenvolveram.

5.1.3 Base de dados e Planos de informação

A base de dados utilizada neste trabalho abrange a área geográfica no entorno da bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória e inclui os planos de informação relacionados aos critérios de priorização selecionados. Além dos planos de informação, foi criada uma malha retangular que envolve a área da bacia. Esta malha foi utilizada como referência de delimitação em todos os cálculos de mapas, e compreende as coordenadas UTM limites: x: 285165.475992, 372435.424307; y: 7735674.62467, 7800615.79722.

Inicialmente é necessário se certificar que todos os dados dos planos de informação utilizados estão projetados na projeção UTM Zona 24S e datum SIRGAS 2000, pois na projeção UTM o sistema de coordenadas planas são representados em unidades métricas. Além disso, foi realizado um tratamento dos erros topológicos nos arquivos de planos de informação, visto que, foram utilizadas diferentes fontes de dados e não se pode ter feições duplicadas, sobrepostas ou deslocadas.

Os planos de informação utilizados neste trabalho (Quadro 5) são referentes aos critérios que puderam ser espacializados em ambiente SIG e posteriormente puderam ser utilizados para a composição do mapa de prioridades de APPs para recuperação. Essa escolha dos critérios para espacialização foi baseada na disponibilidade de dados na literatura existente e na viabilidade em se gerar informações a partir de dados disponíveis no tempo previsto para a execução deste trabalho. Os critérios são: Proximidade de remanescente de vegetação nativa; Proximidade de núcleos urbanos; Proximidade de malha viária; Proximidade de APP de nascente; Proximidade de APP de curso d’água.

Os critérios de Proximidade de APP topo de morro, Capacidade de sustentabilidade, Vulnerabilidade a erosão, Uso da terra, Ordem dos canais de drenagem e Autuações dos órgãos ambientais não foram espacializados. Os três primeiros não foram processados devido à dificuldade em se gerar os planos de informação necessários para a análise dentro do tempo proposto para este trabalho de conclusão de curso, o objetivo do presente estudo não é de gerar planos de informação, mas sim de utilizar um banco de dados existente. Já para o critério de Autuações de órgãos ambientais, houve uma busca de informações aos principais órgãos ambientais do estado (Fiscalização-IEMA, IDAF, INCAPER e AGERH) e foi informado que, de forma geral, essas instituições não coletam coordenadas dos locais de autuações, que incluem as APPs. Apenas o setor de fiscalização do IEMA coleta dados de coordenadas em cada vistoria realizada, porém, como esta rotina de procedimento é recente, entre todos os processos cadastrados no sistema administrativo, cerca de 30% do total dos processos contém essas informações. O Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo - IDAF informou que há coordenadas de pontos cadastrados de APPs em processos de CAR, mas o sistema de cadastro não dispõe de um algoritmo que forneça este tipo de informação separadamente. O critério de ordem dos canais não foi processado devido aos apontamentos descritos por Francisco (2006), em que o autor concluiu que este critério é pouco relevante frente aos demais.

Quadro 5 - Planos de informação.

PLANO DE INFORMAÇÃO	DESCRIÇÃO
Delimitação da bacia BHSMV	O PI de delimitação da bacia foi obtido a partir do shapefile de Otto bacia nível 4.
APPs de cursos d'água e de nascentes.	Os PI de APPs de nascente e de curso d'água foram elaborados a partir dos dados de hidrografia (1:50.000). Seguindo as determinações do código florestal de 2012, para os cursos d'água com até 10 m de largura delimitou-se a APP de 30 m de cada lado, tendo como ponto de referência a borda da calha do leito regular dos cursos d'água. Para nascentes perenes mediu-se um raio mínimo de 50 m, considerando-se como nascente o início de cada ramificação dos canais de drenagem da rede hidrográfica da BHSMV, ou seja, os pontos à montante que dão origem a um curso d'agua.
Uso e cobertura do solo	Utilizou-se um recorte para a BHSMV do resultado do projeto "Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra do Estado do Espírito Santo 2010" realizado pelo Instituto Jones dos Santos Neves - IJSN /Coordenação de Geoprocessamento – Cgeodo. De acordo com o instituto, foram utilizadas imagens de sensoriamento remoto orbital como dado primário, além de ortofotos digitais e conhecimento de campo como dados auxiliares a intepretação. As imagens do sensor TM/Landsat 5 foram obtidas gratuitamente junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Para as órbitas-ponto 216/072, 216/073, 216/074 e 216/075 foram obtidas imagens adquiridas em 2010, na melhor condição de ausência de cobertura de nuvens. Para as órbitas-ponto 215/073 e 215/074 foram obtidas imagens de 2009. A classificação automática das imagens foi realizada através do software ENVIEX. As classes utilizadas foram definidas com base no Manual Técnico de Uso e Cobertura da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2006, e são as que seguem: água, cultura, floresta, silvicultura, alagado, afloramento rochoso, manguezal, mineração, pastagem, área urbana, praia e restinga. Após a geração da imagem classificada, a mesma passou por um processo de verificação e edição em tela com utilização das fotografias aéreas ortorretificadas do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA/ES (2007/2008) com 1 metro de resolução espacial.
Vegetação nativa e maciços arbóreos	O PI de vegetação nativa e maciços arbóreos foi obtido a partir do plano de informação de uso e cobertura do solo, extraindo-se as informações referentes às classes de floresta, de restinga, de mangue, de campo rupestre, de mata em estado inicial de regeneração (considerando-se que o mapeamento de uso do solo foi publicado em 2010).
Núcleos urbanos	O PI de núcleos urbanos foi obtido através do GEOBASES, com o nome "Área Urbanizada".
Malha viária	O PI de malha viária foi obtido com base nos dados do GEOBASES (Shapefile de Rodovias 2015; e Estradas vicinais) e do IJSN (Shapefile de Arruamento 2013).

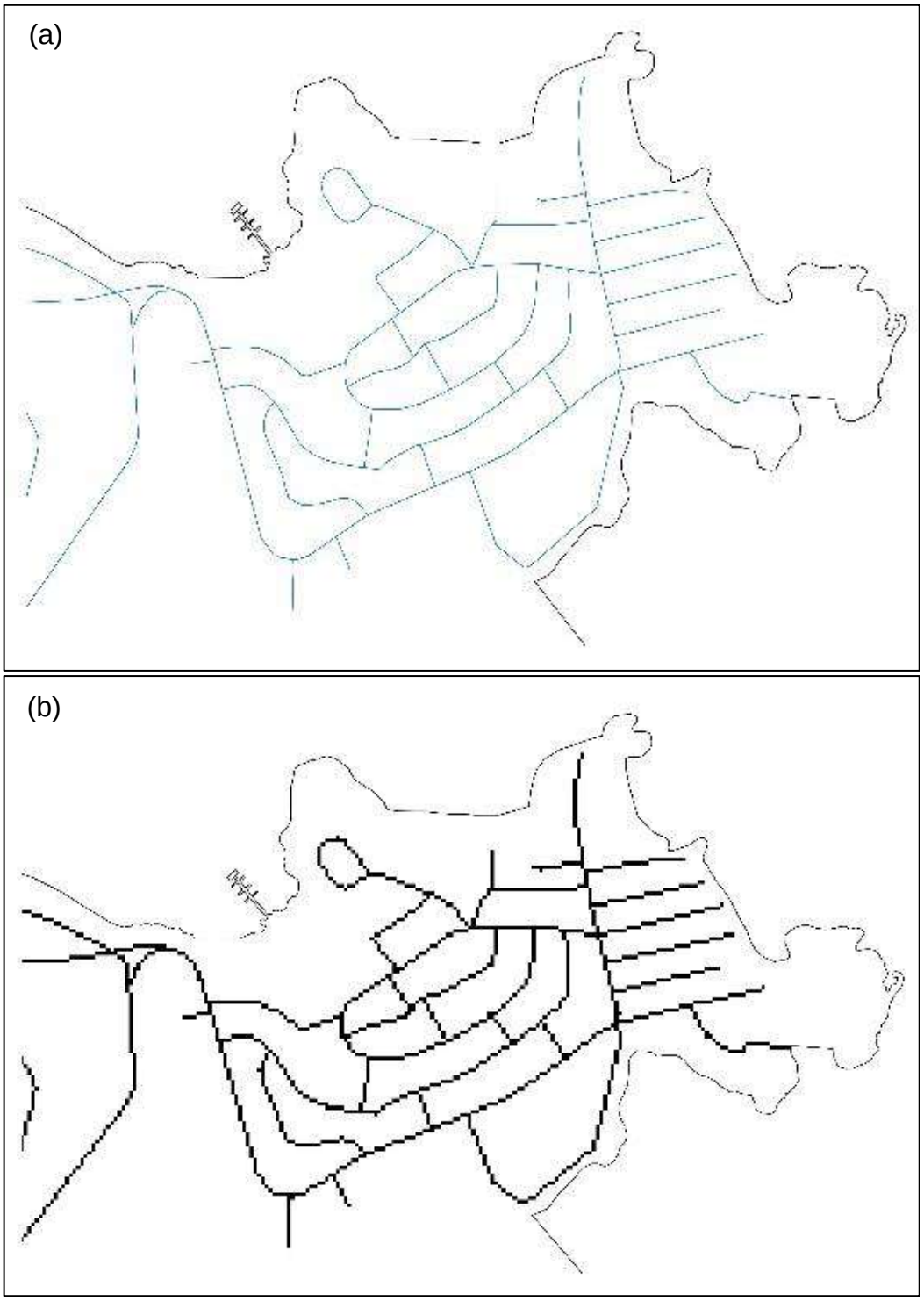
5.1.4 Cálculo dos mapas de distância

Tendo-se a base de dados organizada de acordo com cada um dos critérios (planos de informação), é necessária a criação de mapas de distância, os quais são dados raster, em que cada pixel deste raster tem um valor do tipo real. O valor real representa a distância à feição mais próxima (linha, polígono ou ponto). Foi criado um mapa de distância para cada um dos cinco critérios estudados.

A base metodológica do presente estudo seguirá as proposições apontadas por Almeida (2016), Traficante (2016) e Rezende (2016). Os autores utilizaram o QGIS para a obtenção dos mapas de distância. Neste sentido, serão utilizados dois comandos GRASS do QGIS: “.to.rast.value" e “.grow.distance". Em ambos os casos é necessário indicar a extensão da região GRASS utilizada, ou seja, o arquivo shapefile referente à malha de delimitação, dado em coordenadas. Também é necessário indicar o tamanho da célula da região GRASS, esse tamanho indica a resolução do pixel, no presente estudo foi utilizado 5 m.

O comando "v.to.rast.value" converte uma camada vetorial de entrada (shapefile de cada critério) em uma camada raster, com o valor 1 representando a presença da feição (polígono, linha ou ponto) na célula e 0 para representar o contrário. Um exemplo de dado de entrada e saída nessa etapa é mostrado na Figura 12.

Figura 12 - Comparação entre um dado vetorial (a) e raster (b) de malha viária do bairro Ilha do Boi localizado no município de Vitória/ES.

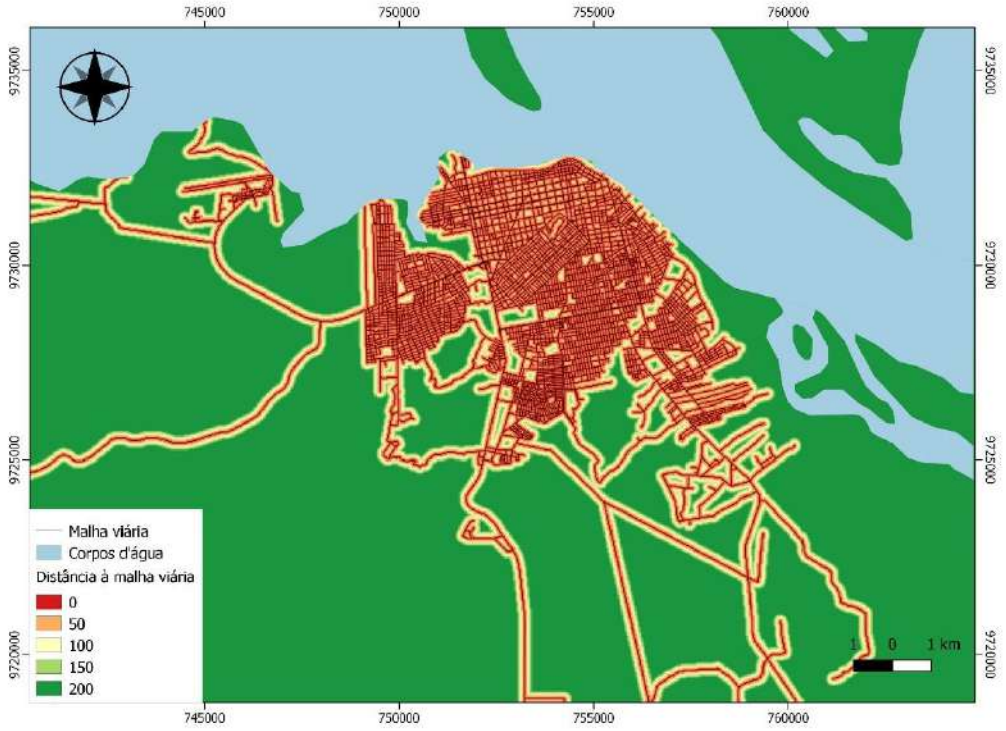


Fonte: Geobases (2016). Nota: Elaborado pela autora.

O comando "r.grow.distance" recebe como entrada (input vector layer) o raster gerado pelo comando GRASS anterior, e obtém os mapas de distância. De acordo com Almeida (2016), a distância para cada pixel é calculada como a distância ao pixel mais

próximo cujo valor é 1 no raster de entrada. Na caixa “metric”, a exemplo de Almeida (2016) será escolhida a opção “euclidean”, que se refere à distância euclidiana[9]. Um exemplo de dado de entrada e saída nessa etapa é mostrado na Figura 13.

Figura 13 - Mapa de distância à malha viária b.



Fonte: Almeida (2016). Nota: Elaborado pela autora.

5.1.5 Mapas de priorização de APPs em função da distância

Para que seja possível a obtenção do mapa final de priorização de APPs para recuperação é necessário relacionar as opiniões dos especialistas (médias expurgadas) aos mapas de distância dos diferentes critérios do estudo. Porém, estes mapas de distância devem estar todos normalizados (neste trabalho serão chamados de mapas de priorização de APPs em função da distância ou mapas *fuzzy*).

[9] De acordo com Neto (2013), a distância euclidiana entre dois pontos do plano é a medida do segmento de reta Formado por eles. Para Gauch (1982), a distância euclidiana é uma das medidas de dissimilaridade entre comunidades mais utilizadas na prática.

A partir de Almeida (2016), entende-se que os mapas *fuzzy* representam em seus pixels valores intermediários (verdades parciais) entre prioritário (1) e não prioritário (0).

5.1.5.1 Polinômios de normalização

A obtenção dos mapas *fuzzy* é realizada por meio do uso de uma função matemática que modela a transição entre os extremos 1 e 0, ou seja, entre prioritário e não prioritário. No presente estudo, a modelagem dessa transição para os critérios "proximidade de malha viária" e "proximidade de área urbana" foi feita considerando um polinômio de primeiro grau do tipo:

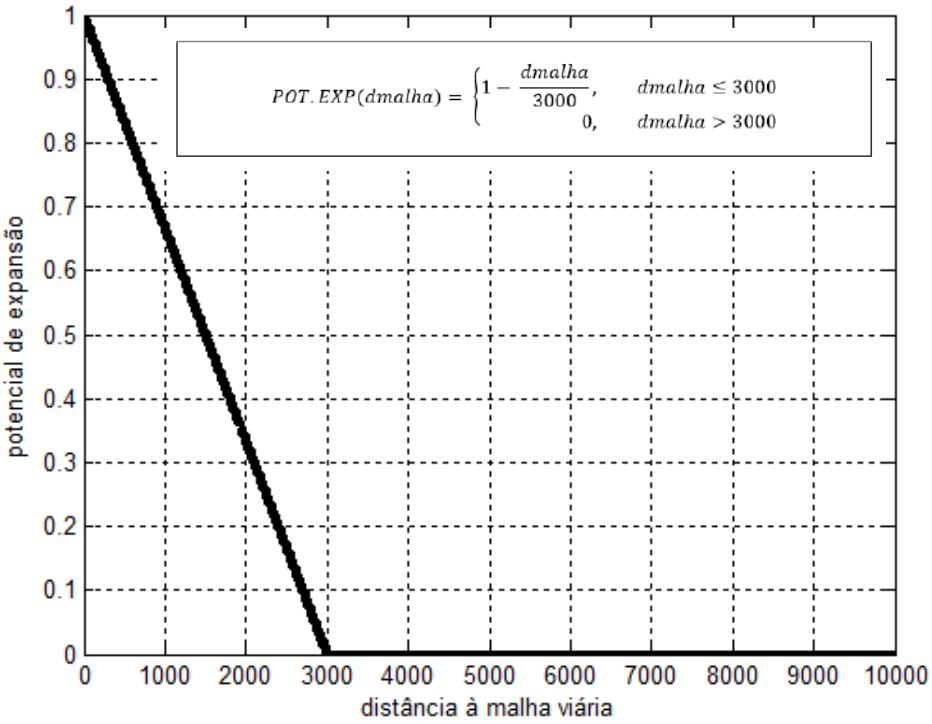
$$Prioridade\ Rec.APP\ (dx) = \begin{cases} 1 - \dfrac{dx}{y}, & dx \leq y \\ 0, & dx > y \end{cases} \quad \text{(Equação 6)}$$

Em que:
Prioridade Rec. APP (dx): prioridade em se recuperar a APP em função da distância ao critério[10];
dx: distância em relação ao critério;
y: distância mínima ou máxima.

A seguir, encontra-se um exemplo de polinômio utilizado por Almeida (2016) para modelar o potencial de expansão urbana em função da distância à malha viária.

[10] Ex.: prioridade em se recuperar APP em função da distância ao núcleo urbano, quanto mais próxima a APP do núcleo urbano, mais degradada ela será.

Figura 14 - Exemplo de polinômio e de gráfico da função fuzzy que modela o potencial de expansão em função da distância à malha viária.



Fonte: Almeida (2016).

No caso dos critérios “proximidade de malha viária” e “proximidade de área urbana”, quanto mais longe da área a ser recuperada, melhor, pois há interferência negativa quando há presença destes fatores.

No caso dos critérios “proximidade de remanescentes de vegetação nativa”, “proximidade de APP de nascente” e “proximidade de APP de curso d’água”, a presença destes fatores é benéfica para a recuperação da área, logo, o polinômio utilizado não pode ser o mesmo, por tratar-se de uma situação diferente da anterior. Para critérios que interferem positivamente com o processo analisado não foram encontradas bibliografias disponíveis que descrevam uma função matemática para a espacialização de prioridades. Neste sentido, em casos de critérios com interferência positiva é proposto o emprego do polinômio:

$$Prioridade\ Rec.APP\ (dx) = \begin{cases} \left(\frac{dx}{y} - 1\right) + 1, & dx \leq y \\ 0, & dx > y \end{cases} \quad \text{(Equação 7)}$$

O valore de distância mínima ou máxima (y) depende da natureza do critério. Valores maiores sugerem que há interferência negativa, enquanto valores menores refletem interferência positiva. Com base em Francisco (2006) e na legislação florestal vigente, optou-se pelos seguintes valores:

Tabela 6 - Valores de distância mínima ou máxima.

CRITÉRIO	y (m)
Proximidade de núcleos urbanos	200
Proximidade de malha viária	200
Proximidade de APP de nascente	50
Proximidade de remanescente de vegetação nativa	50
Proximidade de APP de curso d'água	30

5.1.5.2 Mapas *fuzzy*

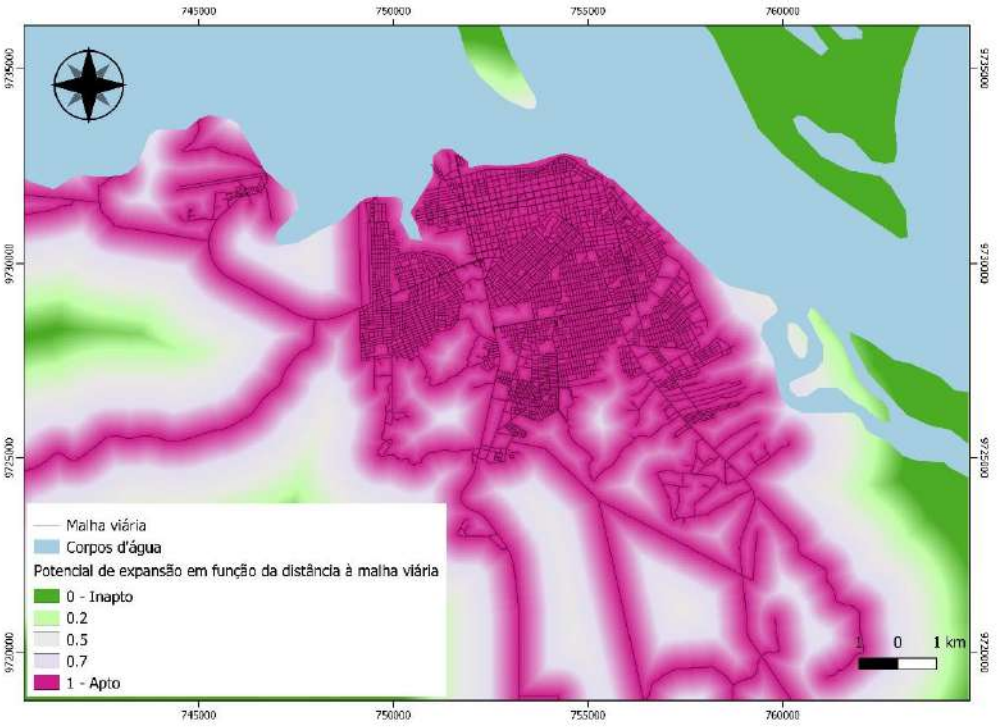
Após definir qual a função a ser utilizada no processo de normalização, os mapas *fuzzy* foram obtidos com o uso da calculadora raster do QGIS. Estes mapas são utilizados na etapa posterior e são arquivos do tipo raster. O cálculo para o mapa de critérios com interferência negativa segue o modelo de expressão inserida na calculadora raster do tipo:

(distancia_criterio_n@1" <= y) * (1 - "distancia_criterio_n@1"/y).

Já para os critérios com interferência positiva a expressão é do tipo: ((distancia_criterio_n@1" <= y) * (("distancia_criterio_n@1"/y) - 1) + 1).

Um exemplo de mapa *fuzzy* com interferência negativa é apresentado a seguir.

Figura 15 – Exemplo de Mapa fuzzy de potencial de expansão em função da distância à malha viária. Os valores variam de apto (1), representado pela cor rosada, até inapta (0), representado pela cor verde. Fonte



Fonte: Almeida (2016). Nota: Elaborado pela autora.

5.1.6 Mapa de priorização de APPs para recuperação

O mapa de priorização é obtido a partir da aplicação do método AHP aliado à lógica *fuzzy*, através de um plugin do QGIS chamado Easy AHP. Os dados de entrada (input) são os arquivos raster de distância normalizados, produzidos a partir dos planos de informação e da aplicação de polinômios pela calculadora raster. O dado de saída do plugin (output) é um arquivo raster que representa o resultado final da sobreposição de todos os mapas *fuzzy* e dos valores de média expurgada representados na escala fundamental de Saaty.

Esta etapa do estudo foi realizada com base no trabalho desenvolvido por Almeida (2016). O primeiro passo é executar o plugin e inserir os valores de peso (médias expurgadas da matriz de comparações pareadas). Em seguida é necessário calcular os indicadores AHP, neste caso o algoritmo do QGIS realiza os cálculos automaticamente.

Os indicadores AHP calculados o índice de consistência (CI), o máximo autovalor (λ_{max}), e a razão de consistência (RC), as quais são medidas que auxiliam na definição dos critérios de comparação pareada.

O índice de consistência – IC proposto por Saaty (1977) e replicado por diversos autores, dentre eles Martins (2015) e Traficante (2016), é obtido a partir da equação:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad \text{(Equação 8)}$$

Onde:
λ_{max}: autovalor máximo (elemento com valor maior na matriz);
n: número de fatores (critérios)

Para Almeida (2016) o valor de índice de consistência mede a coerência dos julgamentos, sendo que quanto mais próximo o índice estiver de zero, maior será a consistência global da matriz de comparação.

De acordo com Saaty (1990), o valor de λ_{max} deve ser maior ou igual a *n* para uma matriz recíproca e positiva. O valor do autovalor máximo é dado pela equação 9, e de acordo com Martins (2015), trata-se de um valor médio de consistência.

$$\lambda \max = \frac{1}{n}\left(\frac{B'_1}{B_1} + \frac{B'_2}{B_2} + \cdots + \frac{B'_n}{w_n}\right) \quad \text{(Equação 9)}$$

Os valores de B'_i (equação 10) são resultado da multiplicação entre a matriz *S* de comparações pareadas pelo vetor de pesos *B.*

$$B'_i = S.B \quad \text{(Equação 10)}$$

A razão de consistência é dada pela equação 11, e relaciona o valor do índice de consistência com o índice de aleatoriedade.

$$RC = \frac{CI}{IR} \quad \text{(Equação 11)}$$

O índice de aleatoriedade/randômico (IR) é obtido através da Tabela 7.

Tabela 7 - Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

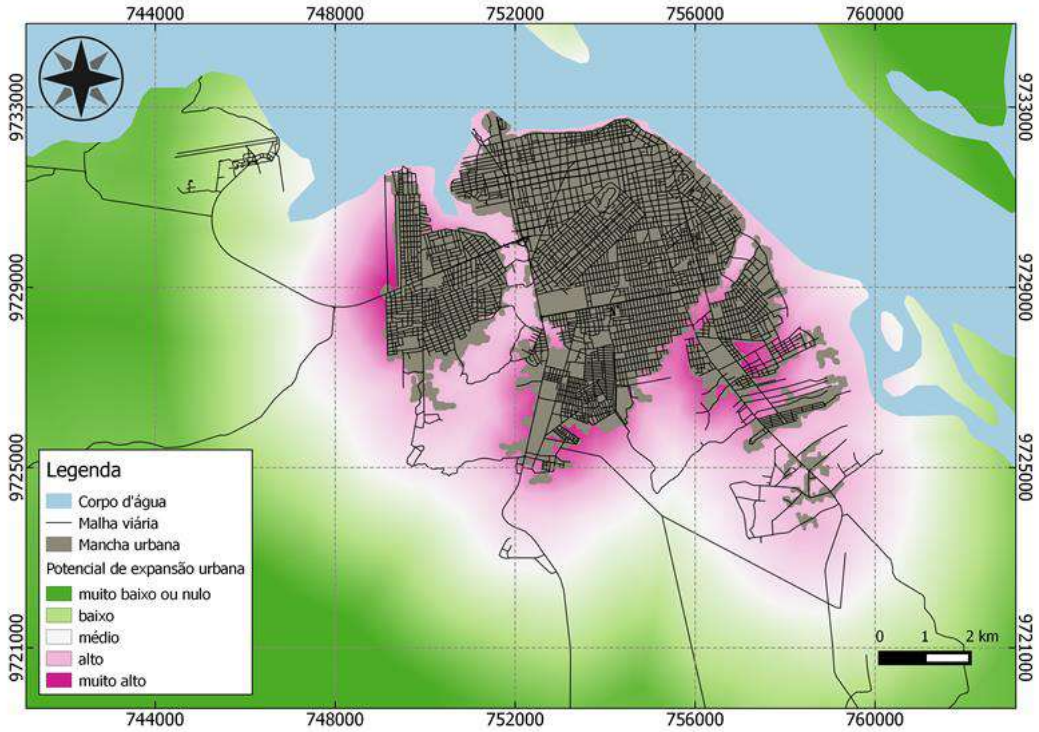
Fonte: Saaty (1997), Martins (2015) e Rezende (2016).

De acordo com Martins (2015), a relação de consistência (RC) deve seguir a lógica:
RC < 0,10 – Consistente
RC ≥ 0,10 - Inconsistente

Nos casos de inconsistência, deve-se reconsiderar e revisar os valores originais da matriz de comparação (MARTINS, 2009).

Após a avaliação dos indicadores, é possível seguir para a última etapa do procedimento no plugin para a obtenção dos pesos de cada mapa *fuzzy* e do cálculo do mapa *fuzzy* final de priorização, que inclui todos os critérios. Nesta fase, é importante informar o local de saída do arquivo raster a ser gerado, e observa-se que são calculados os pesos dos mapas de entrada. Um exemplo de mapa *fuzzy* é mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Exemplo de mapa fuzzy de expansão urbana, em que foram levados em consideração a distância à mancha urbana, de distância à malha viária, e de distância aos empreendimentos.



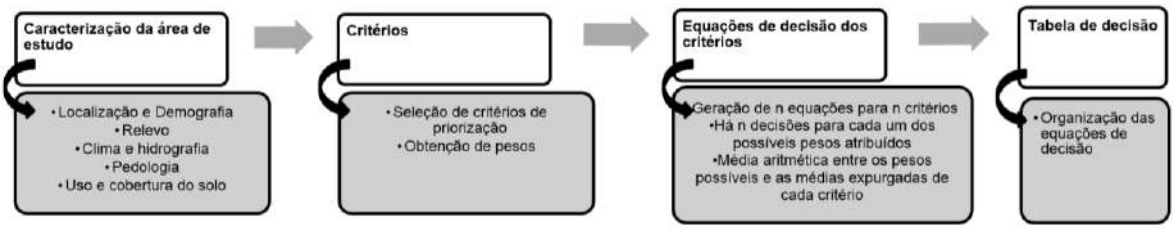
Fonte: Almeida (2016).

5.2 OBJETIVO 2: IDENTIFICAR E ORGANIZAR POR MEIO DE MODELAGEM ESTATÍSTICA AS DECISÕES DE ESPECIALISTAS EM RELAÇÃO ÀS PRIORIZAÇÕES DE APPS PARA RECUPERAÇÃO, NA BHSMV

A modelagem de opiniões dos especialistas na escolha de critérios de priorização de APPs para recuperação é algo inexistente na bibliografia consultada. Os estudos da área são escassos e focam na espacialização dos dados em ambiente SIG. No presente estudo decidiu-se investigar os resultados dos pesos (notas atribuídas por cada especialista a respeito de cada critério avaliado) através de um procedimento matemático, gerando-se “equações de decisão de critérios”. Tendo-se essas equações, propõe-se uma organização de forma a sintetizar o panorama geral das opiniões dos especialistas, e esta seria uma ferramenta adicional de gestão, para apoio à decisão a qual chamou-se de “tabela de decisão”.

A Figura 17 mostra as etapas necessárias para que seja possível a obtenção da tabela de decisão, a qual é o resultado principal do segundo objetivo específico deste trabalho.

Figura 17 - Etapas do objetivo 2.



Fonte: elaboração da autora.

As etapas de caracterização da área de estudo e de critérios são necessárias em ambos os objetivos específicos deste trabalho, porém, no caso do segundo objetivo são necessários apenas os valores de médias expurgadas obtidas após a aplicação dos questionários, sem a necessidade de se utilizar a matriz de comparações pareadas. Isso ocorre pois não se pretende geoespacializar as informações de priorização, mas sim realizar a modelagem matemática das opiniões dos especialistas. Dessa forma, as novas etapas para o objetivo 2 deste trabalho são descritos a seguir.

5.2.1 Modelagem de opiniões: equações de decisão e tabela de decisão

Ao se coletar as opiniões de especialistas a respeito dos *n* critérios a serem levados em consideração em uma eventual recuperação de APPs na BHSMV, é possível modelar essas opiniões com o intuito de se verificar um padrão de escolhas, ou seja, desenvolver equações que representem as decisões para cada critério.

Para isso, foi calculada a média aritmética entre os pesos possíveis (que correspondem às notas dos especialistas: 0, 1, 2 e 3) e as médias expurgadas de cada critério, considerando-se a distribuição de um desvio padrão (1 σ). O valor desta

média aritmética representa o que foi chamado de “decisão” para cada critério, dessa forma, se há *n* critérios, haverá *n* decisões, uma para cada possível peso.

Tendo-se os valores de decisão para cada peso admissível, encontra-se uma equação para cada critério, em que x representa os valores possíveis de notas dos especialistas e y representa a decisão, para isso, foi utilizado o Microsoft Excel, sendo observado o melhor modelo que descreve a tendência dos dados coletados.

A medida de ajustamento utilizada foi o coeficiente de determinação (R^2), considerando-se que quanto mais próximo de um, menor a discrepância entre as observações.

A etapa final é a construção da Tabela de Decisão, a qual organiza as equações relativas aos critérios avaliados. O modelo de organização da tabela é mostrado no Quadro 6.

Quadro 6 - Modelo de tabela de decisão.

CRITÉRIO		EQUAÇÕES
1	Critério A	Equação 1
2	Critério B	Equação 2
n	Critério C	Equação 3

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De forma análoga à abordagem adotada na etapa de metodologia, este tópico foi dividido de acordo com os objetivos específicos deste trabalho, o intuito é facilitar a discussão e a demonstração dos resultados.

6.1 OBJETIVO 1: IDENTIFICAR AS APPPS DA BHSMV, QUE SÃO PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO, COM O AUXILIO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO ALIADA ÀS GEOTECNOLOGIAS, COM FOCO EM SIG, UTILIZANDO-SE SOFTWARE LIVRE

6.1.1 Pesos e Matriz *payoff*

Após realizada a caracterização da área de estudo, mostrada na abordagem metodológica, o presente tópico traz resultados referentes à etapa de critérios.

Como descrito anteriormente, a classificação de prioridades em relação aos critérios previamente selecionados para a recuperação de APPs na BHSMV foi baseada em "notas" atribuídas por colaboradores que participaram de uma pesquisa de opinião. Porém, estes valores numéricos precisam ser organizados e tratados estatisticamente. Para isso, adotou-se a organização do tipo matriz *payoff*, típica de análises multicriteriais. Após a organização dos dados, deu-se a análise estatística.

Durante a coleta de dados sobre a opinião dos especialistas, dos 105 questionários enviados eletronicamente 23 foram respondidos, o que corresponde a 22%. Muitos dos questionários não foram respondidos pois alguns dos e-mails retornaram com erro, e como a coleta de grande parte de endereços eletrônicos se deu por uma busca à bibliografia sobre o assunto, não foi possível contatar os especialistas por outro meio de comunicação. Os resultados dos questionários foram tratados estatisticamente para 1 σ (68,3%) e para 2 σ (95%) conforme mostrado na Tabela 8.

Em relação às médias expurgadas encontradas (Tabela 8), observa-se que ao considerar a distribuição do 2 σ (teste) foi possível identificar as diferenças existentes

entre critérios que apresentam valores iguais no tratamento com 1 σ. Em relação aos desvios padrões, há uma ligeira diferença entre o cenário dos valores adotados e o do teste.

Tabela 8 - Matriz payoff: Pesos dados pelos especialistas de 0 a 3 para cada critério e sua moda, média, desvio padrão e média expurgada.

ESPECIALISTAS	CRITÉRIOS										
	1 - Proximidade de remanescente	2 - Proximidade de núcleos urbanos	3 - Proximidade de malha viária	4 - APP de nascente	5 - APP de curso d'água	6 - APP topo de morro	7 - Vulnerabilidade a erosão	8 - Capacidade de sustentabilidad	9 - Uso da terra	10 - Ordem dos canais de drenagem	11 - Autuações dos órgãos ambientais
1	3	2	2	3	3	3	2	3	2	2	2
2	2	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2
3	1	3	3	3	2	2	2	2	3	2	2
4	2	1	1	3	3	3	3	2	1	2	1
5	2	2	0	3	3	3	3	2	2	0	0
6	2	1	2	3	2	2	3	1	2	1	2
7	3	2	2	1	2	1	3	3	3	1	1
8	1	1	1	1	2	3	3	2	3	1	2
9	2	1	2	3	3	3	2	3	0	1	1
10	2	3	2	3	3	3	3	1	1	0	0
11	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	1
12	3	1	1	3	3	3	2	3	2	2	3
13	3	1	1	3	3	3	1	1	2	1	3
14	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3
15	3	2	2	3	3	3	3	2	2	1	1
16	3	3	1	3	3	2	3	1	2	3	2
17	2	1	1	2	2	1	3	1	1	2	1
18	3	2	1	3	2	3	2	1	0	2	2
19	3	1	1	3	3	2	2	2	2	2	3
20	3	1	0	3	3	3	1	2	2	2	1
21	1	2	1	3	2	3	3	3	3	2	0
22	2	1	1	3	3	2	3	3	1	3	0
23	3	1	1	3	3	2	2	2	2	2	3
MODA	**3**	**1**	**1**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**	**2**	**2**	**2**
MÉDIA SIMPLES	**2,35**	**1,61**	**1,43**	**2,78**	**2,70**	**2,52**	**2,48**	**2,09**	**1,87**	**1,70**	**1,57**
DESVIO PADRÃO (1 σ)	**0,71**	**0,78**	**0,84**	**0,60**	**0,47**	**0,67**	**0,67**	**0,79**	**0,92**	**0,82**	**1,04**
DESVIO PADRÃO (2 σ)	**1,43**	**1,57**	**1,69**	**1,20**	**0,94**	**1,33**	**1,33**	**1,59**	**1,84**	**1,64**	**2,07**
MÉDIA EXPURGADA (1 σ)	**2,55**	**1,32**	**1,40**	**3,00**	**3,00**	**2,67**	**2,61**	**2,00**	**1,69**	**1,67**	**1,50**
MÉDIA EXPURGADA (2 σ)	**2,35**	**1,61**	**1,43**	**2,95**	**2,70**	**2,67**	**2,62**	**2,09**	**2,05**	**1,86**	**1,57**

A ordem crescente de colocação dos critérios é mostrada na Tabela 9, e o comportamento das médias expurgadas em relação aos critérios selecionados é mostrado na Figura 18 - Comportamento das médias expurgadas em relação aos critérios selecionados.

Tabela 9 - Colocação dos critérios em relação aos pesos atribuídos pelos 23 especialistas.

COLOCAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO DE CRITÉRIOS			
	CRITÉRIO	MÉDIA EXPURGADA (1 σ)	CRITÉRIO	MÉDIA EXPURGADA (2 σ)
1º	4	3,00	4	2,95
2º	5	3,00	5	2,70
3º	6	2,67	6	2,67
4º	7	2,61	7	2,62
5º	1	2,55	1	2,35
6º	8	2,00	8	2,09
7º	9	1,69	9	2,05
8º	10	1,67	10	1,86
9º	11	1,50	2	1,61
10º	3	1,40	11	1,57
11º	2	1,32	3	1,43

1 Proximidade de remanescente de vegetação nativa
2 Proximidade de núcleos urbanos
3 Proximidade de malha viária
4 Proximidade de APP de nascente
5 Proximidade de APP de curso d'água
6 Proximidade de APP topo de morro
7 Vulnerabilidade a erosão
8 Capacidade de sustentabilidade do solo
9 Uso da terra
10 Ordem dos canais de drenagem
11 Autuações dos órgãos ambientais

Figura 18 - Comportamento das médias expurgadas em relação aos critérios selecionados.

De acordo com a Tabela 9, os critérios que apresentaram os maiores valores de média expurgada foram “APP de nascente” (critério nº 4) e “APP curso d’água” (critério nº 5), ambos iguais a 3. Estes critérios também são os que apresentaram os menores desvios padrões, 0,60 e 0,47, respectivamente. Observa-se que ao considerar os valores de teste (distribuição de 2 σ.), o critério nº 4 (desvio padrão: 1,20) foi avaliado como mais importante que o critério nº 5 (desvio padrão: 0,94). Em seguida, o critério com o terceiro maior valor de média expurgada foi o de “APP de topo de moro” (critério nº 6), apresentando um valor de importância igual a 2,67, com desvio padrão igual a 0,67.

No trabalho desenvolvido por Francisco (2006), o critério “Categoria de APP” correspondente aos critérios 4, 5, e 6, foi o que apresentou a maior divergência entre as opiniões dos especialistas, dessa forma, observa-se que o desmembramento dos tipos de APP fez a diferença na escolha de prioridades para a BHSMV. Porém, como o critério de APP de topo de moro não foi especializado para esta bacia estes três critérios de APPs devem ser melhor estudados de forma isolada, como proposto neste estudo.

O quarto critério com o maior valor de média expurgada foi o de “Vulnerabilidade a erosão” (nº 7), enquanto o quinto colocado foi o de “Proximidade de remanescente de vegetação nativa” (nº 1), no estudo de Francisco (2006) estes critérios foram os de segunda e primeira melhores colocações, respectivamente. Os dois critérios que apresentaram as menores notas foram “Proximidade de núcleos urbanos” (nº 2) e “Proximidade de malha viária” (nº 3) quando considerada a distribuição normal de 68,3%. Francisco (2006) também identificou essa situação para os critérios 2 e 3 ao utilizar o mesmo tratamento estatístico, e como justificativa apontou que talvez não tenham sido considerados tão importantes pelos especialistas por eles considerarem que independentemente da situação de uma APP e da situação de risco em que ela se encontra, a mesma deve ser recuperada. Francisco (2006) aponta essa mesma justificativa para o critério “Ordem dos canais de drenagem” (nº 10) que no estudo do autor apresentou um desempenho equivalente aos critérios 2 e 3. Neste trabalho o critério 10 foi o 8º (oitavo) colocado, o que faz sentido, visto que foi inserido um novo critério chamado “Autuações de órgãos ambientais” (critério 11), que neste caso

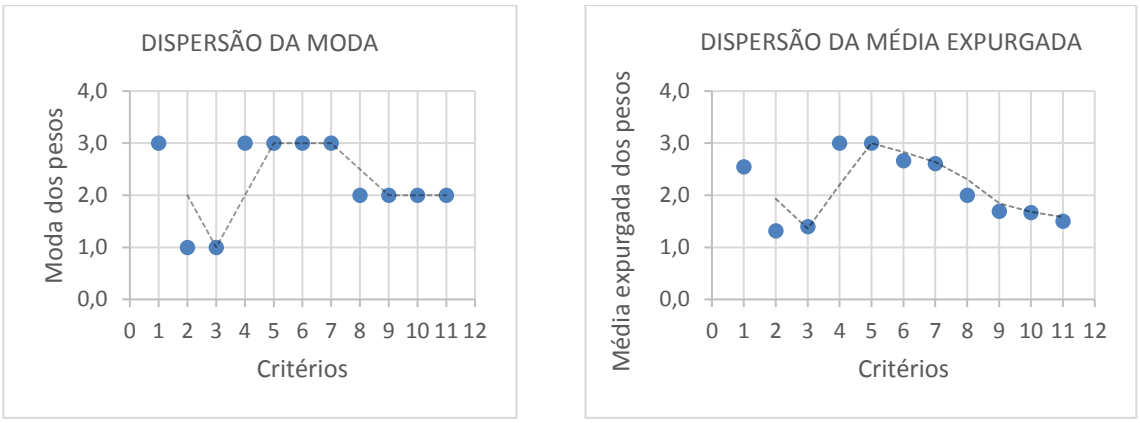
ocupou uma das três últimas colocações. Caso não houvesse o critério 11, o critério 10 teria um dos três menores valores de média expurgada.

De acordo com as sugestões e comentários enviados pelos especialistas, o critério nº 11 que representa o número de Autuações de órgãos ambientais na área, apesar de ser importante e não aparecer em última colocação em nenhuma das situações probabilísticas testadas, é um critério com características diferentes dos demais. O que se entende é que este é um critério com foco em fiscalização, ou seja, é uma variável que se relaciona à ação de polícia administrativa dos órgãos e que precisa ser melhor estudada.

Como no trabalho de Francisco (2006), as medidas de tendência central moda e média expurgada para 1 σ (Figura 19) não diferiram muito entre si. Porém, considerando-se 1 σ, a média expurgada não tendeu de forma uniforme a elevar os valores da média para cima, diferentemente dos resultados apresentados por Francisco (2006). Como houve essa parca diferença entre os cenários de resultados, avaliou-se um teste com os valores considerando-se 2 σ, os valores de média expurgada neste caso tenderam a elevar os pesos da média para cima.

No tratamento dos dados, observou-se que ao considerar 68,3 % (1 σ), há exclusão de muitos valores de notas atribuídas por especialistas, o que pode mascarar os resultados, ocultando uma decisão mais acertada que um grupo menor ou uma pessoa teve em relação ao critério. Portanto, o mais adequado seria a utilização de 95 % (2 σ). Entretanto, a título de comparação com o trabalho de Francisco (2006), o qual foi base para a escolha dos critérios deste estudo, os valores de média expurgada adotados para a espacialização em SIG serão os calculados a partir da distribuição normal de 68,3 %.

Figura 19 - Dispersão das medidas de tendência central para 1 σ, moda (a) e média expurgada (b) dos pesos obtidos através da aplicação dos questionários.



(a) (b)

6.1.2 Matriz de comparações pareadas

Francisco (2006), em seu trabalho, estabeleceu prioridades para recuperação de áreas de preservação permanente em uma bacia hidrográfica no estado de São Paulo, o autor utilizou a análise multicritério e o ambiente SIG para a espacialização da opinião de especialistas e de dados físicos e geográficos. Porém, o autor utilizou um modelo matemático diferente do APH para a análise da opinião dos especialistas, e utilizou também um software de SIG diferente do QGIS para a espacialização dos dados de priorização. Dessa forma, a comparação entre os resultados deste trabalho e os do autor seria possível uma vez condicionados os valores de notas à mesma escala inicial de aplicação dos questionários usados no trabalho de referência, ou seja, foi necessária a transformação dos valores da escala de aplicação dos questionários (0, 1, 2 e 3) para a escala de análise (1 a 9).

Tendo-se como premissa a proporção numérica, a obtenção da matriz de comparações pareadas tornou possível a etapa de espacialização em SIG, isso elevou a complexidade para a execução da etapa da espacialização. São apresentados a seguir os resultados de cada etapa.

- Cálculo das médias expurgadas (matriz de *payoff)*;

Os valores de média expurgada encontrados para 1 σ e que foram adotados para o procedimento de espacialização em SIG são mostrados na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores de média expurgada.

CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO	MÉDIA EXPURGADA (1 σ)
01 - Proximidade de remanescente de vegetação nativa	2,6
02 - Proximidade de núcleos urbanos	1,3
03 - Proximidade de malha viária	1,4
04 - APP de nascente	3,0
05 - APP de curso d'água	3,0
06 - APP topo de morro	2,7
07 - Vulnerabilidade a erosão	2,6
08 - Capacidade de sustentabilidade do solo	2,0
09 - Uso da terra	1,7
10 - Ordem dos canais de drenagem	1,7
11 - Autuações dos órgãos ambientais	1,5

- Matriz das diferenças entre médias expurgadas;
  A matriz *B* (Figura 20) tem ordem *11x1*, e contém os valores de médias expurgadas calculados para cada um dos 11 critérios adotados.

Figura 20 - Matriz B.

$$B = \begin{vmatrix} 2.55 \\ 1.32 \\ 1.40 \\ 3.00 \\ 3.00 \\ 2.67 \\ 2.61 \\ 2.00 \\ 1.69 \\ 1.67 \\ 1.50 \end{vmatrix}$$

A matriz *A* (Figura 21) de ordem 11 x 11 resultante é mostrada abaixo:

Figura 21 - Matriz A.

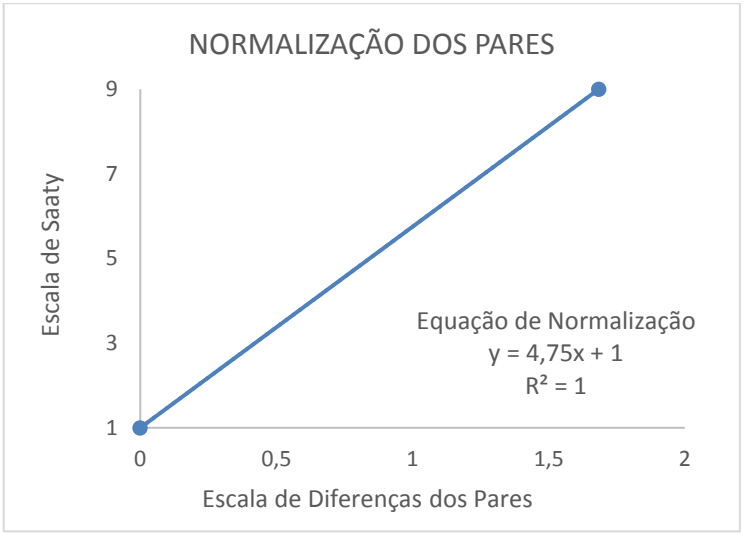
A =

CRITÉRIOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	-1.23	-1.15	0.45	0.45	0.12	0.06	-0.55	-0.86	-0.88	-1.05
2	1.23	0.00	0.08	1.68	1.68	1.35	1.30	0.68	0.38	0.35	0.18
3	1.15	-0.08	0.00	1.60	1.60	1.27	1.21	0.60	0.29	0.27	0.10
4	-0.45	-1.68	-1.60	0.00	0.00	-0.33	-0.39	-1.00	-1.31	-1.33	-1.50
5	-0.45	-1.68	-1.60	0.00	0.00	-0.33	-0.39	-1.00	-1.31	-1.33	-1.50
6	-0.12	-1.35	-1.27	0.33	0.33	0.00	-0.06	-0.67	-0.97	-1.00	-1.17
7	-0.06	-1.30	-1.21	0.39	0.39	0.06	0.00	-0.61	-0.92	-0.94	-1.11
8	0.55	-0.68	-0.60	1.00	1.00	0.67	0.61	0.00	-0.31	-0.33	-0.50
9	0.86	-0.38	-0.29	1.31	1.31	0.97	0.92	0.31	0.00	-0.03	-0.19
10	0.88	-0.35	-0.27	1.33	1.33	1.00	0.94	0.33	0.03	0.00	-0.17
11	1.05	-0.18	-0.10	1.50	1.50	1.17	1.11	0.50	0.19	0.17	0.00

- Aplicação da equação de normalização;

Executando-se os procedimentos metodológicos, o limite das diferenças ficou entre 0 e 1,68, e considerando-se a faixa de valores da escala de Saaty entre 1 e 9, o gráfico e a equação de normatização dos pares é mostrado a seguir:

Figura 22 - Gráfico e equação de normatização dos pares.



- Matriz de normalização dos pares

  Aplicando-se a equação de normalização, a matriz *A'* (Figura 23) é:

Figura 23 - Matriz A'.

A'=

CRITÉRIOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1.00	-4.86	-4.46	3.14	3.14	1.55	1.29	-1.61	-3.07	-3.20	-3.99
2	6.86	1.00	1.40	9.00	9.00	7.42	7.15	4.25	2.79	2.67	1.88
3	6.46	0.60	1.00	8.60	8.60	7.02	6.75	3.85	2.39	2.27	1.48
4	-1.14	-7.00	-6.60	1.00	1.00	-0.58	-0.85	-3.75	-5.21	-5.33	-6.13
5	-1.14	-7.00	-6.60	1.00	1.00	-0.58	-0.85	-3.75	-5.21	-5.33	-6.13
6	0.45	-5.42	-5.02	2.58	2.58	1.00	0.74	-2.17	-3.63	-3.75	-4.54
7	0.71	-5.15	-4.75	2.85	2.85	1.26	1.00	-1.90	-3.36	-3.49	-4.28
8	3.61	-2.25	-1.85	5.75	5.75	4.17	3.90	1.00	-0.46	-0.58	-1.38
9	5.07	-0.79	-0.39	7.21	7.21	5.63	5.36	2.46	1.00	0.88	0.09
10	5.20	-0.67	-0.27	7.33	7.33	5.75	5.49	2.58	1.12	1.00	0.21
11	5.99	0.13	0.53	8.13	8.13	6.54	6.28	3.38	1.91	1.79	1.00

- Matriz de comparações pareadas de Saaty.
  A matriz S resultante é mostrada na Figura 24:

Figura 24 - Matriz de Comparações pareadas – S.

S =

CRITÉRIOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1.00	NULL	NULL	3.00	3.00	1.00	1.00	NULL	NULL	NULL	NULL
2	7.00	1.00	1.00	9.00	9.00	7.00	7.00	5.00	3.00	3.00	1.00
3	7.00	NULL	1.00	9.00	9.00	7.00	7.00	3.00	3.00	3.00	1.00
4	NULL	NULL	NULL	1.00	1.00	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
5	NULL	NULL	NULL	1.00	1.00	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
6	NULL	NULL	NULL	3.00	3.00	1.00	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
7	NULL	NULL	NULL	3.00	3.00	1.00	1.00	NULL	NULL	NULL	NULL
8	3.00	NULL	NULL	5.00	5.00	5.00	3.00	1.00	NULL	NULL	NULL
9	5.00	NULL	NULL	7.00	7.00	5.00	5.00	3.00	1.00	NULL	NULL
10	5.00	NULL	NULL	7.00	7.00	5.00	5.00	3.00	1.00	1.00	NULL
11	5.00	NULL	NULL	9.00	9.00	7.00	7.00	3.00	1.00	1.00	1.00

Os elementos “NULL” correspondem aos valores inferiores a 1, e são os elementos recíprocos. Apenas os valores referentes aos critérios para serem espacializados foram considerados, dessa forma, cada valor foi inserido no plugin Easy AHP formando uma matriz reduzida. Reorganizando a matriz S para os moldes do método AHP, temos:

Figura 25 - Matriz de comparações pareadas utilizada na espacialização (destaque em laranja).

CRITÉRIOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1/7	1/7	3	3	1	1	1/3	1/5	1/5	1/5
2	7	1	1	9	9	7	7	5	3	3	3
3	7	1	1	9	9	7	7	3	3	3	1
4	1/3	1/9	1/9	1	1	1/3	1/3	1/5	1/7	1/7	1/9
5	1/3	1/9	1/9	1	1	1/3	1/3	1/5	1/7	1/7	1/9
6	1	1/7	1/7	3	3	1	1	1/5	1/5	1/5	1/7
7	1	1/7	1/7	3	3	1	1	1/3	1/5	1/5	1/7
8	3	1/5	1/3	5	5	5	3	1	1/3	1/3	1/3
9	5	1/3	1/3	7	7	5	5	3	1	1	1
10	5	1/3	1/3	7	7	5	5	3	1	1	1
11	5	1/3	1	9	9	7	7	3	1	1	1

A matriz S é uma matriz diagonal e simétrica com valores iguais a 1 em elementos com *m* = *n*. De acordo com a escala fundamental de Saaty valores unitários associam-se a situações em que os dois critérios analisados contribuem de forma idêntica para o objetivo pretendido. Este resultado era algo esperado, visto que um critério quando comparado a ele mesmo terá o mesmo grau de importância. Alguns critérios diferentes também apresentaram valores iguais a 1, ou seja, tem importâncias iguais de acordo com a opinião dos especialistas, como é o caso de Proximidade de núcleos urbanos (critério nº 2) comparado a Proximidade de malha viária (critério nº 3) e no caso Proximidade de APP de nascente (critério nº 4) comparado a Proximidade de APP de curso d'água (critério nº 5).

A análise dos pares mostra que há um critério um pouco mais importante que o outro quando se compara Proximidade de remanescente de vegetação nativa (critério nº 1) com Proximidade de APP de nascente (critério nº 4) ou com Proximidade de APP de curso d'água (critério nº 5).

Os resultados indicam que há um critério absolutamente predominante nos casos de análise entre a Proximidade de remanescente de vegetação nativa (critério nº 1) e Proximidade de núcleos urbanos (critério nº 2). O mesmo caso acontece na

comparação entre os critérios de Proximidade de remanescentes de vegetação nativa (critério nº 1) e Proximidade de malha viária (critério nº 3).

Sem qualquer dúvida um dos critérios é absolutamente predominante na comparação entre Proximidade de núcleos urbanos (critério nº 2) e Proximidade de APP de curso d'água (critério nº 5). Da mesma forma, quando se avalia Proximidade de núcleos urbanos (critério nº 2) e Proximidade de APP de curso nascente (critério nº 4) há um dos critérios extremamente mais importante que o outro. Isso também vale para a comparação entre os critérios de Proximidade de malha viária (critério nº 3) e Proximidade de APP de curso d'água (critério nº 5) e entre os critérios de Proximidade de malha viária (critério nº 3) e Proximidade de APP de curso nascente (critério nº 4)

6.1.3 Mapas de priorização em função da distância (mapas *fuzzy*)

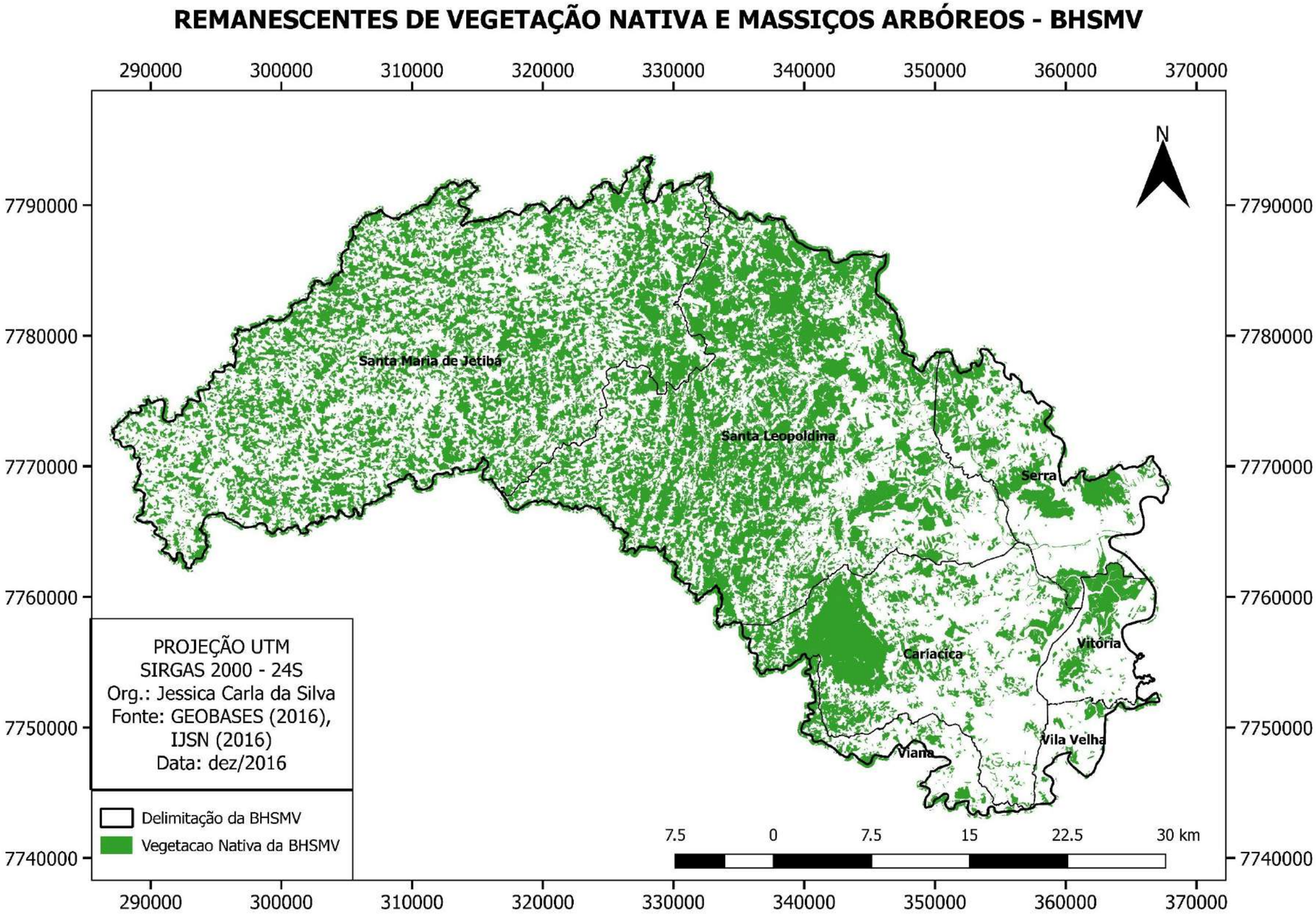
A partir dos planos de informação foram gerados os mapas de distância à remanescente de vegetação nativa, distância a núcleos urbanos, distância à malha viária, distância à APP de nascente e distância à APP de curso d'água. A geração destes mapas se dá a partir da aplicação de polinômios, e a escolha do tipo de polinômio depende do tipo de critério analisado. A representação padrão escolhida variou de 0 (inapto) à 1 (apto), em 5 classes.

6.1.3.1 Remanescente de vegetação nativa

No caso do critério de proximidade à remanescentes de vegetação nativa, além da vegetação natural e maciços arbóreos foram consideradas no plano de informação as feições de floresta, de restinga, de mangue, de campo rupestre, e de mata em estado inicial de regeneração (Figura 26).

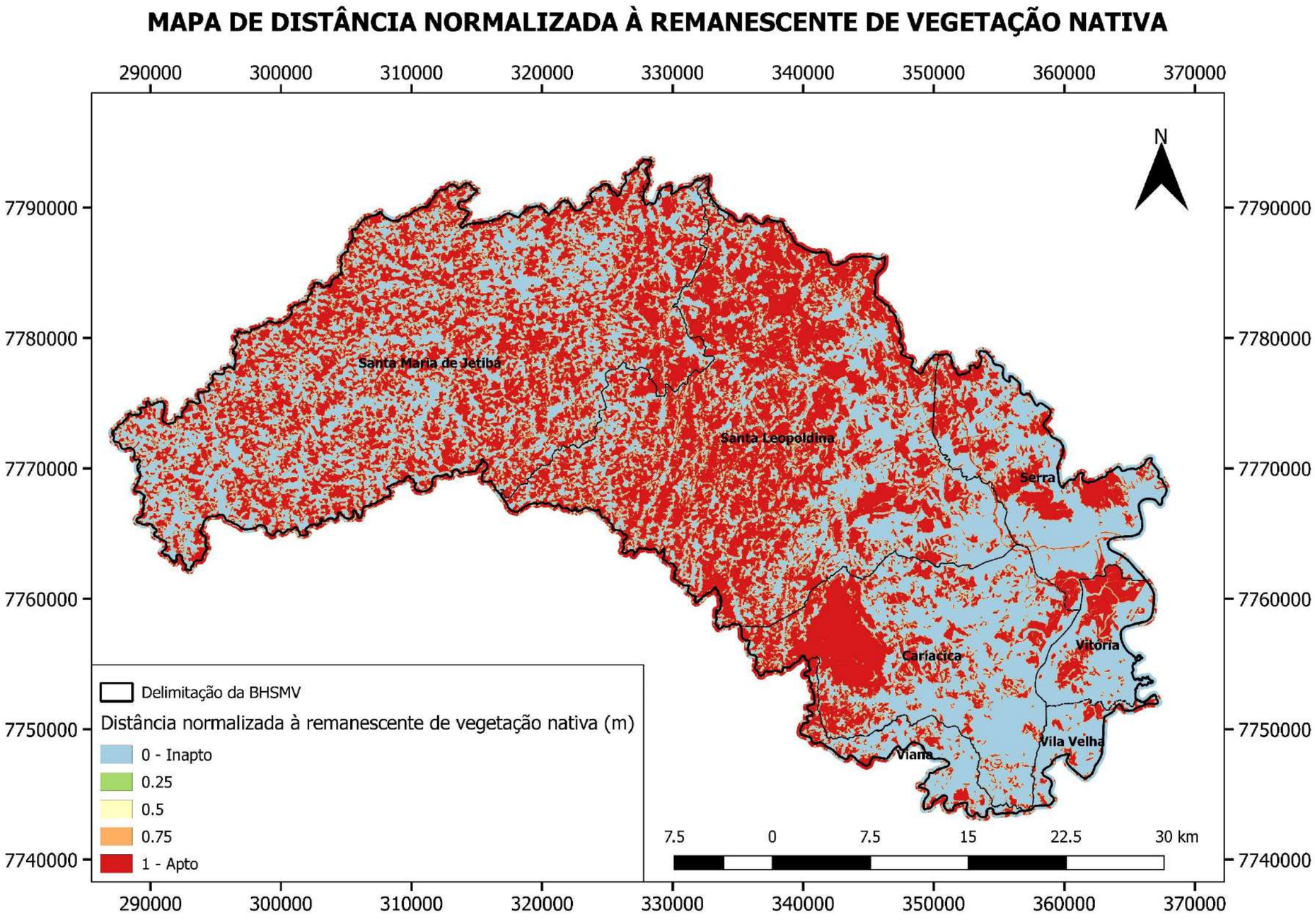
Para o processo de normalização, foi utilizado um valor de distância y (equação 6) de 50 m, como proposto por Francisco (2006). Os resultados do mapa *fuzzy* de priorização de APPs para recuperação em função da distância à remanescente de vegetação nativa são mostrados na Figura 27 (mapa de distância normalizada).

Figura 26– Plano de informação de remanescentes de vegetação nativa e maciços arbóreos.



Fonte: Geobases (2016). Nota: Elaborado pela autora.

Figura 27 - Mapa fuzzy de priorização de APPs para recuperação em função da distância a remanescente de vegetação nativa.



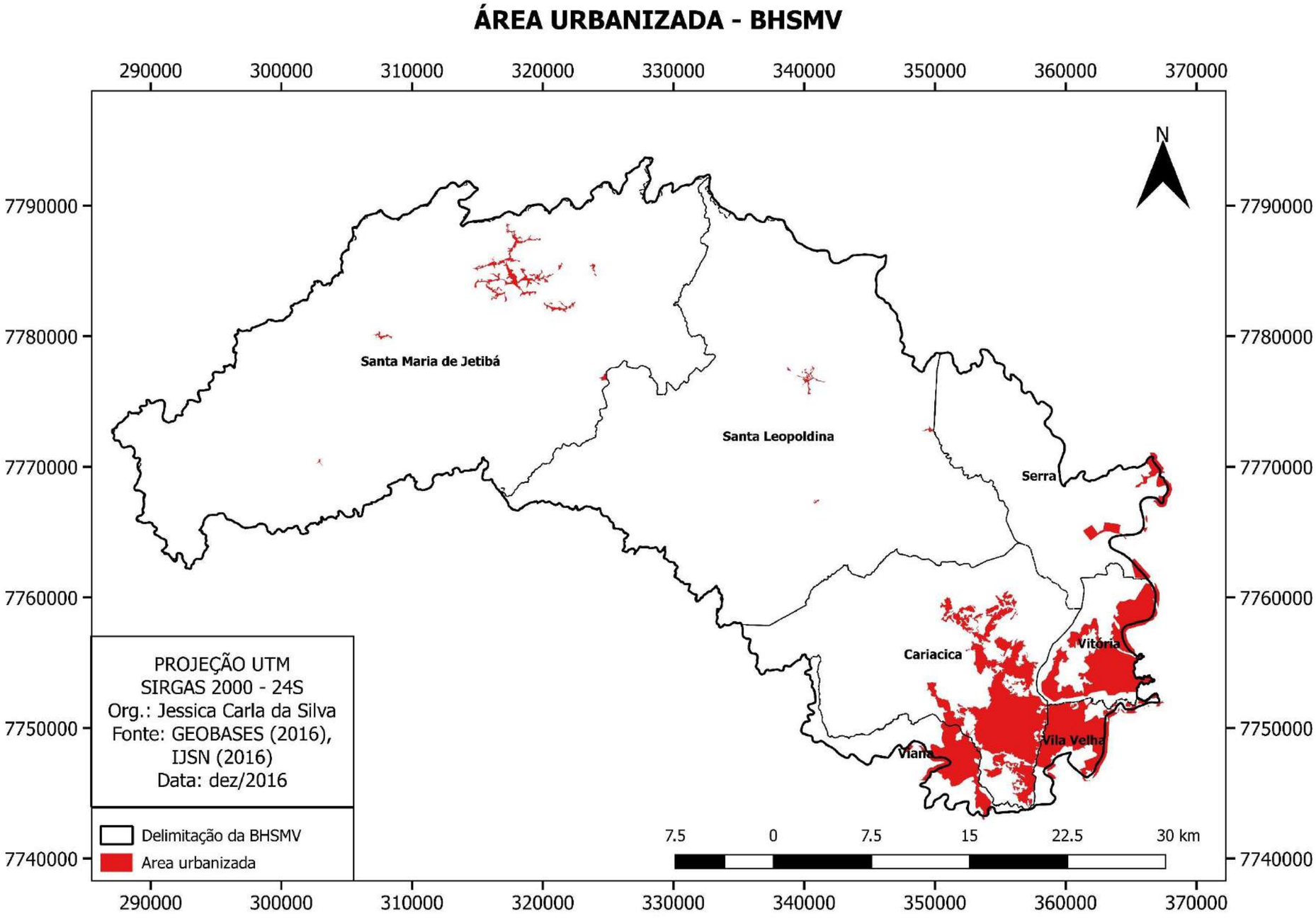
Fonte: Geobases (2016). Nota: Elaborado pela autora.

De acordo com Francisco (2006), o limite mínimo de 50 m de distância, medidos a partir da borda do fragmento de vegetação nativa tem influência na ocorrência de chuva de sementes na APP, dando maior prioridade para recuperação àquelas que estiverem localizadas mais próximas e dentro desse raio de ação. Neste sentido, os resultados apresentados na Figura 27 mostram que as regiões mais aptas à priorização de APPs para recuperação encontram-se em locais em que há maior concentração de vegetação (Figura 26), ou seja, as regiões do mapa que estão em vermelho.

6.1.3.2 Núcleos urbanos

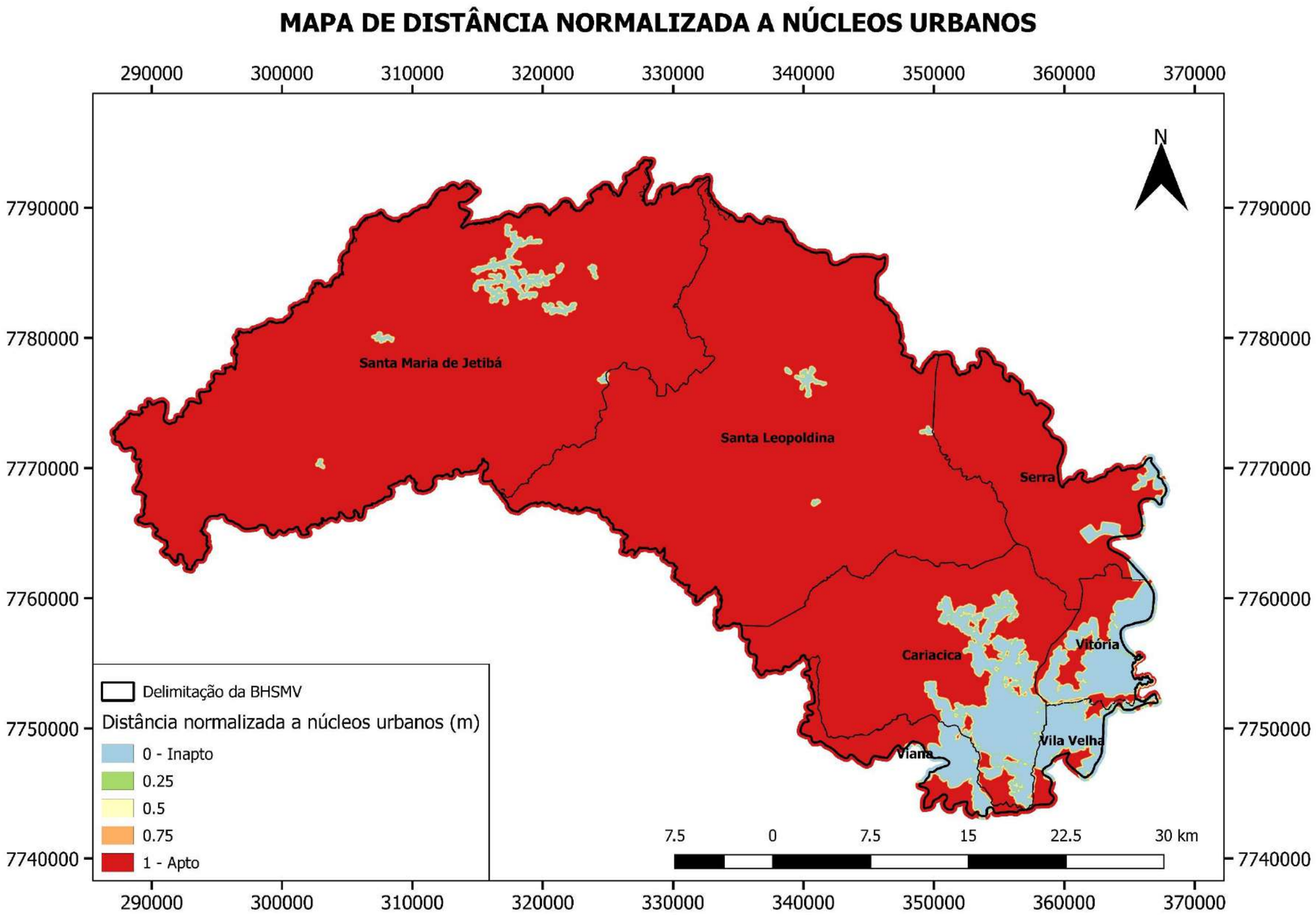
Como descrito na metodologia, a normalização do mapa de critério para núcleos urbanos foi realizada com o polinômio para critérios de impacto negativo, sendo utilizada uma distância mínima y de 200 metros. O mapa demonstrativo do plano de informações de área urbanizada utilizado e o mapa *fuzzy* de distância são mostrados a seguir.

Figura 28 - Plano de informação de área urbanizada.



Fonte: Geobases (2016). Nota: Elaborado pela autora.

Figura 29 - Mapa fuzzy de priorização de APPs para recuperação em função da distância a núcleos urbanos.



Fonte: Geobases (2016). Nota: Elaborado pela autora.

Conforme Valente (2005), para que haja manutenção da biodiversidade e o sucesso das ações de conservação e preservação florestal, é importante que sejam priorizadas as áreas mais distantes dos núcleos urbanos. De acordo com Francisco (2006), a justificativa é que nas áreas próximas de núcleos urbanos o acesso de pessoas às APPs ou aos remanescentes de vegetação nativa as tornam mais sujeitas a incêndios, corte seletivo, desmatamento, depósito de lixo, favelização, entre outros impactos negativos.

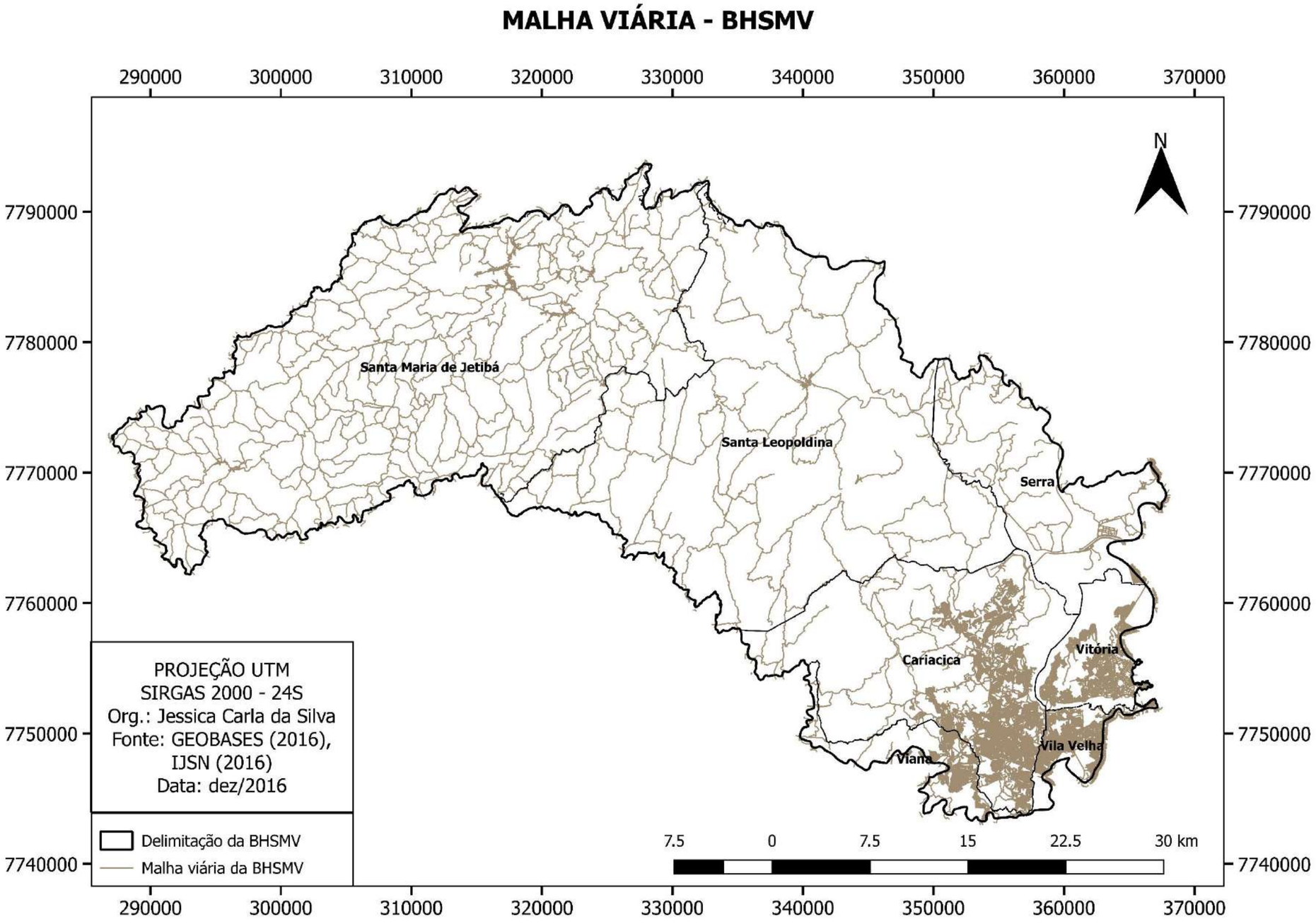
Observa-se que as cores azuis representadas na Figura 29 indicam os locais onde concentram-se as áreas urbanizadas, principalmente na região metropolitana da Grande Vitória. Este resultado condiz com que o que é apresentado por Francisco (2006) e Valente (2005), em que os autores afirmam que quanto mais perto a APP de um núcleo urbano, menor a importância (prioridade) para recuperação.

6.1.3.3 Malha viária

Valente (2005) descreve que os fragmentos florestais próximos à malha viária estão sob as mesmas influências negativas que os fragmentos próximos aos núcleos urbanos. Para Francisco (2005), as estradas são focos permanentes de erosão, principalmente em casos em que os solos são mais susceptíveis.

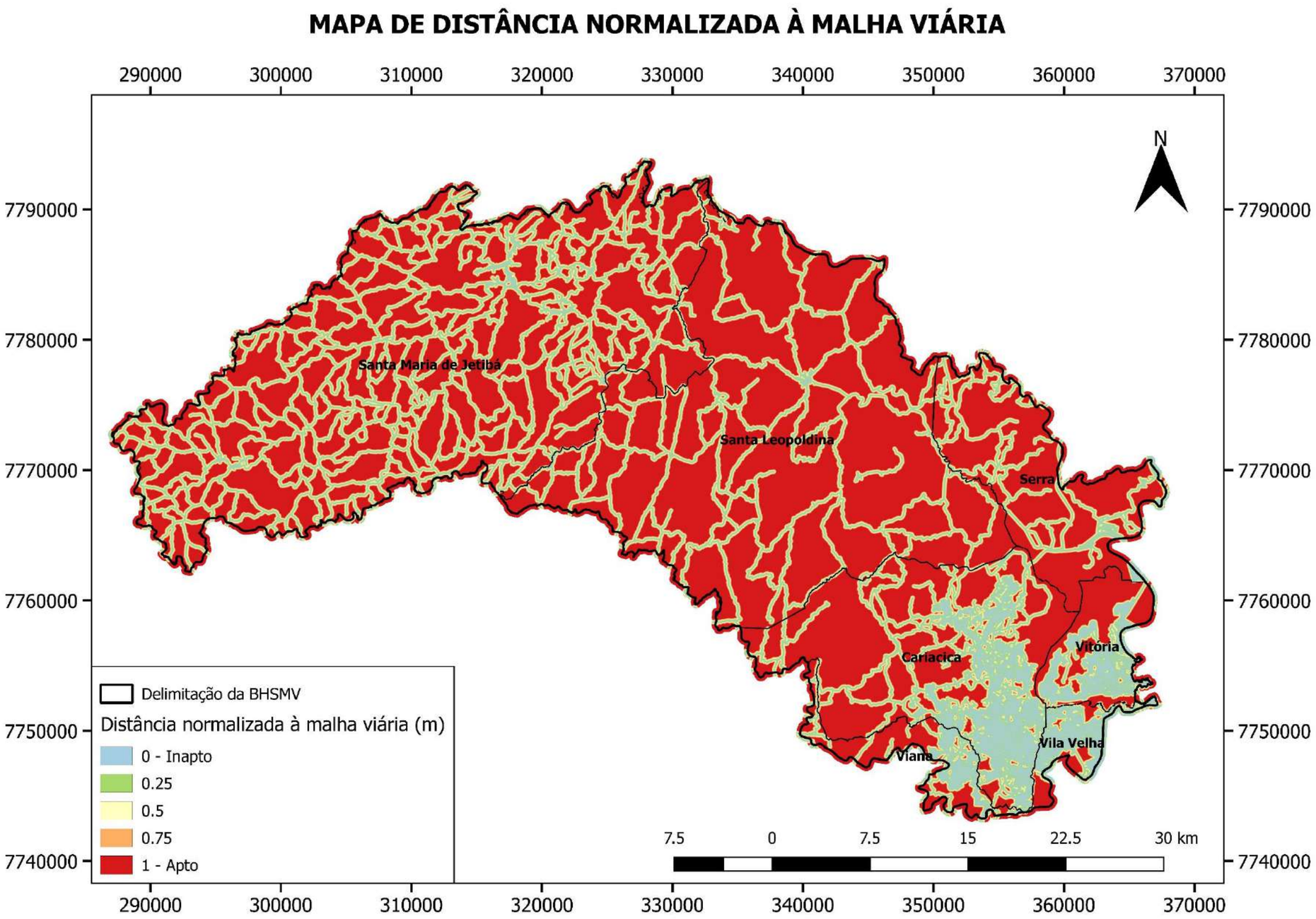
Para garantir o sucesso das ações de conservação e preservação florestal, Valente (2005) propõe que sejam priorizadas as regiões mais distantes da malha viária. Dessa forma, foi utilizado o polinômio para critérios que impactam negativamente para a recuperação das áreas utilizando-se uma distância mínima de 200 metros. O mapa representativo do plano de informações e o resultado do mapa de distância são mostrados na Figura 30 e Figura 31.

Figura 30 - Plano de informação de malha viária.



Fonte: Geobases (2016). Nota: Elaborado pela autora.

Figura 31 - Mapa fuzzy de priorização de APPs para recuperação em função da distância à malha viária.



Fonte: Geobases (2016). Nota: Elaborado pela autora.

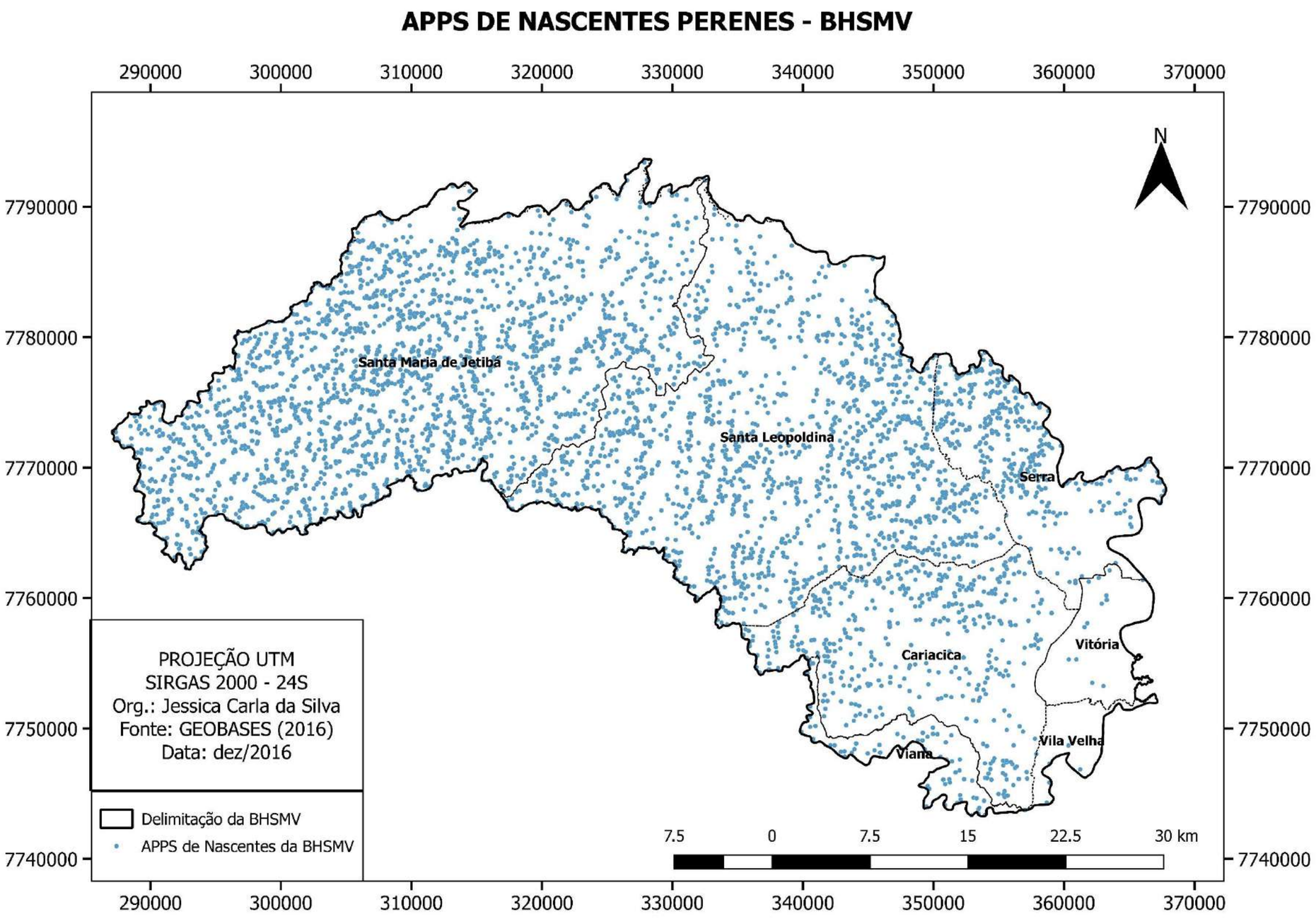
Para o caso dos critérios de proximidade a remanescente de vegetação nativa, proximidade a núcleos urbanos e de proximidade a malha viária, os resultados apontam que as áreas mais prioritárias, as quais apresentam a cor vermelha nos mapas *fuzzy* estão em áreas menos urbanizadas, mais distantes de núcleos urbanos e de vias.

6.1.3.4 APP de nascente

De acordo com Kageyama et al. (1989), áreas próximas às nascentes tem um maior potencial como fontes de sementes, e por isso devem ser escolhidas como prioritárias para recuperação. Considerando-se que a proximidade de APP de nascente é benéfica para a recuperação de um fragmento de vegetação, foi utilizado como parâmetro de distância mínima o valor correspondente à 50 metros, e este seria o raio que delimita a própria APP de nascente.

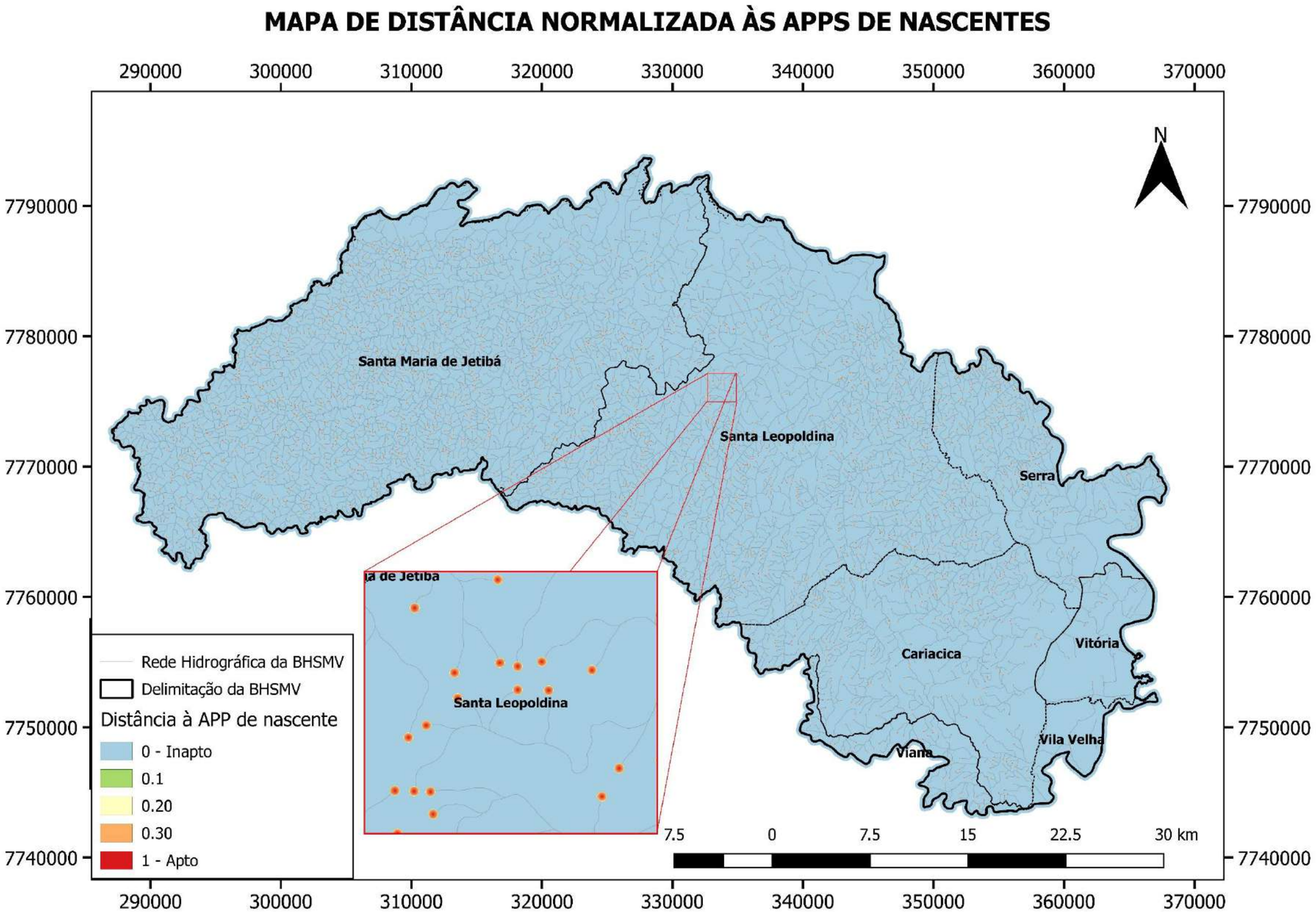
Ressalta-se que o plano de informação para este critério foi gerado a partir da rede hidrográfica, e corresponde ao mapeamento de nascentes na BHSMV. Os dados do plano de informação e os resultados do mapa *fuzzy* são mostrados a seguir:

Figura 32- Plano de informação de APP de nascente.



Fonte: Geobases (2016). Nota: Elaborado pela autora.

Figura 33- Mapa fuzzy de priorização de APPs para recuperação em função da distância à APP de nascente.

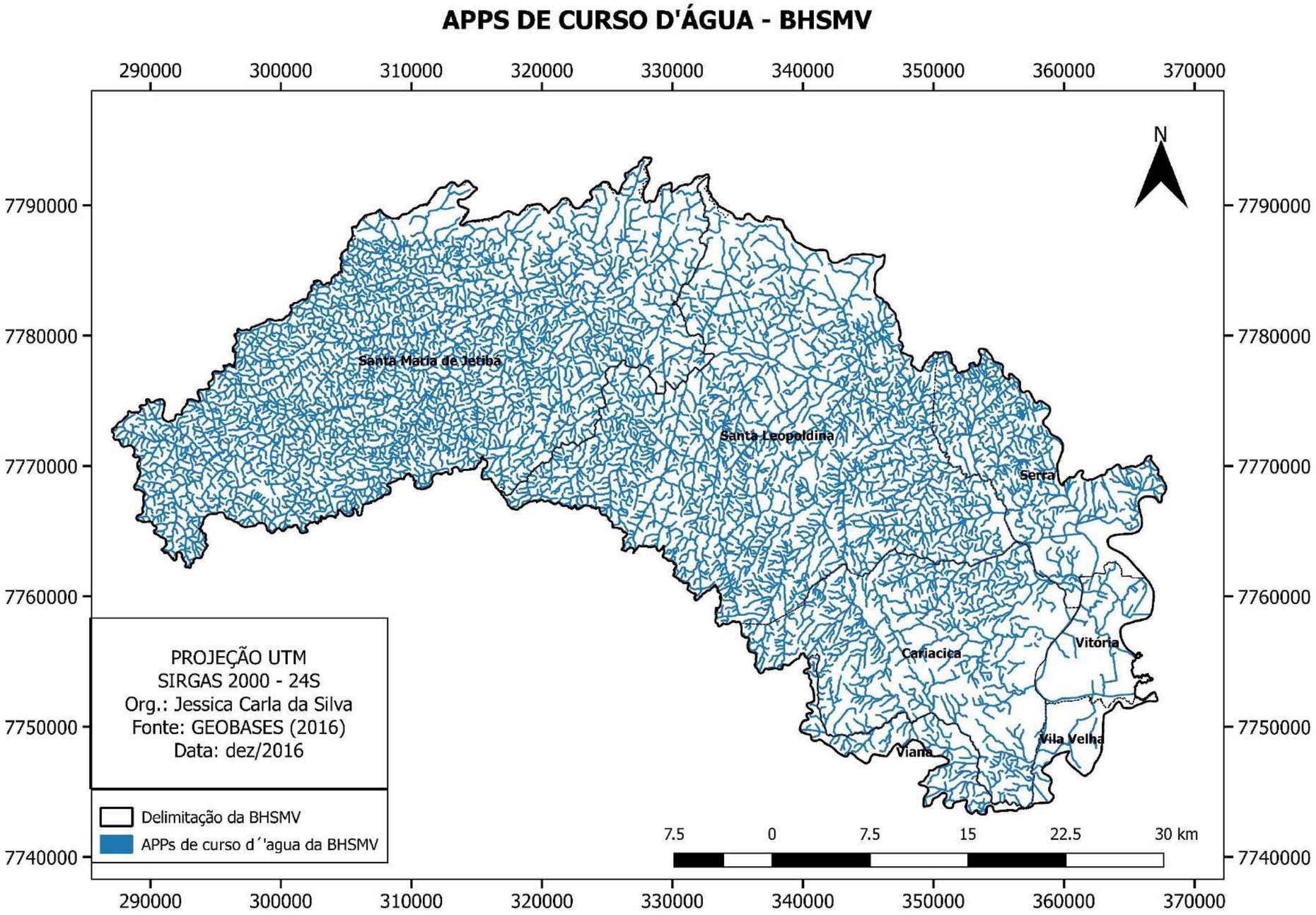


Fonte: Geobases (2016). Nota: Elaborado pela autora.

6.1.3.5 APP de curso d’água

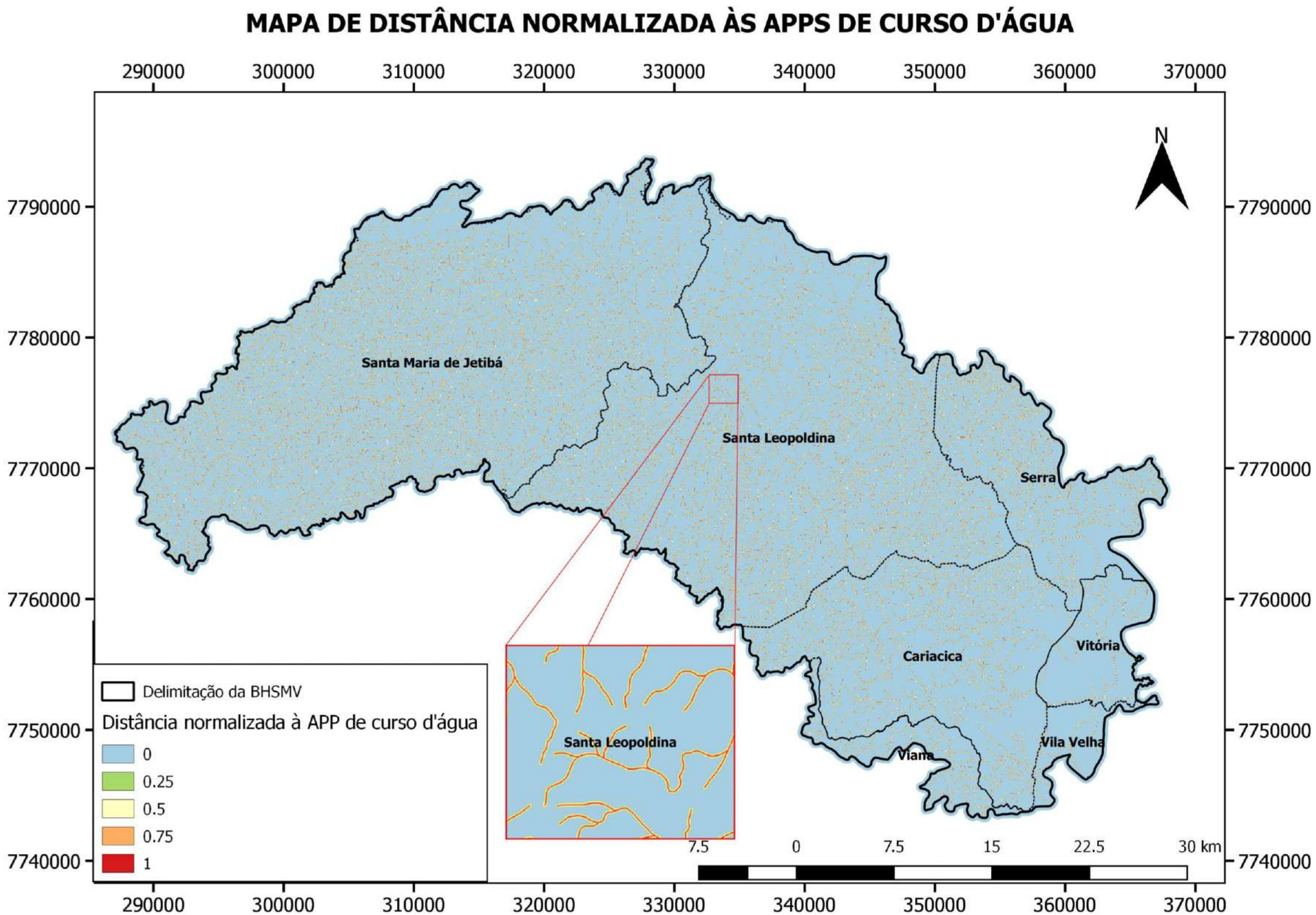
As APPs de curso d’água exercem importância na proteção sobre os recursos naturais bióticos e/ou abióticos, prevenindo a ocorrência de processos erosivos e impedindo a deposição de material particulado no leio do rio (BARELLA et al., 2001). A distância mínima utilizada neste caso foi de 50 metros, os dados do plano de informação e o mapa *fuzzy* de distância são mostrados a seguir.

Figura 34 - Plano de informação de APP de curso d'água.



Fonte: Geobases (2016). Nota: Elaborado pela autora.

Figura 35 - Mapa fuzzy de priorização de APPs para recuperação em função da distância à APP de curso d'água.



Fonte: Geobases (2016). Nota: Elaborado pela autora.

Em sua análise, Francisco (2006) agrupou todos os tipos de APPs em um único critério, chamado de “categoria de APP”, e durante a atribuição de valores de peso para cada tipo de APP (etapa de representação dos valores em cada um dos mapas de distância), o autor considerou como o mais importante de todos as APPs no entorno de nascentes, e em uma escala de 1 a 2, foi atribuído o valor 2, ou seja, o valor máximo. No presente estudo este critério foi dividido em APP de nascente, APP de curso d’água e APP de topo de moro. Entre estes três critérios, os dois primeiros foram espacializados, recebendo por parte dos especialistas as notas mais elevadas, em uma escala de 0 a 3, a média expurgada foi 3 em cada um deles.

Como o critério de APP de topo de moro não foi espacializado, a análise de importância individual das APPs de nascente e das APPs de curso d’água ficou comprometida, porém, a contribuição deste trabalho relaciona-se principalmente a identificação e mapeamento destas APPs na BHSMV, visto que não há informações disponíveis sobre a sua localização.

Como utilizou-se a análise multicritério aliada à espacialização em ambiente SIG, é possível levar em consideração os dois tipos de APP para a análise espacial de importância, isso porque os planos de informação utilizados são diferentes e o processo de atribuição de notas é independente, ou seja, a nota de um critério não interfere na nota de outro critério.

6.1.4 Mapa de priorização de APPs para recuperação

Tendo criado os mapas *fuzzy* (arquivos raster gerados na etapa anterior), estes foram inseridos no plugin Easy AHP (Figura 36), seguindo a numeração dos critérios, como pode ser conferido na Figura 37.

Figura 36 - Tela de entrada do Easy AHP.

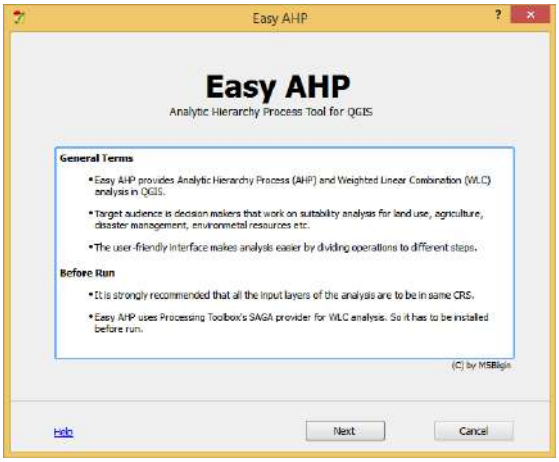
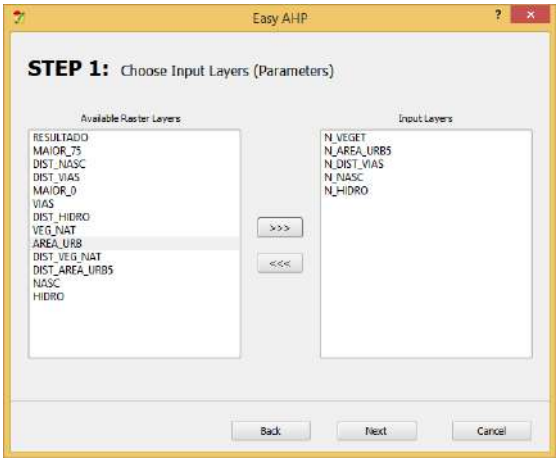


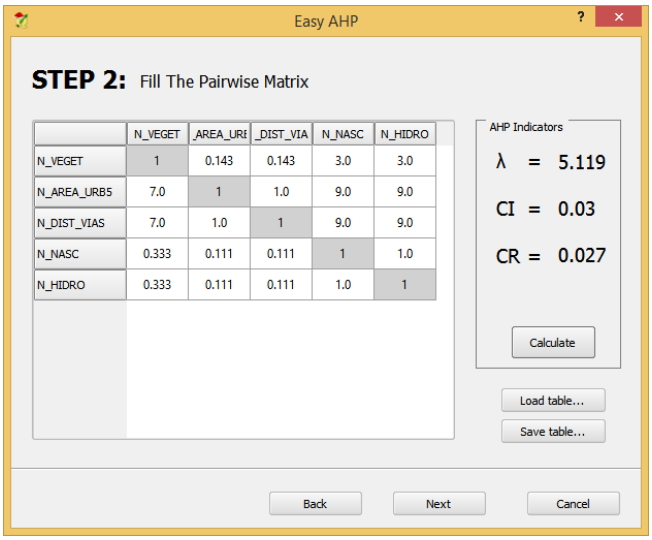
Figura 37 - Entrada de rasters de distância normalizada.



Na figura anterior, N_VEGET refere-se ao critério de proximidade à remanescentes de vegetação nativa. N_AREA_URBS refere-se ao critério de proximidade de núcleos urbanos. N_DIST_VIAS trata-se do critério de proximidade à malha viária e N_NASC e N_HIDRO referem-se respectivamente às proximidades de APPS de nascente e de curso d'água.

O próximo passo (Figura 38) é a adição dos valores de médias expurgadas na matriz de comparações de Saaty, escolhendo-se os critérios em análise, e calculando-se os valores dos indicadores de consistência.

Figura 38 - Matriz de comparações pareadas.

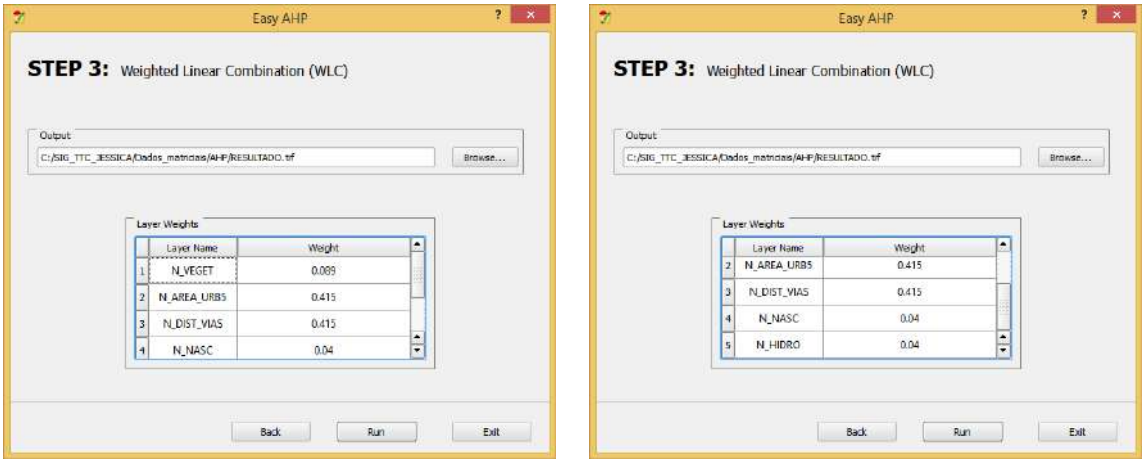


Observa-se que o valor de razão de consistência - CR ficou abaixo de 0,1, o que de acordo com Martins (2015) representa uma consistência global da matriz. O valor do

índice de consistência ficou dentro do esperado, próximo a 0, como proposto por Almeida (2016). Já o autovalor máximo λ = 5,119 é maior que o número de critérios, n = 5, o que indica um bom resultado, como proposto por Saaty (1990).

Na etapa seguinte o Easy AHP calcula os pesos das camadas. Estes são os pesos os quais são levados em consideração durante a sobreposição dos mapas de distância através do método AHP para este estudo. É necessário também especificar o local de saída do arquivo de resultados. O resultado é mostrado a seguir na Figura 39.

Figura 39 - Pesos das camadas.

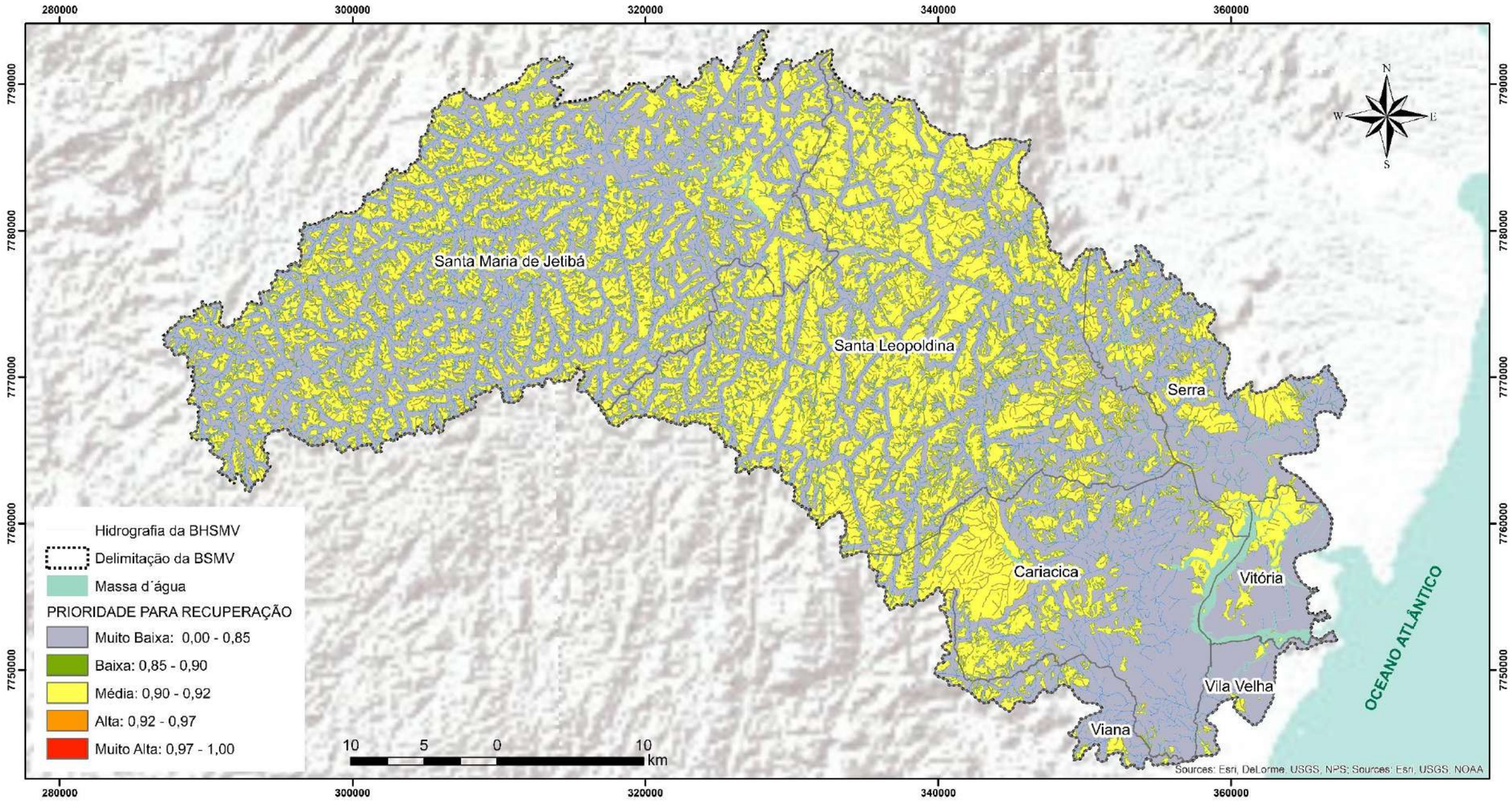


Para que fosse possível a visualização dos níveis mais elevados de prioridades foi aplicada uma reclassificação no arquivo de saída do Easy AHP, com uma faixa de 5 classes (Quadro 7), vaiando de 0 a 1, em que 0 representa a cor cinza (baixa prioridade) e 1 representa a cor vermelho (muito alta prioridade). O mapa de priorização de APPs para recuperação é mostrado na Figura 40.

Quadro 7 - Classificação do nível de priorização.

FAIXA	NÍVEL DE PRIORIDADE
0,00 – 0,85	Muito baixa
0,85 – 0,90	Baixa
0,90 – 0,92	Média
0,92 – 0,97	Alta
0,97 – 1,00	Muito alta

Figura 40 - Priorização de Áreas de Preservação Permanente para recuperação - BHSMV.



PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPS) PARA RECUPERAÇÃO - BHSMV
PROJEÇÃO UTM - SIRGAS 2000 - 24S
Organização: Jessica Carla da Silva

Método de Análise Hierárquica - AHP
Critérios espacializados:
1) Proximidade de remanescente de vegetação nativa
2) Proximidade de núcleos urbanos
3) Proximidade de malha viária
4) Proximidade de APP de nascente
5) Proximidade de APP de curso d'água

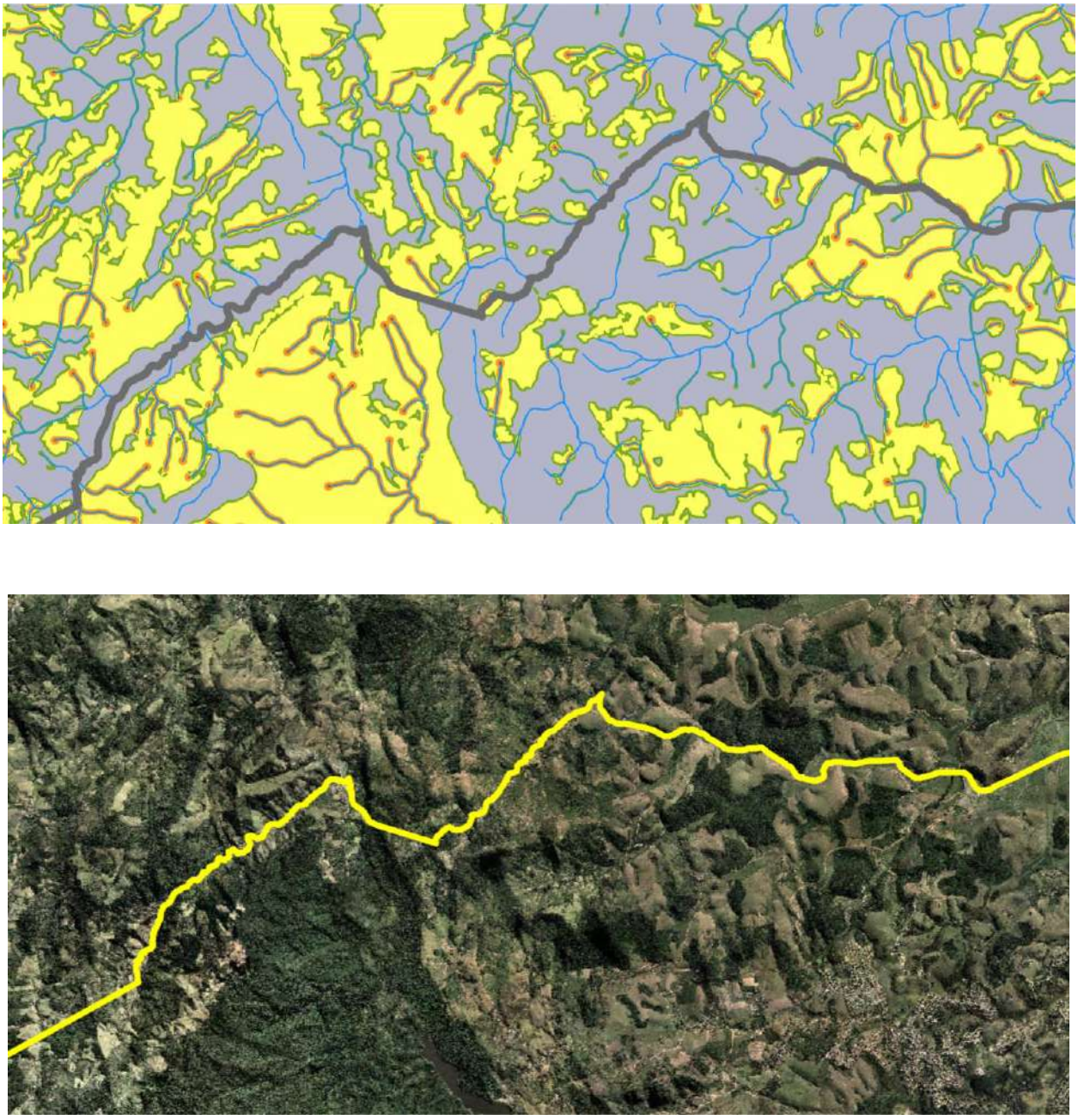
LOCALIZAÇÃO DA BHSMV NO BRASIL E NO ESPÍRITO SANTO

Os resultados indicam que as áreas com Alta Prioridade (em vermelho) estão principalmente nas cabeceiras dos rios, representadas por APPs de nascente, que por sua vez estão próximas às APPs de curso d'água e de remanescentes de vegetação nativa. As áreas menos prioritárias encontram-se em regiões urbanizadas e próximas à malha viária, que abrangem majoritariamente a região metropolitana de Vitória, a área urbana da cidade de Santa Maria de Jetibá e de Santa Leopoldina.[11]

Para fins de validação da modelagem, o resultado do mapa de priorização pode ser comparado com uma imagem de satélite através de um recorte em ambas as referências. A seguir são mostrados detalhes de uma área próxima à reserva de Duas Bocas, divisa entre os municípios de Cariacica e Santa Leopoldina, local que fica no interior da BHSMV (Figura 41).

[11] Durante este trabalho foi necessária a laboriosa aprendizagem do funcionamento do QGIS, e por questão de otimização do tempo, excepcionalmente no mapa da figura 39 foi utilizado um layout do Arcgis versão 10.3.1. Porém, é possível representar os mesmos resultados de priorização no QGIS a exemplo dos mapas de distância e dos planos de informação presentes neste estudo, pretende-se apresentar estes mesmos resultados com um layout do QGIS em publicações posteriores.

Figura 41 - Comparação entre o resultado da modelagem e uma imagem de satélite – LANDSAT 8/ USGS. Região próxima à reserva de duas bocas.



Observa-se que nem todas as nascentes mapeadas na BHSMV são prioritárias, assim como nem todos os corpos d'água são prioritários. Isso acontece, pois, há critérios com influência negativa em análise (critério de malha viária e de área urbanizada), o que provoca a sobreposição dos critérios. Quando há presença de malha viária ou de área urbanizada o peso de importância tende a reduzir, e quando há presença

simultaneamente de APP de curso d'água, de APP de nascente e de vegetação remanescente, a área é indicada como a mais prioritária a ser recuperada.

Estes resultados mostram que é possível priorizar áreas a serem recuperadas através da modelagem utilizando o método AHP e a espacialização com o auxílio do QGIS, porém, é de suma importância a espacialização dos demais critérios de priorização. Observa-se que a utilização de critérios diferentes enriquece a análise, e que é necessário levar em consideração critérios que contribuam de forma positiva e de forma negativa para a recuperação da área, assim, os resultados serão mais fiéis à realidade no caso desta bacia.

Ressalta-se pela legislação florestal brasileira todas as APPs devem ser mantidas e/ou recuperadas, porém, este trabalho se mostra como uma ferramenta de apoio à decisão, no sentido de se planejar melhor as ações e de alocar de forma mais adequada os recursos financeiros na recuperação destas áreas. Além disso, é necessário avaliar os tipos de recuperação de acordo com a lei ambiental vigente, pois este trabalho não teve como objetivo identificar quais os tipos de degradação existem nos locais prioritários, tão pouco indicar quais as técnicas que devem ser utilizadas na recuperação dessas áreas.

6.2 OBJETIVO 2: IDENTIFICAR E ORGANIZAR POR MEIO DE MODELAGEM ESTATÍSTICA AS DECISÕES DE ESPECIALISTAS EM RELAÇÃO ÀS PRIORIZAÇÕES DE APPS PARA RECUPERAÇÃO, NA BHSMV

Neste tópico são apresentados os resultados da modelagem de decisões, a qual é uma proposta de ferramenta de apoio à decisão complementar ao mapa de priorização.

6.2.1 Modelagem de decisões - BHSMV

Tendo-se os valores de média expurgada calculados a partir da opinião dos 23 especialistas que participaram da pesquisa, foram calculados os valores de decisão. Os resultados são mostrados no Quadro 8.

Quadro 8 – Valores de decisão para cada peso possível e respectiva média expurgada.

CRITÉRIO	MÉDIA EXPURGADA	NÍVEL DE IMPORTÂNCIA POSSÍVEL							
		PESO	DECISÃO	PESO	DECISÃO	PESO	DECISÃO	PESO	DECISÃO
1	2,55		1,28		1,78		2,28		2,78
2	1,32		0,66		1,16		1,66		2,16
3	1,40		0,70		1,20		1,70		2,20
4	3,00		1,50		2,00		2,50		3,00
5	3,00		1,50		2,00		2,50		3,00
6	2,67	0	1,33	1	1,83	2	2,33	3	2,83
7	2,61		1,31		1,81		2,31		2,81
8	2,00		1,00		1,50		2,00		2,50
9	1,69		0,85		1,35		1,85		2,35
10	1,67		0,83		1,33		1,83		2,33
11	1,50		0,75		1,25		1,75		2,25

A partir do Quadro 8 foram gerados os gráficos que relacionam os pesos e as decisões para cada um dos 11 critérios estudados e que foram objeto de atribuição de valores por parte dos especialistas (Figura 42 a 52). As equações de decisão foram resultado do ajuste do comportamento das decisões.

Figura 42 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério proximidade de remanescentes de vegetação nativa.

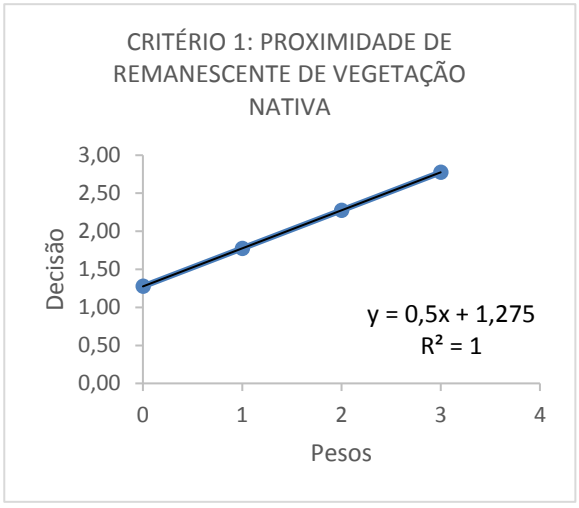


Figura 43 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério proximidade de núcleos urbanos.

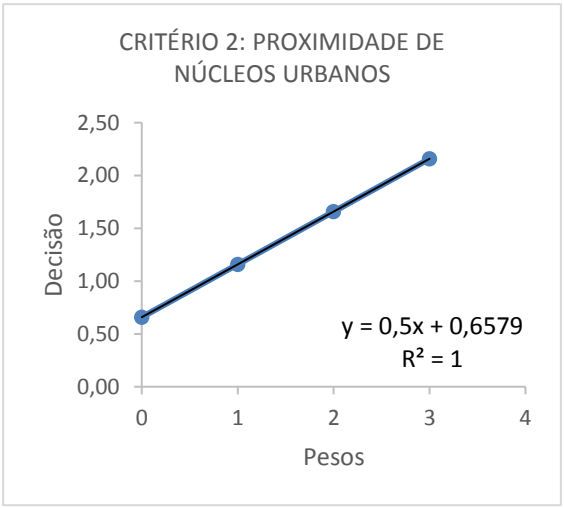


Figura 44- Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério proximidade de malha viária.

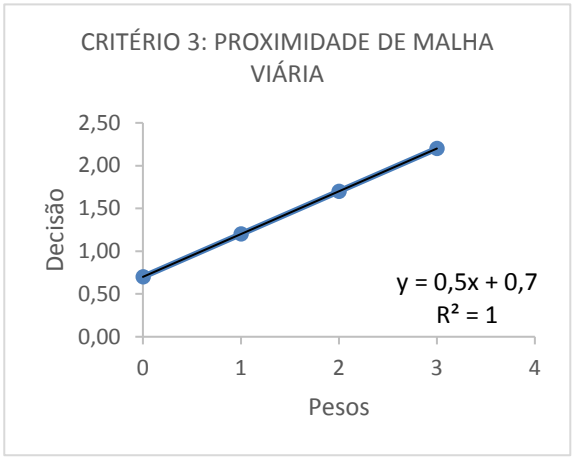


Figura 45- Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério proximidade de APP de nascente.

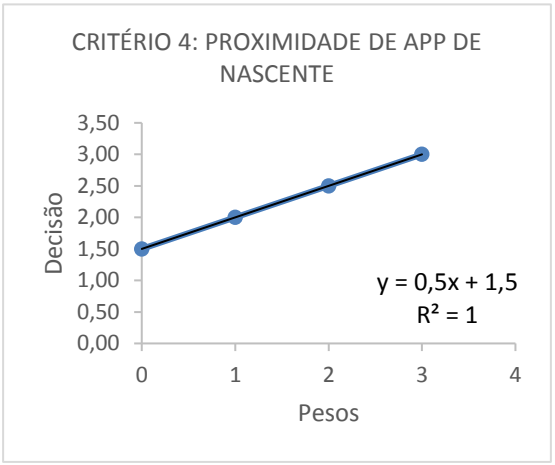


Figura 46 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério proximidade de APP de curso d'água.

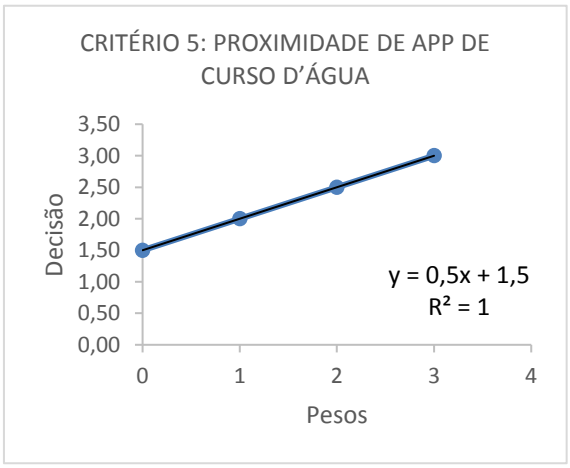


Figura 47 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério proximidade de APP de topo de moro.

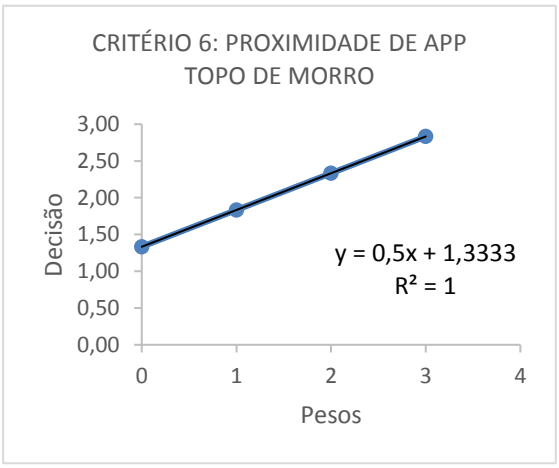


Figura 48 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério vulnerabilidade a erosão.

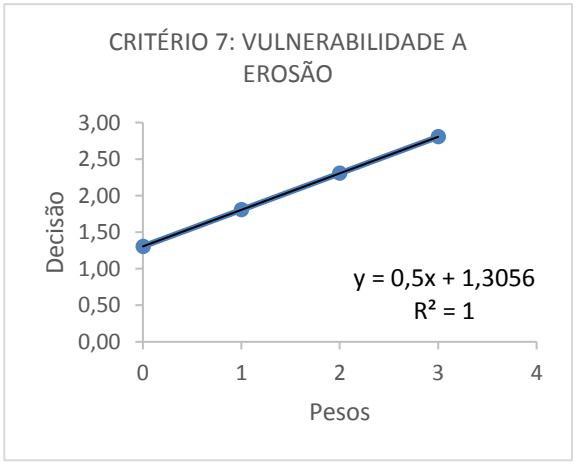


Figura 49 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério capacidade de sustentabilidade do solo.

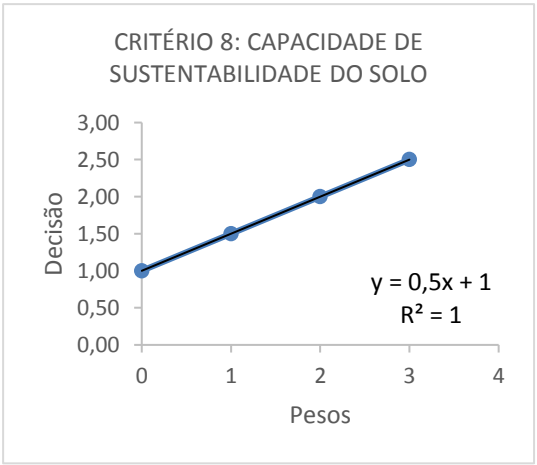


Figura 50 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério uso da terra.

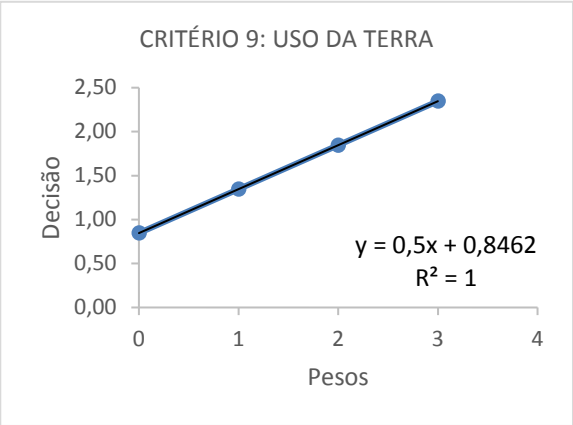


Figura 51- Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério ordem dos canais de drenagem.

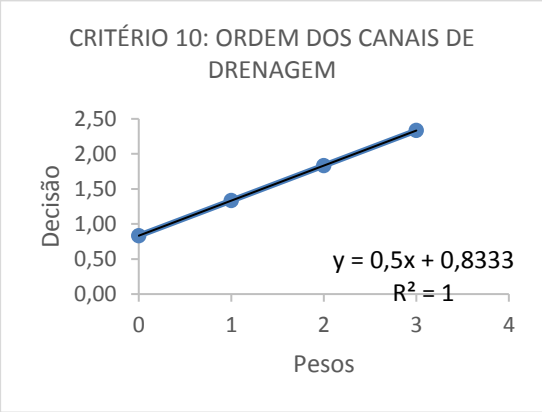
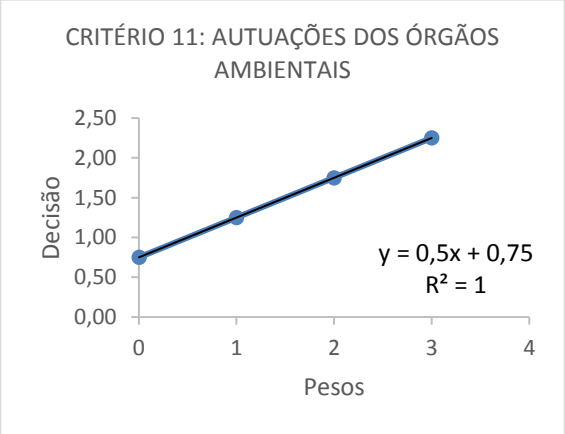


Figura 52 - Comportamento da decisão dos especialistas em relação ao critério autuações dos órgãos ambientais.



Constatou-se na modelagem um padrão linear de comportamento em relação às opiniões, visto que, todos os critérios podem ser representados por equações de primeiro grau, da forma y = ax + b. Verificou-se que o coeficiente angular da reta (a) que representa a inclinação da reta em relação ao eixo das abscissas (x) é uma constante igual a 0,5. As equações encontradas serão chamadas de equações de critérios estão relacionadas na tabela de decisão mostrada a seguir.

Tabela 11 – Tabela de decisão.

	CRITÉRIOS	EQUAÇÕES
1	Proximidade de remanescente de vegetação nativa	y = 0,5x + 1,275
2	Proximidade de núcleos urbanos	y = 0,5x + 0,6579
3	Proximidade de malha viária	y = 0,5x + 0,7
4	Proximidade de APP de nascente	y = 0,5x + 1,5
5	Proximidade de APP de curso d'água	y = 0,5x + 1,5
6	Proximidade de APP topo de morro	y = 0,5x + 1,3333
7	Vulnerabilidade a erosão	y = 0,5x + 1,3056
8	Capacidade de sustentabilidade do solo	y = 0,5x + 1
9	Uso da terra	y = 0,5x + 0,8462
10	Ordem dos canais de drenagem	y = 0,5x + 0,8333
11	Autuações dos órgãos ambientais	y = 0,5x + 0,75

Em um caso de gerenciamento da BHSMV, com uma equação de critério é possível um decisor realizar testes com valores de notas (valor de x, de 0 a 3), sendo possível encontrar os respectivos valores de y (médias expurgadas) para cada um dos critérios. O valor da média expurgada encontrado representa o que "pensam os especialistas" a respeito daquele critério para essa bacia.

Exemplo de aplicação:
"Imaginemos um decisor que queira saber o que pensam os especialistas sobre o critério – Proximidade de remanescente de vegetação nativa, mas sem aplicar novamente o questionário para diversos especialistas. O decisor acha que este critério é extremamente importante, atribuindo um valor 3, em uma escala de importância de 0 a 3 para a recuperação de APPs na BHSMV".

Neste caso, para x = 3 a equação ficaria como y = 0,5*3 +1,275. Logo, o valor correspondente de média expurgada seria igual a y = 2,775.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Para que fosse possível a obtenção do mapa de priorização através da análise multicritério AHP foi necessária a conversão dos dados de opinião obtidos através da aplicação de questionários para a escala fundamental de Saaty, dessa forma, foi necessária a criação e aplicação de um procedimento matemático para essa conversão;

- A normalização dos mapas de distância de cada critério foi necessária para que eles estivessem prontos para serem utilizados junto aos dados de médias expurgadas na etapa de obtenção do mapa de priorização. Isso foi possível através da aplicação de 2 polinômios na calculadora raster. O polinômio utilizado para critérios com influência positiva como remanescente de vegetação nativa é proposição deste estudo;

- Aplicada a lógica *fuzzy*, ou seja, se tendo os mapas de distância normalizados (valores de pixel de 0 a 1) é possível aplicar outros tipos de métodos multicritério que não sejam o AHP. Dessa forma, uma grande dificuldade encontrada neste trabalho foi o preparo destes dados para espacialização;

- Com o presente estudo foi possível espacializar informações da BHSMV em software livre com o uso da análise multicritério APH aliada à lógica *fuzzy*, de tal forma que os resultados são satisfatórios para a análise técnica no processo de identificação de APPs prioritárias para recuperação. O uso destes resultados reduziria os gastos com o uso de softwares proprietários por parte dos órgãos ambientais governamentais. Além disso, há uma possível contribuição na melhor estruturação de projetos governamentais existentes e/ou futuros no âmbito do gerenciamento de recursos florestais, de recursos hídricos e de planejamento territorial;

- De acordo com os resultados as áreas mais prioritárias para recuperação são aquelas que estão mais próximas de APPs de nascente, de APPs de curso d'água e de remanescente de vegetação nativa. Em contrapartida, estas áreas estão mais afastadas da malha viária e de núcleos urbanos.

- Foi possível modelar a opinião dos especialistas, propondo-se uma metodologia que funciona como ferramenta complementar de suporte à decisão, a ferramenta é

chamada neste trabalho de tabela de decisão. Esta metodologia possibilitaria um processo decisório mais representativo e com um embasamento técnico mais apurado na gestão dos recursos hídricos.

- As equações de critério para a BHSMV dispostas na tabela de decisão são lineares, tendo o comportamento de uma reta.

- Para que fosse possível a concretização deste trabalho foi necessária a geração de planos de informação para a BHSMV, este procedimento demandou certo tempo. Isso seria minimizado caso houvesse um diretório que disponibilizasse dados específicos da BHSMV;

- Os resultados indicam que esse tipo de trabalho se mostra promissor no auxílio à tomada de decisão e na melhor fiscalização ambiental.

Recomenda-se para trabalhos futuros:

- Verificar se os trechos que abrigam as regiões de prioridade para recuperação de APPs na BHSMV também podem ser utilizados como trechos na fase de diagnóstico para o enquadramento de corpos de água na etapa de identificação dos usos preponderantes e de usuários de água;

- Validar a metodologia de modelagem de decisões, avaliando-se dados de outras bacias hidrográficas, e outras respostas dadas por especialistas em relação aos mesmos critérios estudados;

- Para a mesma bacia, analisar os demais critérios de priorização que não foram espacializados e demais critérios de interesse (que envolvam diretamente a qualidade da água por exemplo), avaliando-se em campo a situação atual dos locais caso necessário. Sugere-se também a utilização de outros métodos de análise multicritério, com o objetivo de confrontar os resultados;

- Padronização de arquivos do geobases, disponibilizando-se de um documento que descreva a origem de cada arquivo do sistema, esclarecendo-se informações como a escala, a instituição responsável pela elaboração, as projeções utilizadas etc.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Avaliação da definição de faixa de largura mínima para as áreas de proteção permanente ao longo dos cursos d'água, do ponto de vista dos recursos hídricos. Brasília, 2012. Disponível em: <http:/arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20120509_NT_n_012-2012-CodigFlorestal.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.

ASPRS. American Society Photogrammetry and Remote Sensing. **American Society for Photogrammetry and Remote Sensing,** p. - , 1980.

ARONOFF, S. Geographic information systems: a management perspective. Ottawa: WDI Publications, 1989.

ATTANASIO, C. M. LIMA, W. P. GANDOLFI, S. ZAKIA, M. J. B. VENIZIANI JUNIOR, J. C. T. Método para a identificação da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP). Scientia Forestalis, v.71, p.131-140, 2006.

ATTANASIO, C. M.; GANDOLFI, S.; ZAKIA, M. J. B.; VENIZIANI JUNIOR, J. C. T.; LIMA, W. P. A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. Bragantia, v. 71, n. 4, p. 493-501, 2012.

ATLAS do Desenvolvimento Humano no Brasil – RM Grande Vitória. Disponível em:<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_rm/grande-vitoria>. Acesso em: 10 de out. 2016.

ALMEIDA, R. M. Inferência espacial usando o QGIS – QGIS na Prática. Disponível em:< http://qgisnapratica.blogspot.com.br/>. Acesso em: out. 2016.

BRASIL. **Código Florestal**. Decreto n° 23.793 de 23 de janeiro de 1934.

_. **Código Florestal**. Decreto n° 7.830 de 17 de outubro de 2012.

_. **Código Florestal**. Decreto n° 8.235 de 05 de maio de 2014.

_. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Lei n.º 9.433 de 8 de janeiro de 1997.

_. **Altera a Lei no 12.096, de 24 de novembro de 2009, a Lei no 12.844, de 19 de julho de 2013, a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, e a Lei no 10.177, de 12 de janeiro de 2001.** Lei n.º 13.295 de 14 de julho de 2016.

_. **Código Florestal**. Lei n° 4.771 de 15 de setembro de 1965.

_. **Código Florestal**. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

_, **Constituição Federal de 1988**. Art. 225

BARELLA, W.; PETRERE JR., M.; SMITH, W.S.; MONTAG, L.F. de A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP. cap. 12 , p. 187 – 207, 2001.

BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. Rios e Cidades: uma longa e sinuosa história. Revista UFMG, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 124-153, 2013.

BERGER, M. V. S. **Delimitação de Áreas de Preservação Permanente e Definição de Classes de Enquadramento via SIG – Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Córrego do Ouro**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Espírito Santo, Vitória. 2007.

BRACALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R. R.; PILLAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. Análise crítica da lei de proteção de vegetação nativa (2012), que substitui o antigo código florestal: atualizações e ações em curso. Natureza & Conservação, v. 14, p. 1-16, 2016.

BURROUGH P.A. (1986) Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment, em "Monographs on Soil And Resources Survey", n. 12, Oxford: Clarendon Press.

CALIJURI, M. L.; LOURES, S. S. **Fundamentos de Sistema de Informações Geográficas**. 2006. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila).

CAMPOS, V. R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos de saneamento**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - EESC/USP. São Carlos, 2011. 156 p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São Paulo: INPE, 2001. Disponível em:< http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 20 de out. 2001.

CAUS, C. L. Das fontes e chafarizes às águas limpas: evolução do saneamento no Espírito Santo / Celso Luiz Caus. – Vitória: CESAN, 2012. 528 p.

CAVALCANTI, J. H. F.; MELO, H.; SOUTO, C. R.; CAVALCANTI, M. T. Lógica fuzzy aplicada às engenharias/ José Homero Feitosa CAVALCANTI. João Pessoa: CÂMARA DO LIVRO, 2012.

COELHO JUNIOR, J. M.; ROLIM NETO, F. C.; ANDRADE, J. S. C. O. Topografia Geral/ José Machado Coelho Júnior, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Júlio da Silva Correa de Oliveira Andrade. Recife: EDUFRPE, 2014.

CORRÊA, R. L. O espaço urbano/Roberto Lobato Corrêa. São Paulo: Editora Ática, 1993.

COUTINHO, L. M.; ZANETTI, S. S.; CELICIO, R. A.; GARCIA, G. O.; XAVIER, A. C. Usos da terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na bacia do rio da Prata, Castelo – ES. Floresta e Ambiente, v. 20, n. 4, p. 425-434, 2013.

COWEN D.J. SIG versus CAD versus DBMS: what are the differences?, in "Introductory readings in Geographic Information Systems". Londres: Taylor and Francis, 1988.

DE PAULA, E. M. S.; SOUZA M. J. N. Lógica Fuzzy como técnica de apoio ao Zoneamento Ambiental. Florianópolis Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. Disponível em:< http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.06.11.57/doc/2979-2984.pdf>. Acesso em 11 jun. 2016.

EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; PIMENTEL, L. B.; MOULIN, J. V. Identificação das áreas de preservação permanente no Município de Alegre utilizando geotecnologia. Cerne, Lavras/MG, v. 17, n. 4, p. 563-571, 2011.

FERRAZ, S.F. de B.; VETTORAZZI, C.A.; Identificação de áreas para recomposição florestal com base em princípio de ecologia de paisagem. Árvore, Viçosa-MG, v. 27, n. 4, p. 575, 2003.

FELICIO, B. C. **Áreas marginais a corpos hídricos urbanos: delimitação e zoneamento ambiental. Área piloto: Bacia do Córrego Santa Maria Madalena em São Carlos, SP.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. São Carlos, 2014.

FERREIRA, P. T. S. **Cadastro Ambiental Rural no Espírito Santo.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2016.

FRANCISCO, C. E. S.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; ADAMI, S. F. Espacialização de análise multicriterial em SIG: prioridade para recuperação de Áreas de Preservação Permanentes. Florianópolis Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. Disponível em:< http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.18.13.55/doc/2643-2650.pdf>. Acesso em 11 jun. 2016.

FRANCISCO, C. E. S. **Áreas de Preservação Permanente na Bacia do Ribeirão das Anhumas: Estabelecimento de prioridades para recuperação por meio da análise multicriterial.** Dissertação (mestrado). Instituto Agronômico de Pós-Graduação – IAC. Campinas-SP, 2006.

FRANCISCO, C. E. S.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; ADAMI, S. F. Análise multicriterial na seleção de bacia hidrográfica para recuperação ambiental. Ciência Florestal, v. 18, n. 1, p.1-13, 2008.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; MORAES, J. F. L. O uso da análise multicritério para a definição de áreas prioritárias a restauração de Área de Preservação Permanente (APP), no noroeste paulista. Foz do Iguaçu. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013. Disponível em:> http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0913.pdf>. Acesso em 10 jun. 2016.

FREE SOFTWARE FOUNDATION - FSF. O Manifesto GNU, 2001. Disponível em: < https://www.gnu.org/gnu/manifesto.pt-br.html>. Acesso em 02 nov. 2016.

GAUCH, H.G. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. 298 p.

GOMES, L. F. A. M. Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério/Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes, Carlos Francisco Simões Gomes. 4. ed. – São Paulo: Atlas, 2012.

GREGORY, S. V et al. An ecosystem perspective of riparian zones. BioScience, n. 41 v. 8 p. 540-551. 1992.

HELLER, L.; PADUA, V. L. Abastecimento de Água para Consumo Humano. Belo Horizonte, UFMG. 2006.

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. Um método para a determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo. Goiânia: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005. Disponível em:< http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.13.47.22/doc/3061.pdf>. Acesso em 10 jun. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Manual: Noções Básicas de Cartografia. Disponível em:< http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoes/introducao.html >. Acesso em: 02 de nov. 2016.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HDRICOS – IEMA. Projeto de restauração e conservação da biodiversidade no estado do Espírito Santo, nas bacias dos rios Jucu e Santa Maria da Vitória. Elaboração de projeto executivo para enquadramento dos corpos de água em classes e Plano de Bacias para os rios Santa Maria da Vitória e Jucu. Relatório Técnico 1. 2014. Disponível em:< http://www.jucusantamaria.com.br/arquivos/>. Acesso em: out. 2016.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HDRICOS – IEMA. Projeto de restauração e conservação da biodiversidade no estado do Espírito Santo, nas bacias dos rios Jucu e Santa Maria da Vitória. Elaboração de projeto executivo para enquadramento dos corpos de água em classes e Plano de Bacias para os rios Santa Maria da Vitória e Jucu. Relatório Técnico 2, volume 1. 2015. Disponível em:< http://www.jucusantamaria.com.br/arquivos/>. Acesso em: out. 2016.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HDRICOS – IEMA. Projeto de restauração e conservação da biodiversidade no estado do Espírito Santo, nas bacias dos rios Jucu e Santa Maria da Vitória. Elaboração de projeto executivo para enquadramento dos corpos de água em classes e Plano de Bacias para os rios Santa Maria da Vitória e Jucu. Relatório Técnico 2, Volume 2. 2016. Disponível em:< http://www.jucusantamaria.com.br/arquivos/>. Acesso em: out. 2016.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – INCAPER. Temperatura média mensal. Disponível em:< http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=temp_media>. Acesso em: nov. 2016.

JANNUZZI, P. M.; MIRANDA, W. L.; SILVA, D. S. G. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. Informática Pública, Belo Horizonte, v. 11, n. 1, p. 69 - 87, 2009.

KAGEYAMA, P.Y., CASTRO, C.F.A., CARPANEZZI, A.A., Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. BARBOSA, L.M. (org.), Simpósio sobre mata ciliar. 1989, São Paulo. Anais. Campinas: Fundação Cargil, p. 130-143, 1989.

LUPPI, A. S. L.; SANTOS, A. R. S.; EUGENIO, F. C.; FEITOSA, L. S. Utilização de geotecnologia para o mapeamento de áreas de preservação permanente no município de João Neiva, ES. Floresta e Ambiente. v. I, n. 22, p. 13-22, 2015.

MACÊDO, J. A.; ALMEIDA, S. N. VOELZKE, M. R. Descrições de programas livres e gratuitos para o ensino da matemática. Abakós, Belo Horizonte. v.4, n.2, p.3-19, 2016.

MARTINE, G.; MCGRANAHAN, G. A transição urbana brasileira: trajetória, dificuldades e lições aprendidas. In: Rosana Baeninger (Org.). *População e Cidades: subsídios para o planejamento e para as políticas sociais.* Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2010. 304p.

MARTINS, M. C. **Método de Análise Hierárquica aplicado ao planejamento de uma rede óptica passiva**. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo – USP. São Paulo. 2015.

MENDES, N. G. S.; CORREIA, T. P.; SANTOS, A. R.; GONÇALVES, S. B. Usos do solo em Áreas de Preservação Permanente da microbacia do córrego da Feliz Lembrança, Alegre/ES. Vértices, Campo dos Goytacazes/RJ. v.17, n.1, p. 111-119, 2015.

NAIMAM, R. J.; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: riparian zones. Annual Review of Ecology and Systematics, v 28, p. 621-658, 1997.

NASCIMENTO, F. H.; COELHO, A. L. N.; VIEIRA, R. S. Identificação e Análise das Áreas de Proteção Permanente no Médio Curso da Bacia do Rio Piraqueaçú/ES com o Uso de Geotecnologias. Foz do Iguaçu: Anais XVI Simpósio Brasileiro de

Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013. Disponível em:< http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0291.pdf>. Acesso em 10 jun. 2016.

NETO, J. B. **As Áreas de Preservação Permanente do rio Itapicuruaçu: impasses e pertinência legal.** Dissertação (Mestrado). Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. 2008.

NETO, I. F. **Um conceito de distância: a distância do táxi e aplicações.** Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Exatas do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 2013

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações/ Evlyn M. L. de Moraes Novo. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2014.

NUSDEO, A. M. O. COMITÊ BRASIL EM DEFESA DAS FLORESTAS E DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Código Florestal e a Ciência: o que nossos legisladores ainda precisam saber. Comitê Brasil. Brasília-DF, 2012.

OSI –OPEN SOURCE INIATIVE. The open source definition (annotated): version1.9. Palo Alto, California (USA), 2015. Disponível em: <https://opensource.org/osd-annotated>. Acesso em 02 nov. 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Departamento de Assuntos Sociais. Cartografia Moderna – Mapas base para as necessidades do Mundo, 1949. Disponível em: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.b3469630;view=1up;seq=9>. Acesso em 02 de nov. de 2016.

PNUD (2014). Ranking de todas as RMs. Seção Região Metropolitana. Atlas do desenvolvimento Humano do Brasil. Consultado em 01 de julho de 2016.

PEREIRA, L. C. B. Estado, Sociedade Civil e Legitimidade Democrática. Lua Nova – Revista de Cultura e Política. n. 36, p. 85-104, 1995.

PINHO, P. M. O. **Aspectos Ambientais da Implantação de "Vias Marginais" em Áreas Urbanas de Fundos de Vale**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 1999.

POMPERMAYER, R. S. **Aplicação da análise multicritério em gestão de recursos hídricos: simulação para as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2003.

REZENDE, P. S. **Metodologia para avaliação da vulnerabilidade socioambiental: estudo da cidade de Paracatu – MG**. Programa de pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Dissertação (mestrado). Uberlândia,

2016.

REYNOSO, A. E. G. et al. *Rescate de rios urbanos*: propuestas conceptuales y metodológicas para larestauracióny rehabilitación de ríos. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010. 109p.

RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; OLIVEIRA, A. M. S.; GLERIANI, J. M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. Revista Árvore. Viçosa –MG. V. 29, n. 2, p. 203-2012, 2005.

SAATY, T. A scaling method for priorities in hierarchical structures. Psychology, v.15, p.234-281, 1977.

SAATY, T. L (1980), The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill International.

SAATY, T.L. An exposition of the AHP in reply to the paper 'remarks on the analytic hierarchy process'. Management Science v.36, 259–268, 1990.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Boletim Informativo de 2 anos**. Disponível em:< http://www.florestal.gov.br/download-document/3131-boletim-informativo-car-2-anos-abril-2016-brasil>. Acesso em 10 nov. 2016.

SANTOS A. R; PELUZIO J. B. E.; PELUZIO T. M. O.; SANTOS, G. M. A. D. A. **Geotecnologias aplicadas aos recursos florestais**. Alegre: CAUFES; 2012. p. 249.

SANTOS, A. R. Apostila de Sensoriamento Remoto. Alegre-ES, 2013. (Apostila).

SAQUET, M. A.; SILVA, S. S. MILTON SANTOS: Concepções de geografia, espaço e território. Geo UERJ. v. 2, n. 18, p. 24-42, 2008.

SARTORI, A. A. C.; POLONIO, V. D.; ZIMBACK, C. R. L. Adequação territorial com abordagem multicriterial pela análise da combinação linear ponderada. Geociências, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 192-201, 2014.

SMITH, T.R.; PEUQUET, D.J.; MENON, S.; AGARWAL, P. KBGIS-II: a knowledge-based geographic information system. International Journal of Geographic Information Systems, v. 1, n. 2, p. 149-172, 1987.

TRAFICANTE, D. P. **Fragilidade Ambiental da APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá (Perímetro Botucatú, SP, Brasil)**. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatú. 2016.

TOMMASELLI, A. M. G. Fotogrametria Básica. Presidente Prudente-SP, 2009. (Apostila).

UCHOA, H. N.; FERREIRA, P. R. Geoprocessamento com Software Livre – Versão 1.0. 2004. Rio de Janeiro - RJ. (Apostila).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – LABGEST (Laboratório de Gestão de Recursos Hídricos e Desenvolvimento Regional). Projeto Desagua. 2008. Disponível em< http://labgest.com.br/sistema/downloads/88/relatoriofinal_desagua_250408.pdf>. Acesso em out. 2016.

VALENTE, R. O. A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG.** Tese (doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo – USP. Piracicaba – SP. 2005.

VEIGA, L. A. Q.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia. Curitiba-PR, 2012. (Apostila).

ZUFFO, A.C.; REIS, L.F.R.; SANTOS, R.F.; CHAUDHRY, F.H. Aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento dos recursos hídricos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 81-102, 2002.

ANEXO 1: Ofício enviado aos analistas para o preenchimento de questionários com o objetivo de priorização de APPs para recuperação na BHSMV.

Assunto: Questionário de priorização de APPs para recuperação
Local e Data: Vitória, 25 de agosto de 2016
Destinatário: _____

Prezado,

Meu nome é Jessica Carla da Silva, sou graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES.

Venho, através deste, solicitar a sua colaboração para preenchimento de um questionário com a finalidade de auxiliar na coleta de dados para o desenvolvimento do meu Projeto de Conclusão de Curso – TCC, cujo título é: **USO DE TECNOLOGIAS GEOESPACIAIS ALIADAS À ANÁLISE MULTICRITERIAL COMO SUBSÍDIOS A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.**

MUITO OBRIGADA!

SOBRE A ÁREA DE ESTUDO:

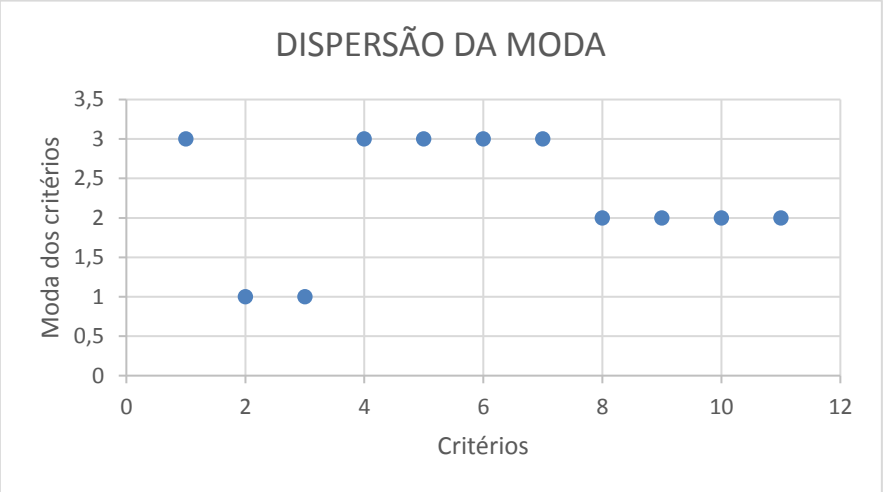
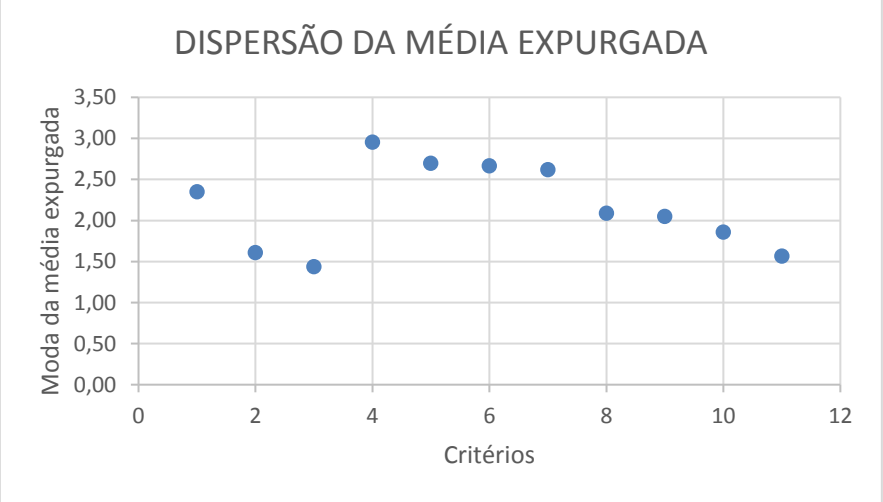
A área de estudo selecionada é a Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória - BHSMV, uma das mais importantes bacias que abastecem a região metropolitana da Grande Vitória - RMGV. Juntamente com a bacia do Rio Jucu, as bacias ocupam aproximadamente 9% do território do estado do Espírito Santo possuindo em torno 1.876 mk² de área de drenagem. Ambas são estratégicas pois além de fornecerem 99% da água potável à população capixaba também atendem ao mais expressivo complexo industrial e comercial do estado. Além disso, o Rio Santa Maria é o principal tributário de água doce do seu estuário e da baia de Vitória, sendo fundamental na manutenção desse ecossistema.

INSTRUÇÕES PARA O PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO:

- ➔ Solicita-se que seja atribuído um grau de importância aos diferentes critérios relacionados e descritos na tabela em anexo (pesos de 0 a 3), em que o objetivo é a priorização de Áreas de Preservação – APPs para recuperação, tendo-se como premissa legal o Novo Código Florestal de 2012, instituído pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012;

- ➔ **A escala de importância é crescente, ou seja, 0 significa "sem importância", 1 significa "pouca importância", 2 significa "importante" e 3 significa "extremamente importante".**
- ➔ Caso haja algum comentário ou recomendação acerca do trabalho, ficarei grata se for relatado junto ao questionário. Há um espaço logo abaixo da tabela, em anexo;
- ➔ Quaisquer dúvidas favor entrar em contato: jessica.carla10@yahoo.com.br

TABELA PARA CRITERIZAÇÃO.

N	CRITÉRIO	DESCRIÇÃO	PESO (0 – 3)
1	Proximidade de remanescente de vegetação nativa	Proximidade entre fragmentos florestais nativos e a APP.	
2	Proximidade de núcleos urbanos	Proximidades entre APP e aglomerados urbanos.	
3	Proximidade de malha viária	Proximidade entre a malha viária principal e as APP's	
4	Proximidade de APP de nascente	De acordo com a Lei nº 9.433/1997	
5	Proximidade de APP de curso d'água	De acordo com a Lei nº 9.433/1997	
6	Proximidade de APP topo de morro	De acordo com a Lei nº 9.433/1997	
7	Vulnerabilidade a erosão	Susceptibilidade de degradação das terras por erosão, expressa pela combinação da erodibilidade do solo com a declividade do terreno.	
8	Capacidade de sustentabilidade do solo	Avaliação da capacidade do solo de sustentar a vegetação nativa, estimada por meio de três fatores limitantes definidos pelo Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícolas das Terras: deficiência de fertilidade; deficiência de água; e excesso de água.	
9	Uso da terra	Classes de uso atual da terra: solo exposto; pastagem; culturas anuais; culturas perenes; área em regeneração natural; e mata ciliar.	
10	Ordem dos canais de drenagem	Ordem hierárquica dos canais naturais segundo Strahler: 1ª, 2ª e 3ª ordem, e assim sucessivamente, sendo os de 1ª ordem aqueles canais ligados diretamente à nascente.	
11	Autuações dos órgãos ambientais	Autuações já realizadas pelos órgãos ambientais na área. Ação do estado no sentido de corrigir e/ou controlar as atividades na área.	

ANEXO 2: Resultados dos questionários com 95% (2 σ)