



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Tecnologia e Ciências  
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de  
Recursos Hídricos

Helton Santos de Souza

**Análise geomorfométrica como subsídio a identificação de áreas  
prioritárias de proteção e recuperação de mananciais para abastecimento  
público**

Rio de Janeiro

2021

Helton Santos de Souza

**Análise geomorfométrica como subsídio a identificação de áreas prioritárias de proteção e recuperação de mananciais para abastecimento público**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROF-ÁGUA), na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Dourado

Rio de Janeiro

2021

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

S729 Souza, Helton Santos de.  
Análise geomorfométrica como subsídio a identificação de áreas prioritárias de proteção e recuperação de mananciais para abastecimento público / Helton Santos de Souza – 2021.  
57f.: il.

Orientador: Francisco de Assis Dourado da Silva.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia e Ciências.

1. Geomorfologia – Mapas – Flores, Rio das, Bacia (RJ) – Teses. 2. Proteção de mananciais – Teses. 3. Geomorfologia ambiental – Flores, Rio das, Bacia (RJ) – Teses. 4. Abastecimento de água – Flores, Rio das, Bacia (RJ) – Teses. I. Dourado, Francisco. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia e Ciências. III. Título.

CDU 551.4:556.36(815.3)

Bibliotecária responsável: Taciane Ferreira da Silva / CRB-7: 6337

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Helton Santos de Souza

**Análise geomorfométrica como subsídio a identificação de áreas prioritárias de proteção e recuperação de mananciais para abastecimento público**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Aprovada em 15 janeiro de 2021.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Francisco Dourado (Orientador)

Faculdade de Geologia – UERJ

---

Prof. Dra. Rosa Maria Formiga Johnsson

Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – UERJ

---

Dra. Silvia Marie Ikemoto

Instituto Estadual do Ambiente – INEA

Rio de Janeiro

2021

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial minha filhotinha Luiza Helena do Carmo Souza, que mesmo a distância foi meu Norte e é a pessoa que me faz lutar para ser uma pessoa melhor sempre, eu te amo!

Agradeço à minha família por estar ao meu lado o tempo todo e por acreditar nos meus ideais e metas estabelecidas em longo prazo, me dando ânimo para seguir em frente sempre buscando crescer mais e mais. Agradeço aos meus pais Maria Antônia Santos de Souza e Odilon Xavier de Souza pela vida e pelos ensinamentos. Agradeço à minha irmã Elen Santos, por estar ao meu lado nos momentos de alegria ou nos momentos difíceis, me dando forças para continuar o caminho. Aos meus amigos irmãos, Danny, David, Taiane, Diego Braz, Diego Liberato, Paloma e minha afilhada Maitê.

Agradeço ao professor Francisco de Assis Dourado pela parceria e orientação em ambiente de trabalho, e pela amizade e força moral nos momentos difíceis ao longo deste período de curso, sempre estimulando a confiança em mim e me fazendo pensar positivo para o prosseguimento do trabalho, buscando sempre ser o melhor. Ao Professor Fred que, com todo seu esforço, faz com que o Prof.Água Uerj continue, a Prof. Rosa Formiga que foi minha orientadora no Estágio em Docência e grande incentivadora do meu trabalho desde os meus tempos de estagiário no INEA, ao Prof. José Augusto Sapienza por todo suporte técnico e paciência no LABGIS, durante o meu Estágio profissional e também agradeço aos demais professores.

Agradecimentos especiais também aos meus amigos do INEA, ex- companheiros de trabalho que me deram toda condição de permanecer no Mestrado, principalmente a Marie Ikemoto, Patrícia Napoleão e Natalie Chagas minhas chefes no período, que de imediato me apoiaram e me deram esse suporte, a toda equipe da Gerência de Instrumentos de Gestão do Território, Paulo, Gabriel, Ronald Rebouças, Clayton Lameiras, Carlinhos, Ronald Sérgio, Helen, Albino, Ivan, Luiz, Laís, Mari, Renata e a todos os estagiários que passaram por lá, obrigado pela parceria e amizade, seja em ambiente de trabalho ou no dia-a-dia.

Agradeço especialmente aos meus amigos e companheiros de jornada, alunos da turma Prof.Água – Polo UERJ 2017, Ana Paula, Carolina, Flavio, Glauca, Jakeline, Lívia Fraga, Lívia Soalheiro, Marcelo, Márcia, Rita, Sheila, Vitor e os “Discípulos do Dourado” Marco Kaliki e

Leonardo Guedes. Todos vocês foram fundamentais nessa trajetória e agora são meus amigos que eu levarei para vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas (ANA) através do Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) pelo apoio técnico científico oferecido, e a ANA e a CAPES pelo apoio ao ProfÁgua aportado até o momento. UERJ Resiste!!

## RESUMO

SOUZA, Helton Santos de. *Análise geomorfométrica como subsídio a identificação de áreas prioritárias de proteção e recuperação de mananciais para abastecimento público*. 2021. 57f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROF-ÁGUA), Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de propor um método de análise em que, a partir dos parâmetros geomorfométricos de uma bacia hidrográfica, seja possível estabelecer um subsídio a mais na identificação de áreas com aptidão para realização de projetos cuja finalidade é a manutenção, conservação e recuperação de mananciais de abastecimento. Utilizando a ferramenta ModelBuilder, presente no software Arcgis 10.3.1, foi possível encadear informações presentes no relevo (Modelo Digital do Elevação Hidrologicamente Consistente). A metodologia utilizada para realizar o cálculo de áreas prioritárias para proteção de mananciais com vistas aos fatores geomorfométricos, foi a combinação da análise de multicritérios e álgebra de mapas. A partir destas técnicas foram calculados, o Indicador de potencialidade geomorfológica para retenção de umidade do solo, extraído da combinação entre os aspecto e curvatura do relevo, o indicador de declividade e orientação das vertentes, que foram combinados para verificar a capacidade de regeneração natural da vegetação e o fator topográfico(LS), presente na Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), que representa a susceptibilidade do relevo frente perda de solo, por fim esses índices foram combinados com a atribuição de pesos, gerando as áreas prioritárias. Dois cenários foram desenvolvidos a fim de explorar os parâmetros utilizados, no Cenário 1, o Fator Topográfico de Perda do Solo (LS), entrou na equação como um fator positivo, visando desta forma priorizar áreas com elevada perda de solo, apesar de diminuir a chance de sucesso na implementação, diminui a perda de solo e processos erosivos locais, aumentando a qualidade da água do corpo hídrico mais próximo, os resultados obtidos foram: Baixa prioridade 47,5%; Média prioridade 44,3% e Alta prioridade 8,2% da extensão da Bacia. O Cenário 2, a equação é substituída, e o fator (LS) passa a ser negativo, neste caso o objetivo é priorizar áreas cuja perda de solo ocorrem com menor frequência e desta forma aumentar as chances da regeneração e conseqüentemente diminuir os custos do projeto, o resultado sobre a área total da microbacia do Rio das Flores foi: Baixa prioridade 5,2%, Média 76,3% e Alta 18,4%. Por fim, observou-se a aplicação deste resultado em 8 propriedades que participam do projeto Conexão Mata Atlântica, demonstrando a viabilidade prática do uso do método de análise proposto.

Palavras-chave: Parâmetros Geomorfométricos. Modelo Digital Elevação Hidrologicamente Consistente. Análise de Multicritérios. Álgebra de Mapas.

## ABSTRACT

SOUZA, Helton Santos de. *Geomorphometric analysis as a subsidy to identify priority areas for protection and recovery of water sources for public supply*. 2021. 57f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROF-ÁGUA), Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

This paper was developed with the objective of proposing a method of analysis using geomorphometric parameters of a drainage basin in which is possible to establish one more subsidy to the identification of areas suitable for carrying out projects whose main purpose is the maintenance, conservation and recovery of river spring areas. Using ModelBuilder tool, present in the Arcgis 10.3.1 software, it was possible to link useful landscape information using a Hydrologically Consistent Digital Elevation Model. The methodology used to calculate priority areas for the protection of springs considering geomorphometric factors was the combination of Multicriteria analysis and Map algebra. Based on these techniques the following parameters were calculated: Geomorphologic potential indicator for soil moisture retention, extracted from the combination of aspect and curvature of the relief, the Slope and slope orientation, which was combined to verify the natural regeneration capacity of the vegetation and also the Topographic Factor (TF), present in the Universal Soil Loss Equation (USLE), which represents the susceptibility of landscape to loss of soil, finally these indexes were combined with the attribution of weights, thus generating priority areas. Two scenarios were developed in order to explore the parameters used, in Scenario 1 the Topographic Factor of Soil Loss (TF) entered the equation as a positive factor, aiming in this way to prioritize areas with high soil loss, although it decreases chance of management success, due to costs, it would lower local erosion processes and increase water quality of the nearest water body, the results obtained were: Low priority 47.5%; Medium priority 44.3% and High priority 8.2% in the extension of the drainage basin. In Scenario 2, the equation is replaced, and the factor (TF) becomes negative, in this case the objective is to prioritize areas whose soil loss occurs less frequently and thus increase the chances of regeneration and consequently decrease the costs of the magement project. The result on the total area of the Rio das Flores watershed was: Low priority 5.2%, Medium 76.3% and High 18.4%. Finally, the application of this result was observed in 8 properties participating in the project “Conexão Mata Atlântica”, demonstrating the practical feasibility of using the proposed analysis method.

Keywords: Geomorphometric parameters. Hydrologically Consistent Digital Elevation Model.

Multicriteria Analysis. Map Algebra.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Concepção teórica da síntese por álgebra de mapas e análise de multicritério.....	20
Figura 2 –	Proposta analítica para escolha dos indicadores.....	24
Figura 3 –	Modelo do indicador geomorfológico para retenção de umidade no solo.....	25
Figura 4 –	Modelo do indicador de capacidade de recuperação natural.....	26
Figura 5 –	Fator Topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS).....	27
Figura 6 –	Avaliação do Modelo Digital de Elevação.....	32
Figura 7 –	Modelo Conceitual da Metodologia Proposta.....	33
Figura 8 –	Construção da Ferramenta pelo ModelBuilder.....	35
Figura 9 –	Localização da Área Piloto.....	36
Figura 10 –	Localização das Áreas de atuação do Projeto Conexão Mata Atlântica.....	37
Figura 11 –	Mapa de Aspecto do Relevo da Bacia do Rio das Flores.....	38
Figura 12 –	Mapa de Forma do Relevo da Bacia do Rio das Flores.....	40
Figura 13 –	Mapa de Declividade do Relevo da Bacia do Rio das Flores.....	41
Figura 14 –	Mapa de Curvatura do Relevo da Bacia do Rio das Flores.....	42
Figura 15 –	Mapa de Fator LS da Bacia do Rio das Flores.....	43
Figura 16 –	Mapa de Áreas Prioritárias para Proteção e Recuperação de Mananciais - CENÁRIO 1.....	45
Figura 17 –	Mapa de Áreas Prioritárias para Proteção e Recuperação de Mananciais - CENÁRIO 2.....	46
Figura 18 –	Croqui das Propriedades Analisadas.....	47

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Legislação do Estado do Rio de Janeiro para Proteção de Mananciais e Possibilidades de Especialização.....	16
Quadro 2 –	Cenários Simulados.....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Pesos de Aspecto do Relevo.....	28
Tabela 2 –	Pesos de Forma do Relevo.....	29
Tabela 3 –	Pesos de Declividade.....	30
Tabela 4 –	Pesos de Curvatura do Relevo.....	30
Tabela 5 –	Pesos do Fator Topográfico (LS).....	31
Tabela 6 –	Análise do Percentual de Área do Aspecto do Relevo/Peso.....	39
Tabela 7 –	Análise do percentual de área de forma do relevo/Peso.....	40
Tabela 8 –	Análise do Percentual de Declividade/Peso.....	42
Tabela 9 –	Análise do Percentual de Curvatura/Peso.....	43
Tabela 10 –	Análise do Percentual de Área Fator Topográfico (LS)/Peso.....	44

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
1	<b>OBJETIVOS</b> .....	14
1.1	<b>Geral</b> .....	14
1.2	<b>Específicos</b> .....	14
2	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO CONCEITUAL</b> .....	15
2.1	<b>Proteção de Mananciais</b> .....	15
2.2	<b>Métodos Quantitativos Em Sistema De Informação Geográfica</b> .....	19
2.2.1	<u>Análise de Multicritérios</u> .....	19
2.2.2	<u>Álgebra de Mapas</u> .....	20
3	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
3.1	<b>Obtenção e Tratamento dos Dados</b> .....	22
3.2	<b>Análise Geomorfométrica no Auxilio A Determinação de Áreas Prioritárias para Proteção e Recuperação de Mananciais</b> .....	22
3.2.1	<u>Indicador geomorfológico para retenção de umidade no solo</u> .....	24
3.2.2	<u>Indicador geomorfológico para capacidade de recuperação natural</u> .....	25
3.2.3	<u>Indicador de resistência do Solo</u> .....	26
3.3	<b>Metodologia de Análise: Pesos e Parâmetros Geomorfométricos para Priorização de Áreas para Proteção de Mananciais</b> .....	27
3.3.1	<u>Aspecto do Relevo x Áreas Prioritárias</u> .....	28
3.3.2	<u>Forma do Relevo x Áreas Prioritárias</u> .....	29
3.3.3	<u>Declividade em (°) x Áreas Prioritárias</u> .....	29
3.3.4	<u>Curvatura do Relevo x Áreas Prioritárias</u> .....	30
3.3.5	<u>Fator LS x Áreas Prioritárias</u> .....	31
3.3.6	<u>Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente da bacia do rio das flores</u> .....	31
3.3.7	<u>Construindo o Modelo</u> .....	32
4	<b>ÁREA PILOTO</b> .....	36
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
5.1	<b>Caracterização Geomorfométrica da Área de Estudo</b> .....	38
5.1.1	<u>Aspecto do Relevo</u> .....	38

5.1.2	<u>Forma do Relevo</u> .....	39
5.1.3	<u>Declividade</u> .....	41
5.1.4	<u>Curvatura do Relevo</u> .....	42
5.1.5	<u>Fator LS</u> .....	43
5.2	<b>Identificação de Áreas Prioritárias para Proteção e Recuperação de Mananciais em 2 Cenários</b> .....	44
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	49
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	51
	<b>APÊNDICE A – Resultado da análise nas Propriedades da Bacia do Rio das Flores</b> .....	54

## INTRODUÇÃO

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica vem a se constituir um dos primeiros procedimentos realizados em análises hidrológicas e tem por finalidade elucidar diversas questões relacionadas ao entendimento da hidrodinâmica da Bacia (TEODORO et.al. 2007). Nesse contexto, baseado no registro das variáveis hidrológicas, é possível representar matematicamente as características físicas da bacia hidrográfica, o que permite uma integração multidisciplinar dos diferentes sistemas de gerenciamento (TUCCI, 1993).

Segundo Collares (2000) que, realizou uma profunda revisão dos parâmetros morfométricos e sua aplicabilidade, destaca-se a primeira referência aos estudos sobre sistemas de drenagem a Playfair que, em 1802, baseou-se na observação, relatando as relações entre o rio principal e seus afluentes, que formavam um conjunto de canais comunicantes, denominando a observação como “Lei das Junções Concordantes”.

Com referência a estudos clássicos, diversos autores desenvolveram metodologias que visavam a avaliação quantitativa dos padrões de relevo, forma e drenagem das Bacias (HORTON,1945; STRAHLER,1957). Novos métodos de análise de rios foram propostos, como a ordenação de canais, medidas de comprimento, razão de bifurcação, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, assim com o início de uma visão integrada da rede de drenagem e forma do relevo (STRAHLER,1957).

No Brasil, na década de 70, destaca-se o professor Antônio Christofolletti, que passa a agrupar valores de drenagem com aspectos hipsométricos, envolvendo inter-relações existentes entre unidades lineares e planimétricas, como a variação altimétrica, amplitude do relevo e índices de rugosidade (CHRISTOFOLETTI, 1970;1974). Tais avaliações geomorfométricas e morfométricas possuem diferentes aplicações no âmbito da bacia, devido a sua estreita relação com os padrões de paisagem (SOARES et.al, 2015).

Com a difusão de novas técnicas de geoprocessamento, assim como o avanço da tecnologia de satélites na obtenção de informações referentes ao relevo terrestre, cresce o número de trabalhos que propõem técnicas de automatização de rotinas em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) com objetivo de aplicações em modelagem hidrológica (ÁVILA et.al,2007).

Portanto, é de suma importância relacionar diferentes informações referentes ao relevo de uma Bacia Hidrográfica, utilizando as novas tecnologias e insumos e assim contribuir com

estudos de que visam aperfeiçoar o seu gerenciamento, pois configura-se como a unidade territorial de planejamento, descrita no Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL,1997).

## 1 OBJETIVOS

### 1.1 Objetivos Gerais

O presente estudo visa criar mecanismos que, através de informações geomorfométricas, auxiliem na determinação áreas prioritárias para proteção, recuperação e manutenção de Mananciais de abastecimento, tendo como base o Modelo Digital e Elevação Hidrológicamente Consistente.

### 1.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar conceitualmente os fatores geomorfométricos e as combinações através de álgebra de mapas e multicritérios, que podem auxiliar na análise proposta;
- b) Automatizar o método selecionado utilizando a ferramenta *ModelBuilder*;
- c) Aplicar a ferramenta automatizada em uma área-piloto, a Bacia Hidrográfica do Rio das Flores.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO – CONCEITUAL

### 2.1 Proteção De Mananciais

A literatura atual não aponta uma definição consensual sobre o conceito de manancial, no entanto o Atlas dos Mananciais de Abastecimento Público do Estado do Rio de Janeiro (INEA, 2018), considera o manancial como sendo, uma fonte de retirada de água, superficial ou subterrânea, para abastecimento e consumo da população, da indústria, da agricultura e demais usos, cuja finalidade é atender às demandas atuais e futuras.

O consumo humano não representa demanda significativa quando comparada com a irrigação, no entanto este consumo limita-se hoje a degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas e a grande concentração de demanda em centros urbanos (TUCCI et al, 2001). Atualmente, boa parte dos mananciais de abastecimento de grandes cidades encontram-se bastante degradados, as consequências imediatas disso são a poluição das águas, o comprometimento da saúde e da qualidade do meio ambiente e a própria extinção dos mananciais, pondo em risco a segurança hídrica em escala local e ou, regional.

O Estado do Rio de Janeiro a Lei nº650 de 11 de janeiro de 1983, estabelece a Política Estadual de defesa das bacias fluviais e lacustres, bem como a preservação dos mananciais hídricos, presente na Lei nº1130 de 12 de fevereiro de 1987, em seu art. 6º que, considera as áreas de interesse e especial para proteção de mananciais, a área da bacia contribuinte situada à montante dos pontos de captação, esta região também é chamada de área drenante ao ponto de captação, cuja configuração espacial se assemelha muito uma bacia hidrográfica, por definição.

Nesse contexto, dentre os objetivos e desafios de uma política de proteção de mananciais, destaca-se o desenvolvimento de ações que visam proteger os mananciais de abastecimento de interesse público, e desta forma reverter a degradação ambiental e dos ecossistemas a ele associados (INEA, 2018).

A legislação Estadual trata da caracterização e espacialização das bacias, demonstrando quais principais medidas relacionadas ao ordenamento territorial e restrições ao uso e ocupação do solo, em destaque as áreas de interesse para proteção de mananciais (Ikemoto & Johnsson, 2017).

Quadro 1 - Legislação do Estado do Rio de Janeiro para Proteção de Mananciais e Possibilidades de Espacialização. (continua)

Legislação do Estado do Rio de Janeiro	Principais aspectos relacionados a proteção de mananciais e sua espacialização
<p>Constituição do Estado do Rio de Janeiro, 05 de outubro de 1989</p>	<p>Estabelece no Art. 231, § 1o, que o plano diretor é parte integrante de um processo contínuo de planejamento a ser conduzido pelos municípios, contemplando a defesa dos mananciais e demais recursos naturais. Estabelece no Art. 278 a vedação da criação de aterros sanitários à margem de rios, lagos, lagoas, manguezais e mananciais.</p>
<p>Lei Estadual nº 1.130, de 12 de fevereiro de 1987</p>	<p>Art. 3o - Consideram-se de Interesse Especial do Estado as seguintes áreas: III - Áreas de proteção de mananciais            Art. 6o - Consideram-se áreas de interesse especial para a proteção de mananciais, as áreas das bacias contribuintes situadas a montante, ou seja, acima dos pontos de captação dos mananciais, cujo o interesse especial é o de assegurar o abastecimento d'água atual e futuro da população do Estado.            § 1o - Na Região Metropolitana serão considerados os mananciais atualmente utilizados e os potencialmente utilizáveis, conforme definidos pela CEDAE e pela CAEMPE.            § 2o - Nas demais regiões do Estado, as áreas a que se refere o caput deste artigo abrangem as seguintes categorias de mananciais, a saber: a) Classe I – são os mananciais cujas águas podem ser utilizadas sem prévia desinfecção; b) Classe II - são os mananciais cujas águas dependem de tratamento convencional, a fim de que possam ser utilizadas.</p>
<p>Decreto Estadual nº 9.760 de 11 de março de 1987</p>	<p>Localiza as áreas de interesse especial do interior do estado, e define as normas de ocupação a que deverão submeter-se os projetos de loteamentos e desmembramento a que se refere o art. 13 da Lei Federal nº 6.766/79.</p>
<p>Lei Estadual nº 4930, de 20 de dezembro de 2006</p>	<p>Estabelece no Art. 2o, que os órgãos estaduais de meio ambiente, deverão garantir o levantamento junto aos municípios da situação sobre o abastecimento público de água, fontes alternativas e mananciais utilizados; e o controle da poluição e monitoramento dos mananciais e fontes alternativas de abastecimento de água para consumo humano.</p>

Quadro 1 - Legislação do Estado do Rio de Janeiro para Proteção de Mananciais e Possibilidades de Espacialização. (continuação)

<p><b>Decreto Estadual n° 41.844 de 04 de maio de 2009</b></p>	<p><b>Estabelece definições técnicas para alocação do percentual a ser distribuído aos municípios em função do ICMS ecológico. Um dos critérios adotados é o Índice Relativo de Mananciais de Abastecimento (IRMa), beneficiando municípios que abrigam em seu território parte ou o todo de bacias de mananciais superficiais, com captação para abastecimento público de municípios localizados fora da bacia.</b></p>
<p><b>Decreto Estadual n° 42.029 de 15 de junho de 2011</b></p>	<p><b>Regulamenta o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais, subordinado ao Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos - PROHIDRO, previsto nos artigos 5 e 11 da Lei n 3.239, de 02 de agosto de 1999, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos. Os investimentos deverão priorizar as áreas rurais e de mananciais de abastecimento público.</b></p>
<p><b>Resolução INEA No 89, de 03 de junho de 2014</b></p>	<p><b>Art. 1 - Dispor sobre as proporções mínimas aplicáveis para reposição florestal, decorrentes do corte ou supressão de vegetação pertencente às formações florestais nativas e ecossistemas associados do Bioma Mata Atlântica, bem como de intervenções em Áreas de Preservação Permanente- APP, para fins de licenciamento ambiental e/ou de autorização para supressão de vegetação nativa-ASV no Estado do Rio de Janeiro.</b></p> <p><b>Art. 4 - Para fins de cumprimento do disposto nesta Resolução, o empreendedor deverá, prioritariamente: I - Destinar área para conservação, de acordo com o art. 3, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica, sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica.</b></p>
<p><b>Resolução INEA no 149 de 24 de janeiro de 2018</b></p>	<p><b>Disciplina a regularização ambiental dos imóveis rurais do Estado do Rio de Janeiro que possuem passivos ambientais relativos às Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de Uso Restrito.</b></p>

Quadro 1 - Legislação do Estado do Rio de Janeiro para Proteção de Mananciais e Possibilidades de Espacialização. (conclusão)

<p><b>Resolução SEAS no 586 de 04 de maio de 2018</b></p>	<p><b>Art. 16 - Deverão ser adotados como instrumentos para elaboração dos Termos de Referência, análise e seleção de projetos: I - o Mapa das Áreas Prioritárias para Restauração Florestal visando à proteção de mananciais de abastecimento no estado do Rio de Janeiro, elaborado pelo INEA; II - o Banco Público de Áreas para Restauração - BANPAR, conforme disposto na Resolução INEA no 140/2016; III – o Sistema Estadual de Monitoramento e Avaliação da Restauração (SEMAR), conforme disposto na Resolução INEA no 143/2017; IV - o Cadastro Ambiental Rural - CAR e o Programa de Regularização Ambiental - PRA do estado do Rio de Janeiro, conforme regulamento.</b></p>
<p><b>Resolução INEA no 158 de 2018 de 27 de novembro de 2018</b></p>	<p><b>Art. 1, § 10- O Programa Pacto pelas Águas tem como objetivos: I. Proteger e recuperar mananciais estratégicos de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro, de modo a garantir bem-estar humano, a segurança hídrica e a saúde dos ecossistemas associados à água a médio e longo prazo. II. Promover e apoiar iniciativas de conservação florestal, restauração florestal, conversão produtiva e conservação da água e do solo; pagamento por serviços ambientais e subsídios ao planejamento e ordenamento territorial em áreas de mananciais de abastecimento público.</b></p>
<p><b>Resolução CERHI-RJ no 218/2019, de 16 de outubro de 2019</b></p>	<p><b>Art. 4º - Os instrumentos de gestão de recursos hídricos, digam-se os planos de bacias hidrográficas e o PROHIDRO, deverão priorizar que as iniciativas para proteção e recuperação de mananciais sejam desenvolvidas em Áreas de Interesse para Proteção e Recuperação de Mananciais (AIPMs). Art. 5º - As áreas prioritárias para restauração florestal visando à proteção e recuperação de mananciais (APRF) constituem áreas prioritárias para investimentos e intervenções dos planos de bacia e subseqüente projetos dos comitês, PROHIDRO, e PRO-PSA considerando critérios relacionados à maior potencialidade ambiental para a restauração florestal e de maior pressão sobre os recursos hídricos em áreas de interesse para proteção e recuperação de mananciais. Art. 9º - Fica instituído o Cadastro Estadual de Iniciativas de Proteção e Recuperação de Mananciais (CEPRM).</b></p>

## 2.2 Métodos Quantitativos Em Sistema De Informação Geográfica

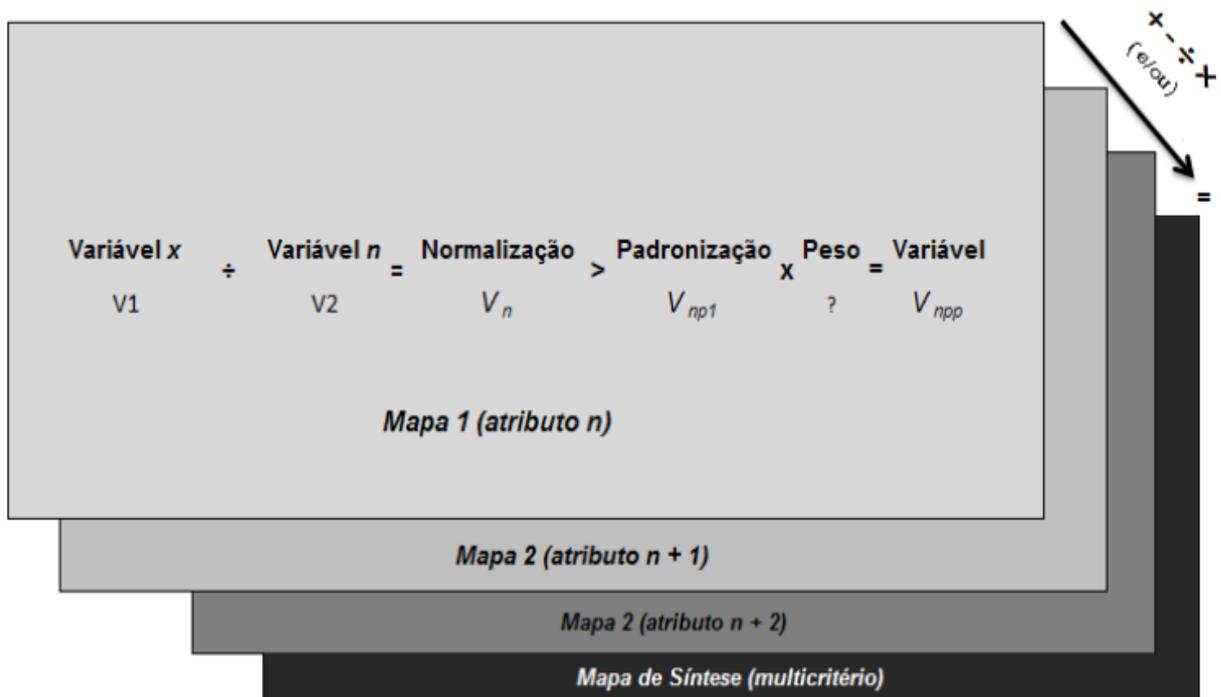
### 2.2.1 Análise de Multicritérios

Os procedimentos de avaliação multicritério, baseados em Sistemas de informação geográfica, envolvem um conjunto de alternativas geograficamente definidas, como exemplo, a suas características expressas em variáveis e o seu conjunto de critérios para avaliação, representado como camadas de mapas (Figura 1). O problema consiste em combinar tais critérios aos mapas, de acordo com valores de atributos de preferência dos tomadores de decisão. (MOKARRAN AND AMINZADEH, 2010).

As técnicas de modelagem matemática podem ser utilizadas para gerar dados de entrada que partem da análise por multicritérios, de forma a explorar diferentes alternativas, como afirma Ascough et al. (2002). As técnicas de avaliação multicritério são utilizadas para identificar melhores soluções com base em informações específicas da região e suas ponderações associadas. Uma vez que um resultado satisfatório é obtido, as propriedades gráficas dos programas de SIG têm então um outro papel na exibição dos mesmos (CARVER, 1991).

Contudo é importante frisar que, os SIGs e a análise multicritério são ferramentas que fornecem um meio para um fim. Sem o conhecimento e a experiência do operador e dos tomadores de decisão, e sem dados devidamente selecionados, as ferramentas tornam-se ineficazes. Entretanto, reconhecendo as suas limitações, as aplicações “SIG-MCE” (Avaliação Multicritério) representam potencialidades produtivas para a pesquisa e desenvolvimento de diferentes métodos (CARVER, 1991).

Figura 1 - Concepção teórica da Síntese por álgebra de mapas e análise de multicritério



Fonte: SAMPAIO,2012.

### 2.2.2 Álgebra de Mapas

As inquietações referentes às questões de modelagem de dados espaciais e o aumento da conscientização, assim como, uma maior utilização pela sociedade, das geotecnologias em auxílio a tomada de decisão, contribuíram para o desenvolvimento de estudos que tornam os Sistemas de Informação Geográfica, imprescindível para desenvolvimento de uma análise espacial (ROCHA et al, 2004; MENEZES 2003; CÂMARA et al, 2007).

O processo de combinar, integrar e transformar a informação através de diferentes camadas, utilizando adição e subtração de informações é chamada álgebra de mapas, a modelagem cartográfica envolve mapas e modelos, ou seja, modelos expressos em mapas (TOMLIN, 1990). SOARES FILHO (2000), destaca que um modelo cartográfico pode ser simplificado a uma coleção de mapas ou camadas de mapas, pertencente a uma área comum, compondo operações entre seus elementos.

Rocha et al. (2004), define análise espacial como sendo uma ferramenta que possibilita manipular dados espaciais de diferentes formas, e assim extrair conhecimento um adicional como resposta. A análise espacial apresenta duas vertentes principais, são elas: a estatística espacial e a geocomputação (MENEZES 2003). A primeira gera modelos matemáticos de

distribuição e correlação, aos quais, incorporam propriedades de significância e incerteza, resultante da dimensão espacial. Já a geocomputação usa técnicas de redes neurais e os autômatos celulares, para explorar grandes bases de dados e gerar resultados empíricos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Obtenção e Tratamento dos Dados

Os dados utilizados foram obtidos através da plataforma geoINEA, o portal de dados espaciais do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), segue os padrões da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE/CONCAR), na aba “Bases Cartográficas” nesta aba é possível encontrar dados provenientes do projeto RJ25.

De acordo com os metadados, esta base compõe o conjunto de dados geoespaciais de referência, estruturados em bases de dados digitais, que permite uma visão integrada do território do Estado do Rio de Janeiro para essa escala. A base foi gerada a partir de interpretação de fotografias aéreas, na escala aproximada de 1:30.000, levantamentos em campo e por informações de órgãos setoriais parceiros. A BC25\_RJ foi estruturada em conformidade com a Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV), representando elementos para as 13 Categorias de Informações previstas. As categorias são compostas pelas classes de elementos geográficos que representam o território nessa escala. As classes de elementos possuem atributos geométricos e semânticos compatíveis com o mapeamento sistemático básico terrestre (IBGE, 2017).

Foram obtidos três dados primordiais para elaboração do MDE pelo método de interpolação Topo To Raster descrito no item 3.2.6 deste capítulo: Trecho de Drenagem, Ponto Cotado Altimétrico e Curvas de Nível, ambos na Escala 1:25.000.

#### 3.2 Análise Geomorfométrica no Auxílio A Determinação de Áreas Prioritárias para Proteção e Recuperação de Mananciais

De acordo com Mello e Silveira, 2018, a análise geomorfométrica consiste na quantificação da superfície terrestre com enfoque na extração de parâmetros calculados de Modelos Digitais de Elevação (MDEs), também compreendida como análise digital do relevo. A representação matemática do fluxo de água e seus constituintes sobre alguma parte da superfície, ou da subsuperfície terrestre, tem a bacia hidrológica como principal recorte de

estudo, pois constitui a unidade espacial ideal para modelagem, uma vez que, agrega elementos que consideram as propriedades médias para toda uma região, levando em conta desta forma, as características físicas espacialmente distribuídas (RENNÓ; SOARES, 2008).

Para Moore et.al., 1993, os modelos tratam da distribuição espacial do fluxo de água da bacia hidrográfica extraíndo dados topográficos da mesma, tais como limite físico da bacia e sub-bacias, inclinação do relevo, comprimento de rampa, forma do relevo, orientação das vertentes e caracterização da drenagem e sua conexão entre áreas que definirão como a água se move através da paisagem.

As feições geomorfológicas trazem informações fundamentais a sobre a dinâmica da paisagem, elas podem indicar áreas propícias ao armazenamento de água, a recuperação de vegetação e a capacidade do solo de resistência à erosão. Propiciando desta forma o mapeamento de áreas passíveis a implementação de políticas voltadas a garantia da segurança hídrica regional e ou local, através da proteção e recuperação dos mananciais.

A análise morfométrica constitui um conjunto de procedimentos que possuem como orientação, a investigação e a compreensão dos componentes naturais da bacia hidrográfica (SANTOS; MORAES, 2012). As abordagens relacionadas às informações oriundas de cálculos de índices morfométricos, podem subsidiar a delimitação de áreas estratégicas e a partir do ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), é possível desenvolver cenários com o propósito de identificar dados quantitativos necessários para produzir informação qualitativa ao planejamento e tomada de decisão.

A escolha dos indicadores se deu de forma a atender três premissas que determinam o grau de prioridade para proteção de mananciais especializado em uma determinada área (Figura 2), a disponibilidade hídrica, tanto em qualidade, quanto em quantidade, de uma determinada região está associada, dentre outros fatores, a capacidade de armazenamento de água, de regeneração natural e resiliência do solo.

Figura 2 - Proposta analítica para escolha dos indicadores.



Fonte: O autor, 2020.

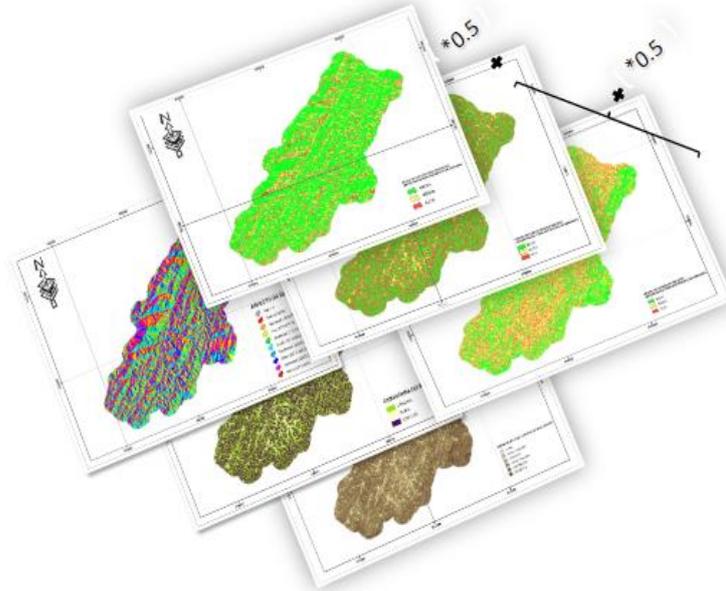
### 3.2.1 Indicador geomorfológico para retenção de umidade no solo

Este indicador traduz o potencial de armazenamento de água no solo, indicando as áreas que devem ser priorizadas em projetos que visam o aumento da disponibilidade hídrica. Ele reúne as informações de forma, aspecto e curvatura do relevo (Silva e Oliveira, 2004; Sístole et al., 2008; Oliveira et al., 2016; INEA, 2018).

As áreas com valores mais altos deste índice indicam a distribuição espacial das zonas de elevada saturação hídrica, geralmente estão associadas a regiões de escoamento superficial com grande área de contribuição, baixa declividade e relevos mais planos. Já os valores mais baixos do índice são encontrados normalmente em áreas onde a declividade é alta e os solos são mais rasos, sendo normalmente áreas de recarga de água subterrânea (LOPES, 2012).

O modelo a ser utilizado no presente trabalho foi gerado a partir do método de análise de multicritérios assim como álgebra de mapas, resultando em pesos atribuídos (figura: 3) as classes aspecto, curvatura e forma do relevo e posteriormente aplicada a fórmula (Pesos Aspecto) \*0.5 + (Pesos curvatura + Forma do relevo) \*0.5. (INEA, 2018).

Figura 2 - Modelo do indicador geomorfológico para retenção de umidade no solo

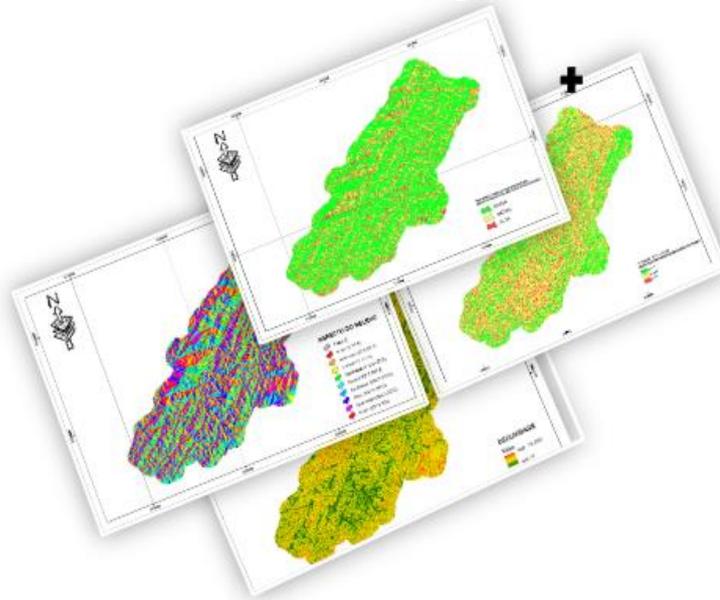


Fonte: O autor, 2020.

### 3.2.2 Indicador geomorfológico para capacidade de recuperação natural

Visando o aumento da possibilidade de sucesso do projeto de recuperação do manancial é de suma importância conhecer áreas capazes de se regenerar de forma natural, a combinação das informações sobre aspecto e declividade do relevo pode auxiliar na determinação de tais áreas (Santos et al., 2017). O cálculo utilizado foi a soma simples após os pesos atribuídos aos dados base, (Pesos de Aspecto + Pesos de Declividade).

Figura 4 - Modelo do indicador geomorfológico de capacidade de recuperação natural



Fonte: O autor, 2020.

### 3.2.3 Indicador de resistência do Solo

Para gerar esse índice, foi considerado o Fator Topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)<sup>1</sup>. O objetivo deste fator é representar as áreas com menor e ou, maior susceptibilidade à erosão do solo, portanto pode ser utilizado de diferentes formas dependendo do objetivo final proposto, pois áreas com menor susceptibilidade devem ser priorizadas em projetos que visam aumentar a probabilidade de sucesso das ações de restauração e recuperação, por outro lado se o objetivo for diminuir a degradação do ambiente a fim de impedir processos de erosão, áreas com maior probabilidade devem ser priorizadas. (Pinheiro e Cunha, 2010; Wischmeier, 1962; Chorey, 1971; Lal, 2001; Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

<sup>1</sup> A EUPS, desenvolvida pelos cientistas da ARS W. Wischmeier e D. Smith, é a equação de perda de solo mais amplamente aceita e utilizada.

Figura 5 - Fator Topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)



Fonte: PELTON *et.al*,2014.

### 3.3 Metodologia De Análise: Pesos E Parâmetros Geomorfométricos Para Priorização De Áreas Para Proteção De Mananciais

Como a finalidade a combinação de diferentes dados obtidos a partir do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente consistente, foram extraídas informações de aspecto, forma, curvatura do relevo, declividade resultando no indicador geomorfológico para retenção de umidade no solo e no indicador de capacidade de recuperação natural, além disso o acúmulo de fluxo, combinado a declividade, resultou no Fator LS, fator topográfico de perda do solo.

Aos Parâmetros mencionados, foram atribuídos pesos, cabe frisar que as características do esquema escolha de pesos, segue critérios subjetivos e bibliográfico sobre o tema, esses critérios dizem respeito ao conhecimento técnico e conceitual e teórico do pesquisador, mas podem também seguir o resultado de um painel de especialistas sobre o assunto que, poderiam auxiliar na escolha de temas, assim como na elaboração de pesos a partir de características regionais da área de estudo.

### 3.3.1 Aspecto do Relevo x Áreas Prioritárias

O Aspecto do relevo identifica a orientação da encosta, ou seja, ele corresponde a direção de declive de uma determinada célula em relação às células vizinhas, seus valores estão distribuídos em grades cujas direções são angulares variando de 0 a 360°, as células que possuem valor -1 atribuído correspondem a áreas planas. Sua orientação, se nos seguintes valores: norte (0°-22,5° e 337,5°-360°), nordeste (22,5°-67,5°), leste (67,5°-112,5°), sudeste (112,5°-157,5°), sul (157,5°-202,5°), sudoeste (202,5°-247,5°), oeste (247,5°-292,5°) e noroeste (292,5°-337,5°).

Tabela 1 - Pesos de aspecto do relevo

<b>ASPECTO</b>	<b>PESOS</b>
<b>PLANA</b>	<b>0</b>
<b>NORTE</b>	<b>0</b>
<b>NORDESTE</b>	<b>0</b>
<b>LESTE</b>	<b>2</b>
<b>SUDESTE</b>	<b>1</b>
<b>SUL</b>	<b>2</b>
<b>SUDOESTE</b>	<b>1</b>
<b>OESTE</b>	<b>0</b>
<b>NOROESTE</b>	<b>0</b>
<b>NORTE</b>	<b>0</b>

Fonte: O autor, 2020.

Em relação a distribuição de pesos, levando em consideração a localização espacial do Estado do Rio de Janeiro, é possível afirmar que, a orientação das encostas direcionadas ao Oceano Atlântico permite uma maior incidência de ventos úmidos, desta forma, as encostas com orientação L (leste) e S (sul) são mais úmidas, e as encostas N (norte) e NE (nordeste) são mais secas, o que interfere diretamente nos processos de regeneração natural regional (Marques et al., 2005).

### 3.3.2 Forma do Relevo x Áreas Prioritárias

A análise da forma do relevo seguiu a classificação da Embrapa (1979) onde os intervalos em porcentagem são: 0 – 3% relevo plano, 3% – 8% relevo suavemente ondulado, 8% – 20% relevo ondulado, 20% – 45% relevo fortemente ondulado, 45% – 75% relevo montanhoso e maior que 75% escarpado ou fortemente montanhoso.

Tabela 2 - Pesos de forma do relevo

<b>FORMA</b>	<b>PESOS</b>
<b>PLANA</b>	<b>1</b>
<b>SUAVE ONDULADA</b>	<b>1</b>
<b>ONDULADA</b>	<b>2</b>
<b>FORTE ONDULADA</b>	<b>0</b>
<b>MONTANHOSA</b>	<b>0</b>
<b>ESCARPADA</b>	<b>0</b>

Fonte: O autor, 2020

A distribuição de pesos considerou as áreas que possuem relevo Ondulado como prioritárias, pois no caso da Bacia do Rio das Flores, além de serem áreas em grande parte de pasto abandonado, nos dias de hoje, também sofre bastante com processos erosivos devido ao seu passado de exploração. Já as áreas Planas, e ou, suavemente onduladas também possuem potencial de recuperação, no entanto, são áreas já destinadas a algum tipo de uso antrópico, o que dificulta as ações de mobilização dos proprietários.

### 3.3.3 Declividade em (°) x Áreas Prioritárias

O Parâmetro declividade em Graus (°) também foi analisado, tendo em vista a utilização das informações, são parâmetros de entrada para execução do Fator LS. Dos pesos atribuídos deu-se maior importância as áreas que variam de 20 – 45(°), pois foi levado em consideração o

histórico de uso do solo para agricultura temporária, nas regiões mais baixas 0 – 20(°), dificultando o acesso e utilização para projetos de recuperação.

Tabela 1 - Pesos de Declividade

<b>DECLIVIDADE (°)</b>	<b>PESOS</b>
<b>0 - 20</b>	<b>1</b>
<b>20 - 45</b>	<b>2</b>
<b>&gt;45</b>	<b>0</b>

Fonte: O autor,2020

A declividade pode ser descrita como a mudança de elevação em uma determinada distância que, corresponde ao ângulo de inclinação da superfície local, possuindo ação direta sobre o equilíbrio entre o escoamento superficial e a infiltração direta de água no solo, além de ser um fator controlador da intensidade de fluxos de matéria e insolação.

### 3.3.4 Curvatura do Relevo x Áreas Prioritárias

A curvatura do relevo apresenta nas áreas côncavas os processos de acúmulo de sedimentos e água, por outro lado, nas áreas convexas ocorrem os processos de dispersão de sedimentos e água. As áreas planas, por sua vez, apresentam ambientes mais estáveis, pois tendem a apresentar menos movimento de sedimentos e água em relação às outras classes. No entanto, as características da superfície estão associadas também à migração e acúmulo de nutrientes, matéria orgânica e água no solo (Schmidt et al., 2003).

Tabela 4: Pesos curvatura do relevo

<b>CURVATURA</b>	<b>PESOS</b>
<b>CÔNCAVA</b>	<b>2</b>
<b>PLANA</b>	<b>1</b>
<b>CONVEXA</b>	<b>0</b>

Fonte: O autor,2020

### 3.3.5 Fator LS x Áreas Prioritárias

O fator topográfico de susceptibilidade à erosão (LS) representa a influência do comprimento da encosta (L) (ou área de contribuição de cada ponto) e declividade (S) da mesma no processo de erosão. O fator conjunto LS é a relação esperada de perda do solo por unidade de área em um declive qualquer em relação às perdas de solo correspondentes de uma parcela unitária de 22.1 m de comprimento e 9% de declive. Quanto maior for o comprimento de uma vertente maior será o volume do escoamento e, conseqüentemente, o poder de erosão. Da mesma forma, quanto maior o grau de declividade do terreno, maior será a velocidade de escoamento.

Tabela 2: Pesos do Fator Topográfico (LS)

<b>FATOS LS</b>	<b>PESOS</b>
<b>BAIXA</b>	<b>0</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>1</b>
<b>ALTA</b>	<b>2</b>

Fonte: O autor,2020

### 3.3.6 Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente da bacia do rio das flores

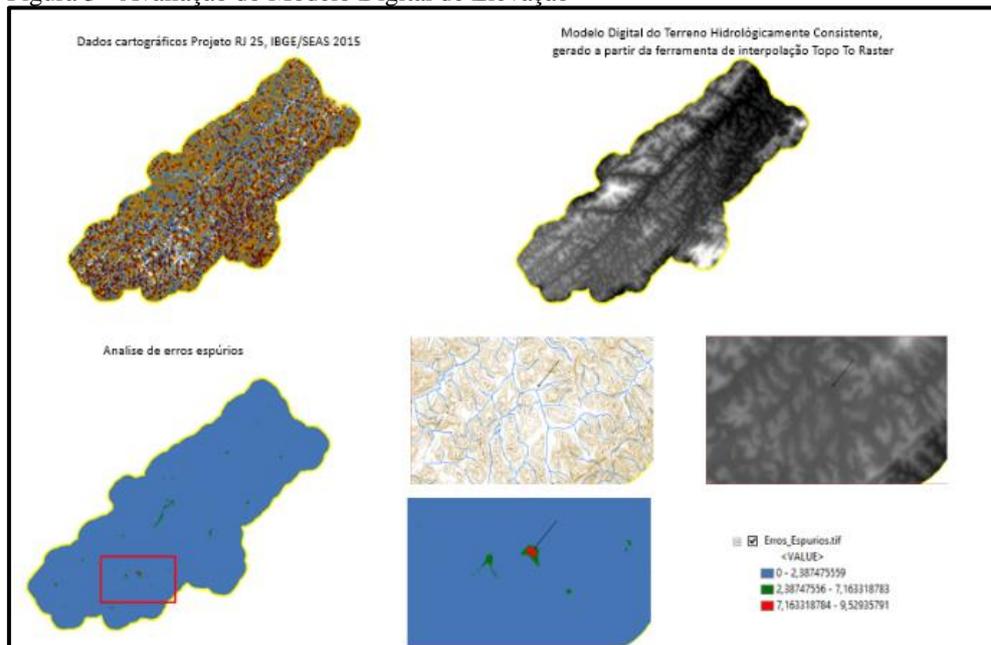
Os atributos topográficos podem ser computados a partir de um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), tais informações foram obtidas através do método de interpolação Topo to Raster, que utiliza dados de pontos, linha e polígono e é baseado no programa ANUDEM, desenvolvido por Michael Hutchinson (1988,1989,1996,2000,2011).

A ferramenta Topo to Raster possui a característica de interpolar valores de elevação por varredura, o que garante a representação correta dos sulcos e fluxos, além disso, foi projetado para aproveitar diversos tipos de dados de entrada normalmente disponíveis em escala mais detalhada do que os modelos digitais altimétricos de origem orbital. O projeto RJ 25,

disponibiliza dados como, rede de drenagem, pontos cotados, curva de nível e massa d'água, que podem ser interpolados a fim de se obter o modelo digital do terreno. (IBGE, 2014).

Com essas informações foi possível realizar um estudo mais próximo da realidade local e assim determinar com mais clareza, áreas que, do ponto de vista geomorfométricos, devem ser destinadas a proteção e recuperação de mananciais na Bacia em tela. Para ter certeza da qualidade do Modelo gerado a partir das informações cartográficas e da ferramenta Topo To Raster, foi realizado um teste do modelo que consistiu em aplicar a ferramenta Fill (preenchimento), da bacia, ou seja, áreas com distorção altimétrica foram corrigidas, após a correção, observou-se a diferença entre o resultado do Fill e o MDT original, desta forma foi possível observar que a mudança no modelo foi satisfatória do ponto de vista da escala, pois houve pouca modificação do mesmo, a maior parte ficou entre 2 e 7 metros, não ultrapassando 10 metros de ajuste em toda a extensão da Bacia.

Figura 3 - Avaliação do Modelo Digital de Elevação



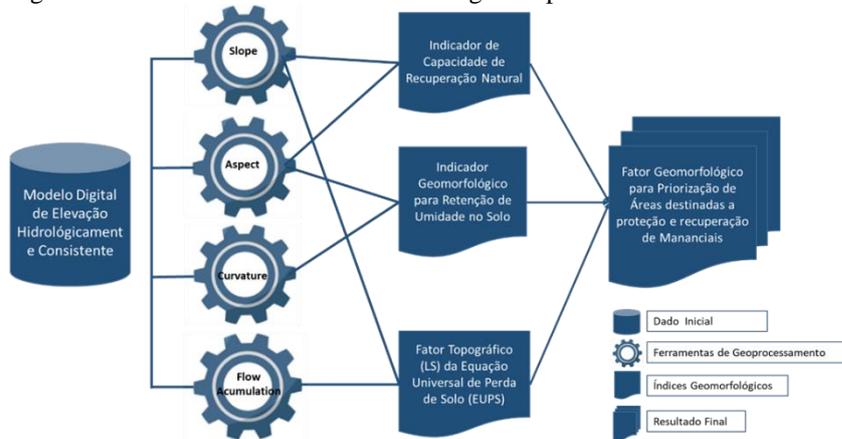
Fonte: O autor, 2020.

### 3.3.7 Construindo o Modelo

De acordo como a documentação do programa ArcGis, o ModelBuilder é um aplicativo utilizado para criar, editar e gerenciar modelos. Modelos são fluxos de trabalho que encadeiam seqüências de ferramentas de geoprocessamento e fornecem a saída de uma ferramenta para

outra como entrada. O ModelBuilder também pode ser considerado uma linguagem de programação visual para a criação de fluxos de trabalho. (Esri, 2014)

Figura 4 - Modelo Conceitual da Metodologia Proposta



Fonte: Autor,2020.

A construção da ferramenta de determinação de áreas prioritárias para proteção de mananciais, reuniu as etapas de definição dos parâmetros, pesos e cálculos, levando em consideração apenas as informações geomorfométricas que foram extraídas do modelo digital de elevação Hidrológicamente consistente, com a finalidade de tornar a ferramenta flexível e capaz de se adaptar a diferentes regiões, características e objetivos dos projetos.

A função em destaque (Figura 10), corresponde ao método utilizado na construção da ferramenta, através da ferramenta ModelBuilder no ArcGis, permite a utilização de ferramentas já presentes no programa, assim como diferentes tipos de cálculos e expressões, passíveis de serem realizados através da ferramenta Raster Calculator. A construção seguiu as seguintes etapas:

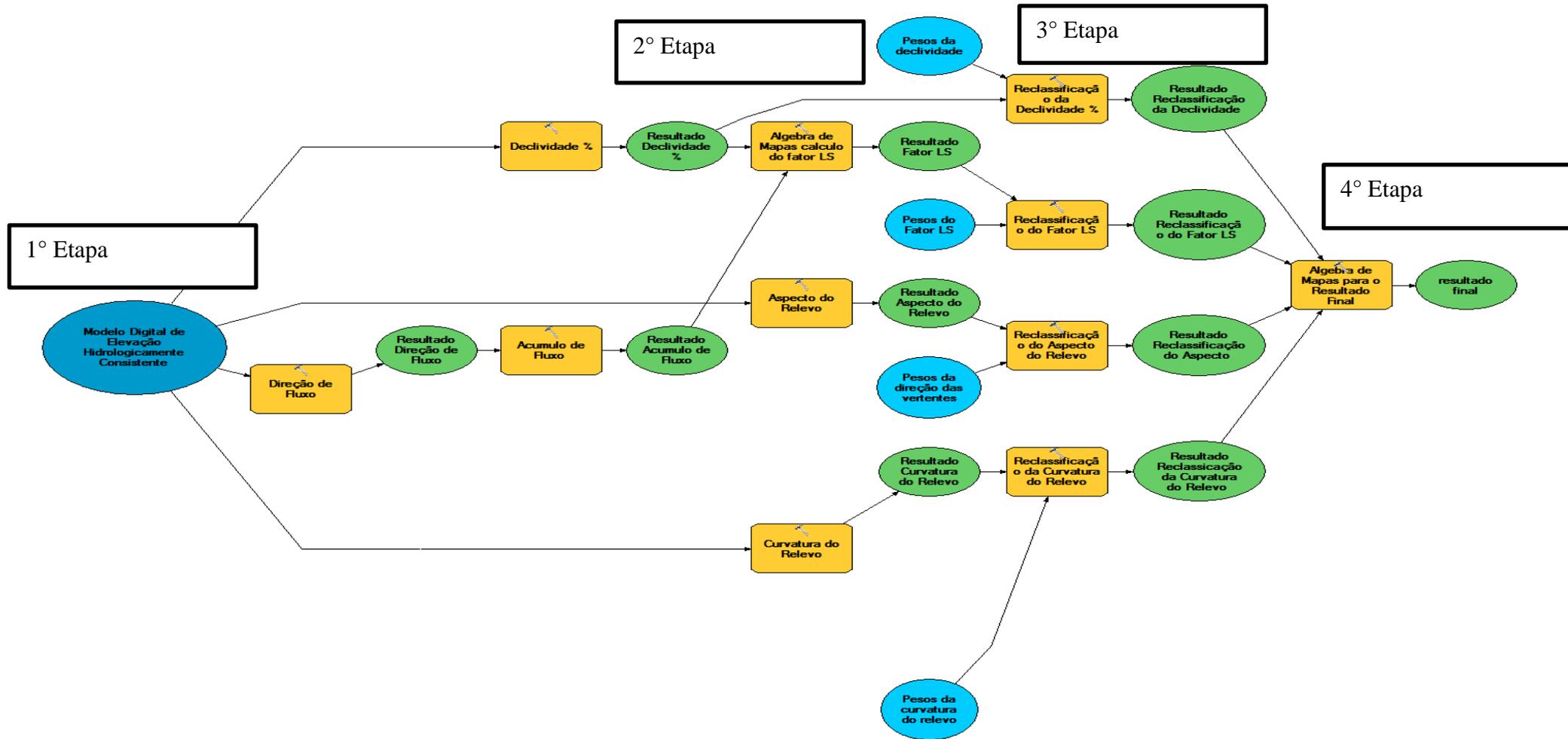
***1ª Etapa: Inserção do dado de entrada, Modelo Digital de Elevação Hidrológicamente Consistente, ou seja, corrigida falhas, como depressões, ou picos de elevação espúrios.***

***2ª Etapa: Utilização das Ferramentas presentes no software para elaboração dos dados base, são elas: Aspect, Curvature, Slope em Percentual para a elaboração da forma do relevo e em Graus para elaboração da declividade, assim como a Flow Direction e Flow Accumulation, para a definição do Fator LS, cabe ressaltar que estas ferramentas estão presentes na extensão Spatial Analyst.***

*3ª Etapa: Reclassificação dos resultados primários para atribuição dos pesos a cada classe. A ferramenta Reclassify, também presente na extensão Spatial Analyst.*

*4ª Etapa: Após a extração dos indicadores e Fator LS, elaboração dos cálculos, utilizando a ferramenta Raster Calculator, gerando desta forma o resultado.*

Figura 5 - Construção da Ferramenta pelo ModelBuilder



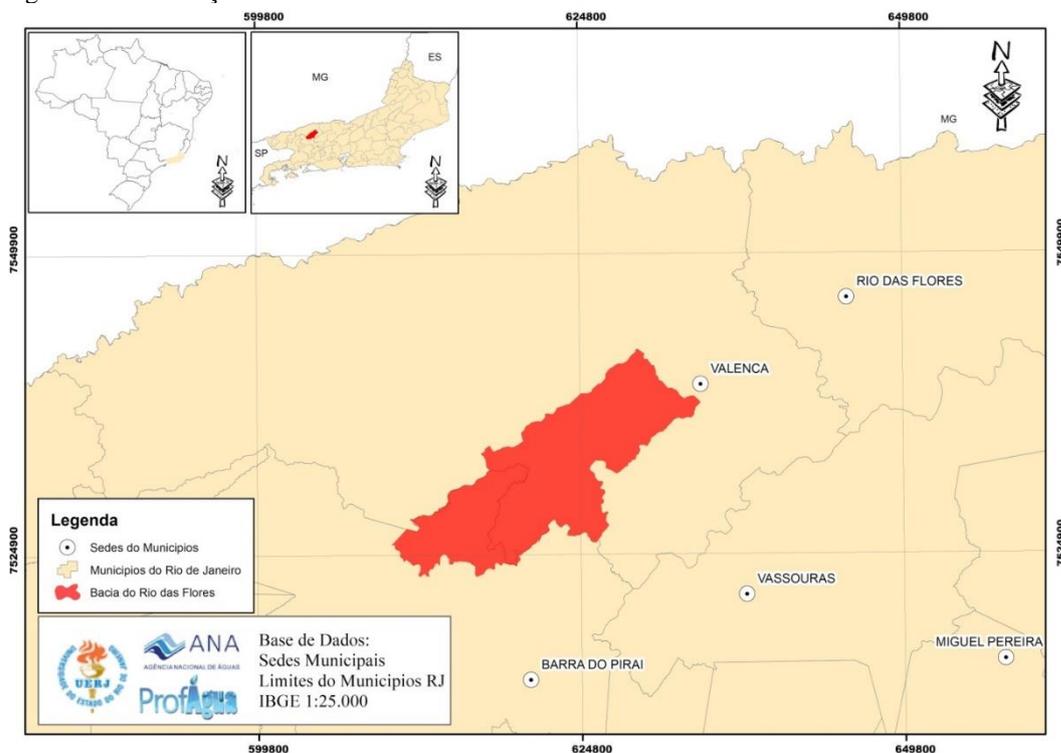
Fonte: O autor,2020.

## 4 ÁREA PILOTO

O Rio das Flores nasce no distrito de Ipiabas, em Barra do Piraí, de onde desce passando pelo município de Valença até desaguar no Rio Preto, um afluente do Rio Paraíba do Sul, no município de Rio das Flores. O presente trabalho abordará o estudo da AIPM definida por meio da Resolução INEA 158/2018 e CERHI-RJ 218/2019 e abrange o trecho à montante da fonte de captação de água que abastece a sede do município de Valença, e está presente os municípios de Valença e Barra do Piraí e possuindo aproximadamente 7 mil ha.

Atualmente, a maior parte da área da microbacia (57%, mapa de uso e cobertura do solo) é ocupada por pastagens, situação que se mantém desde a decadência do café, no final do século XIX (BARRA DO PIRAÍ, 2018). A pecuária de corte e de leite é a principal atividade econômica rural, embora enfrente dificuldades como a baixa qualidade dos animais e das pastagens e a falta de crédito rural e de assistência técnica (RIO RURAL, 2015).

Figura 6 - Localização da Área Piloto.



autor,2020.

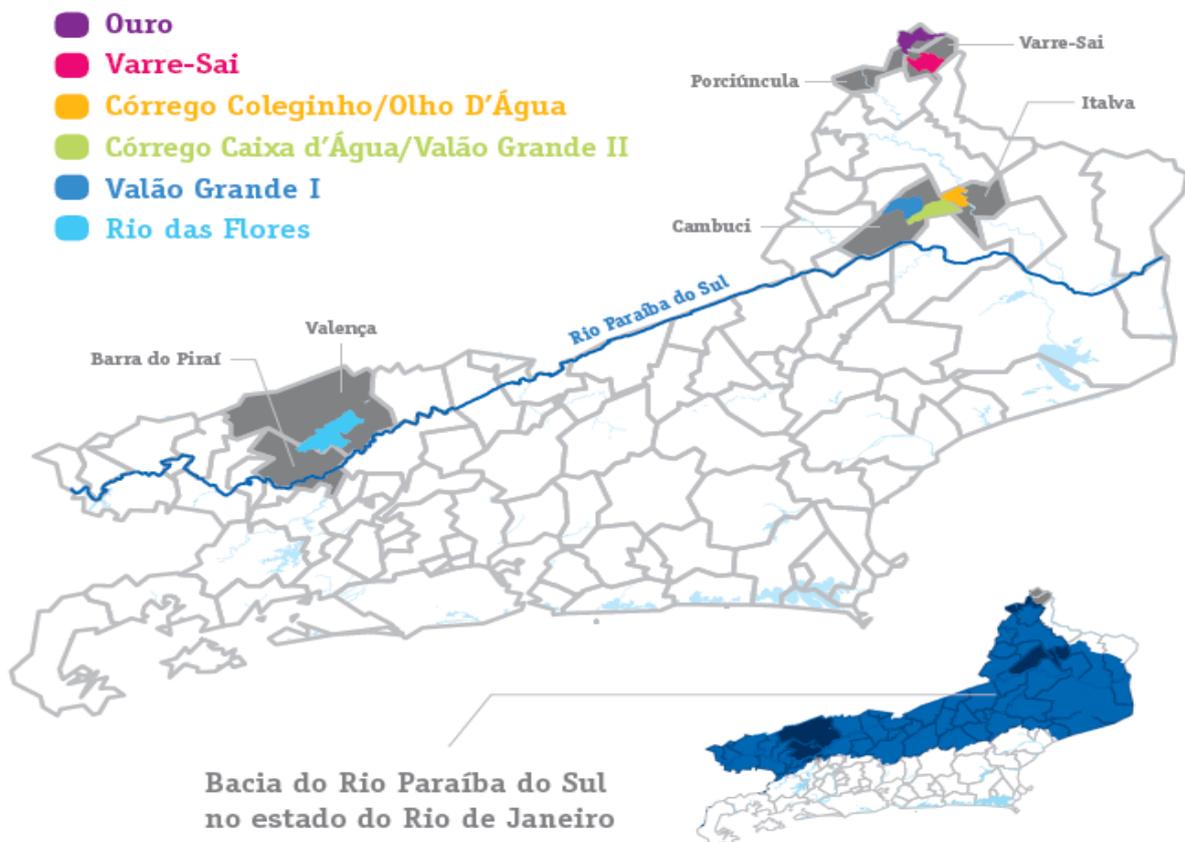
Fonte: O

As florestas também ocupam uma parte significativa do território, mais de 30%, se consideradas as áreas de vegetação secundária em estágio inicial de regeneração. A agricultura, predominantemente temporária (como banana, mandioca, milho e feijão), ocupa menos de 1%

do território (RIO RURAL, 2015; IBGE, 2018). As áreas urbanas e edificações também ocupam uma área pequena da microbacia (por volta de 3%), correspondendo aos núcleos de São Francisco e Ipiabas.

A Bacia do Rio das Flores foi escolhida para o presente trabalho devido a utilização da mesma como Bacia estratégica no projeto conexão Mata Atlântica que possui a parte técnica coordenada pela Gerência de Instrumentos de Gestão do Território e Informações Geoespaciais.

Figura 7 - Localização das Áreas de atuação do Projeto Conexão Mata Atlântica



Fonte: INEA, 2018.

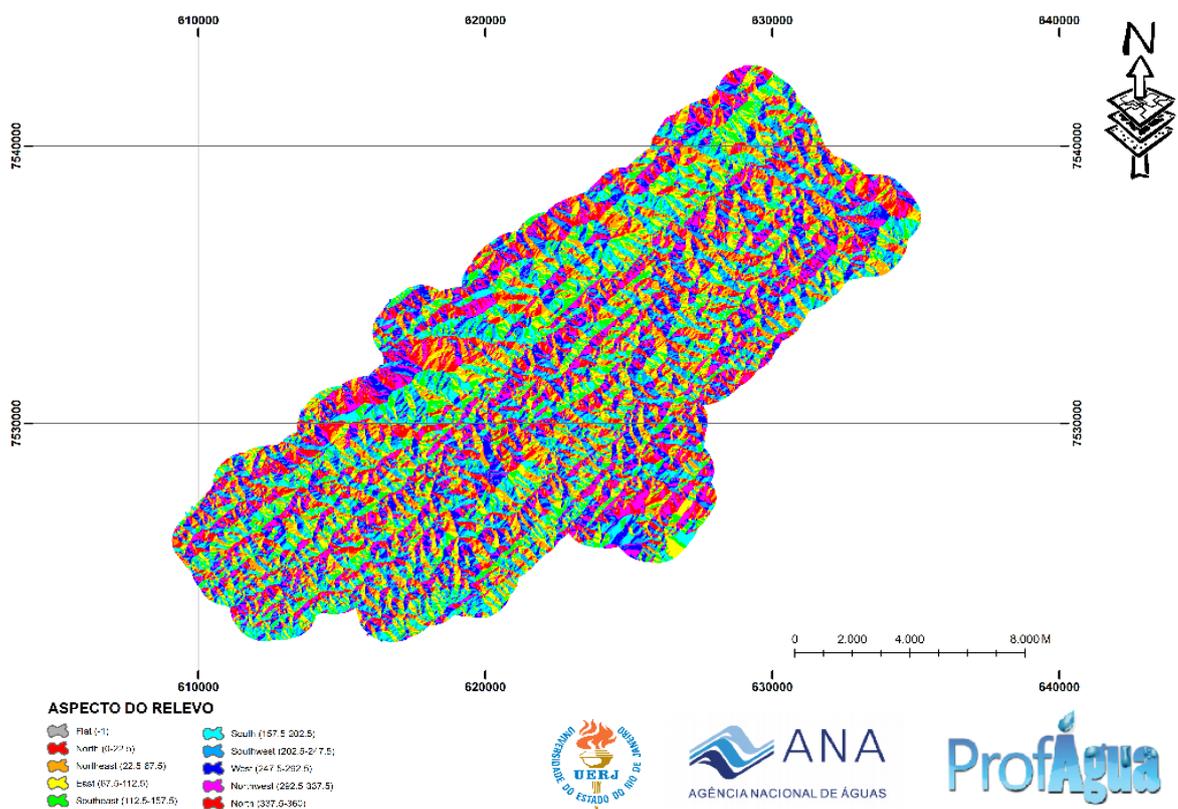
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização Geomorfométrica da Área de Estudo

#### 5.1.1 Aspecto do Relevo

A distribuição do aspecto é bastante homogênea no percentual de área, com relação a Microbacia. Destacamos a direção norte com o percentual de aproximadamente 14% de área e a sudoeste com 10%, abrangem respectivamente o maior e o menor percentual, se não considerarmos a direção plana (Flat). Cerca de 35% da área da bacia face Sul, Sudeste e Sudoeste, mais importantes para projetos de recuperação florestal, como já mencionado na escolha dos parâmetros.

Figura 8 - Mapa de Aspecto do Relevo da Bacia do Rio das Flores.



Fonte: O autor, 2020.

Tabela 3 - Análise do Percentual de Área do Aspecto do Relevo/Peso

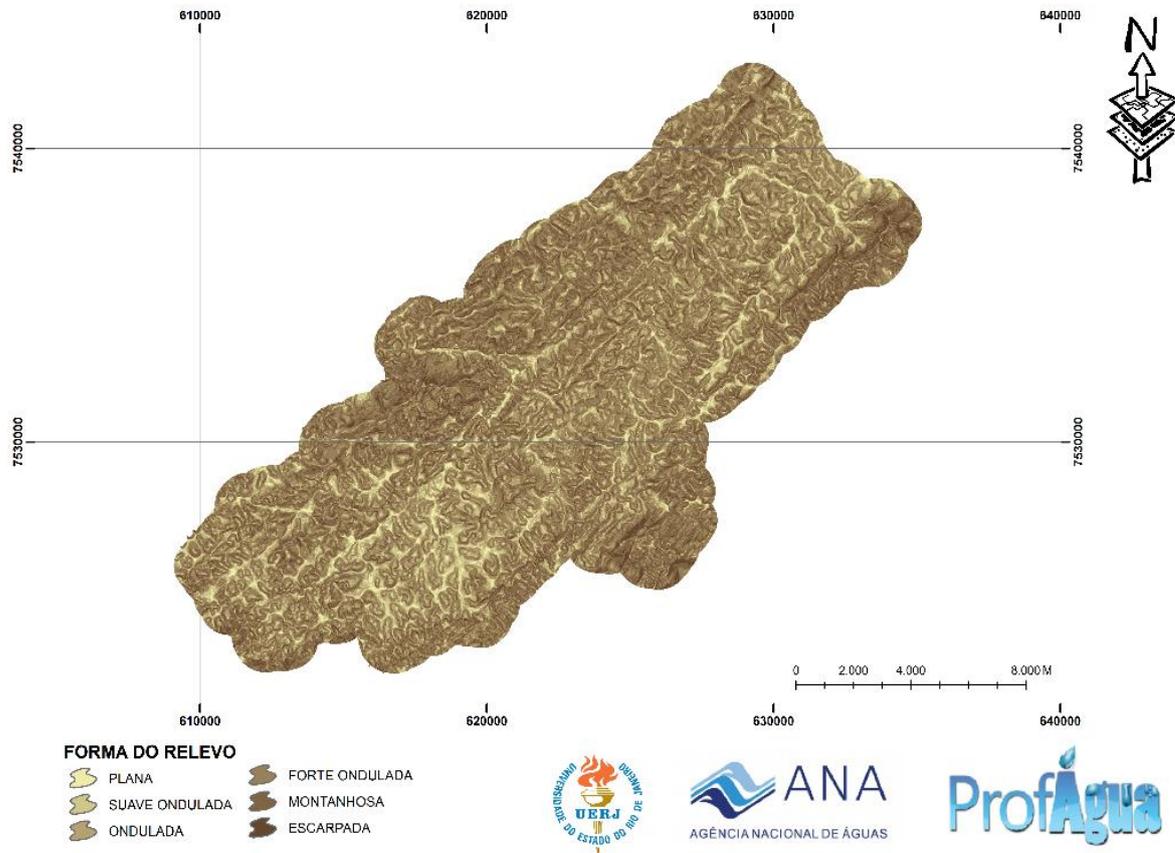
<b>ASPECTO</b>	<b>PESOS</b>	<b>%</b>
<b>Plana</b>	<b>0</b>	<b>0,00016845</b>
<b>Norte</b>	<b>0</b>	<b>7,061672725</b>
<b>Nordeste</b>	<b>0</b>	<b>13,24217347</b>
<b>Leste</b>	<b>1</b>	<b>12,37982825</b>
<b>Sudeste</b>	<b>1</b>	<b>12,08921232</b>
<b>Sul</b>	<b>2</b>	<b>12,51643131</b>
<b>Sudoeste</b>	<b>1</b>	<b>10,81262868</b>
<b>Oeste</b>	<b>0</b>	<b>12,03968801</b>
<b>Noroeste</b>	<b>0</b>	<b>13,03423677</b>
<b>Norte</b>	<b>0</b>	<b>6,823960014</b>
<b>Total</b>		<b>100</b>

Fonte: O autor, 2020.

### 5.1.2 Forma do Relevo

A forma de relevo predominante é a fortemente ondulada que abrange aproximadamente 38,6% da bacia em sequência a montanhosa com 29% da área e 4 % escarpado, os relevos menos acidentados, por tanto mais propícios a regeneração natural, são 17,75% ondulado, 7,6% suavemente ondulado e apenas 2,65% de área plana.

Figura 9 - Mapa de Forma do Relevo da Bacia do Rio das Flores



Fonte: O autor, 2020.

Tabela 7 - Análise do percentual de área de forma do relevo/Peso

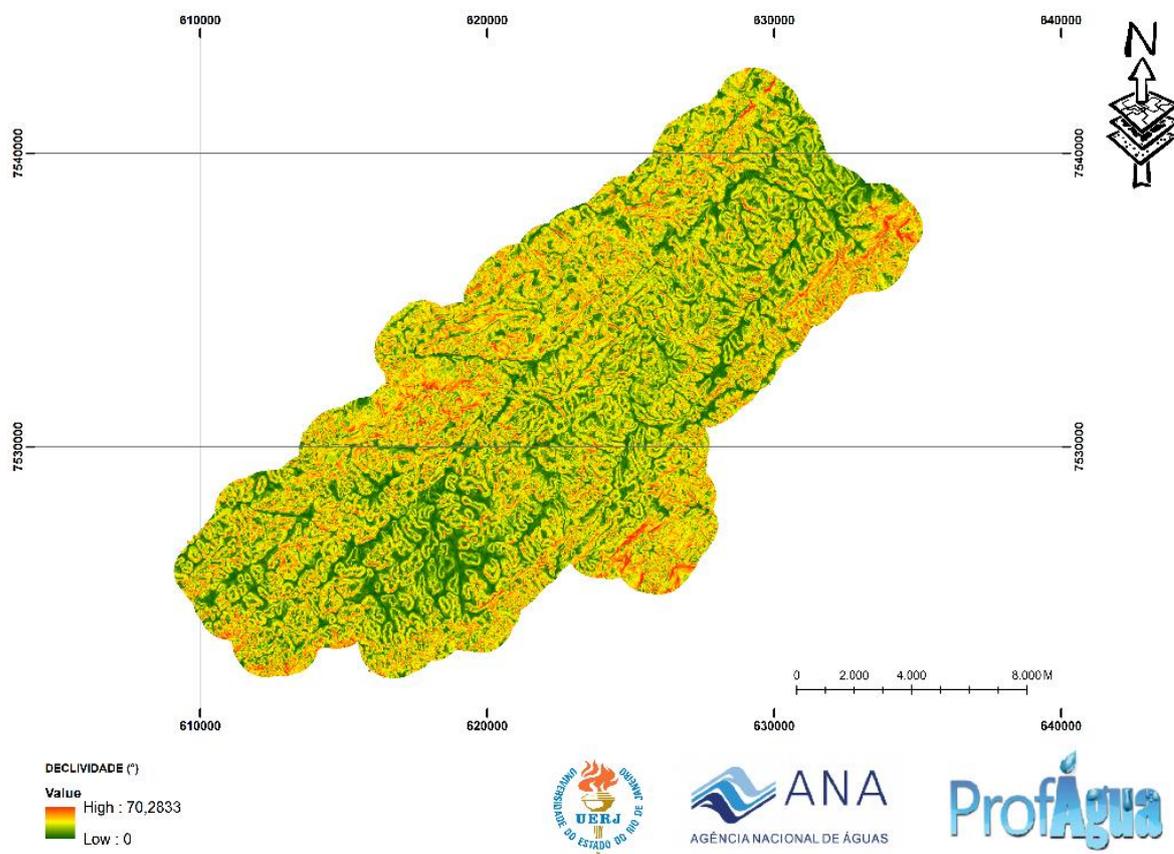
<b>FORMA</b>	<b>PESOS</b>	<b>%</b>
<b>Plana</b>	<b>1</b>	<b>2,65392</b>
<b>Suave ondulada</b>	<b>1</b>	<b>7,619886</b>
<b>Ondulada</b>	<b>2</b>	<b>17,75138</b>
<b>Forte ondulada</b>	<b>1</b>	<b>38,58001</b>
<b>Montanhosa</b>	<b>0</b>	<b>29,05844</b>
<b>Escarpada</b>	<b>0</b>	<b>4,336359</b>
<b>Total</b>		<b>100</b>

Fonte: O autor, 2020.

### 5.1.3 Declividade

A maior parte da bacia, cerca de 53%, apresenta declividade inferior a 20°, as áreas consideradas prioritárias correspondem a aproximadamente 46,45 %, as demais áreas acima de 45° não chegam a 0,5% da área, mesmo apresentando valor nulo, nos pesos, estas áreas são importantes pois correspondem a APPs de declividade.

Figura 10 - Mapa de Declividade do Relevo da Bacia do Rio das Flores.



Fonte: O autor, 2020.

Tabela 8 - Análise do Percentual de Declividade/Peso

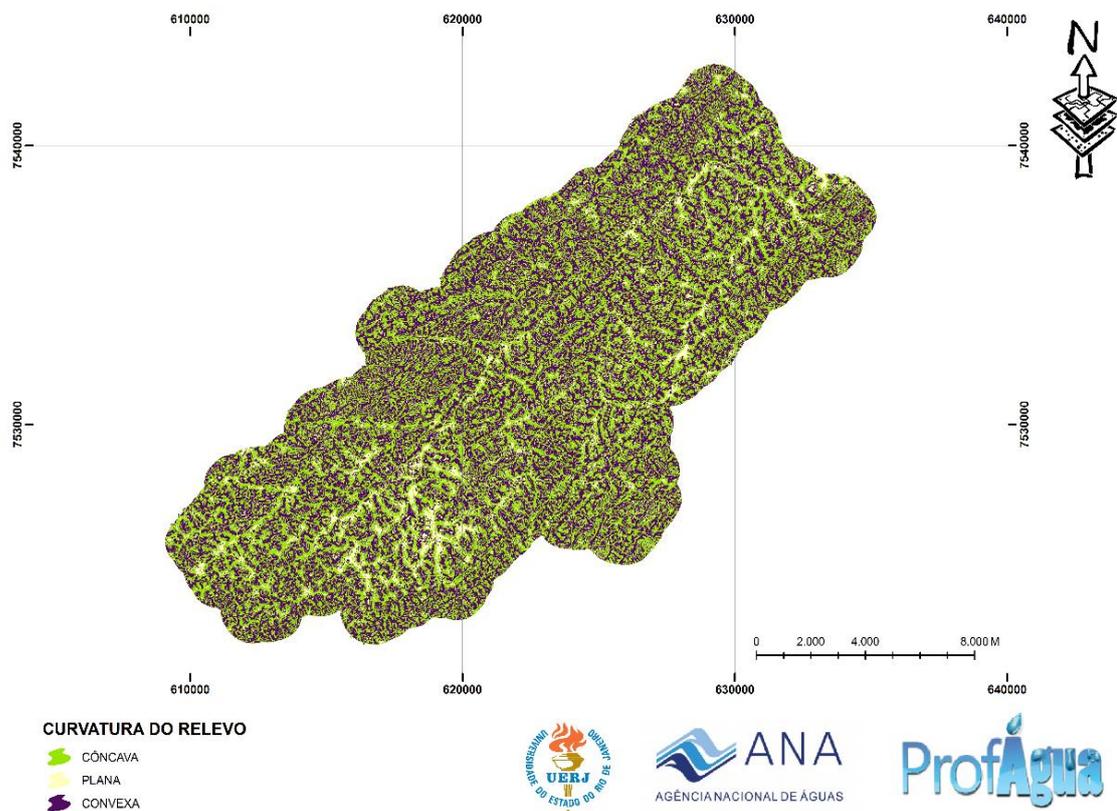
DECLIVIDADE (°)	PESOS	%
0 - 20	1	53,05769
20 - 45	2	46,45161
>45	0	0,490695
<b>Total</b>		<b>100</b>

Fonte: O autor, 2020.

#### 5.1.4 Curvatura do Relevo

A curvatura do relevo apresentou um equilíbrio no percentual de áreas côncavas e convexas, fruto de um relevo bastante acidentado, com o percentual de áreas convexas de aproximadamente 47%, côncavas de 40, 5%, propícias ao armazenamento e regeneração natural, por serem áreas com maior aptidão ao acúmulo de água e planas de cerca de 12%.

Figura 11 - Mapa de Curvatura do Relevo da Bacia do Rio das Flores



Fonte: O autor, 2020.

Tabela 9 - Análise do Percentual de Curvatura/Peso

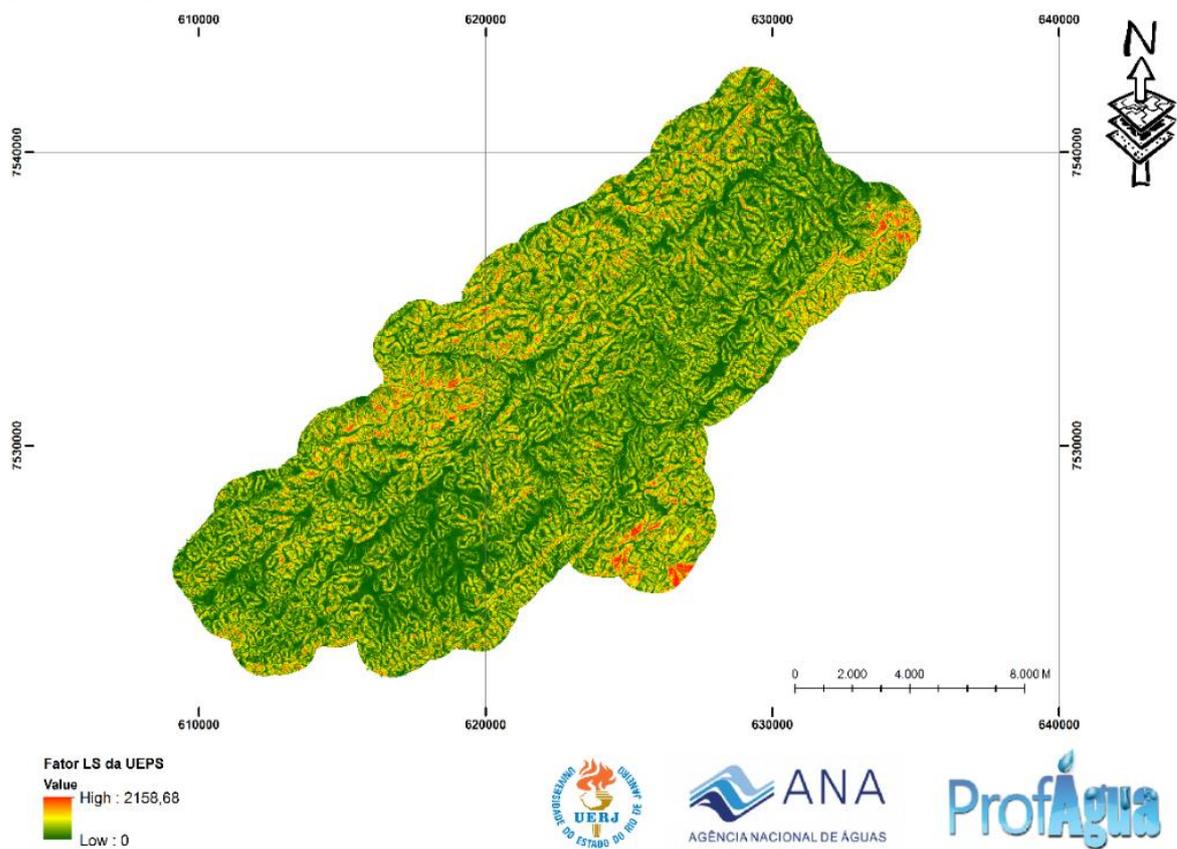
<b>CURVATURA</b>	<b>PESOS</b>	<b>%</b>
<b>Côncava</b>	<b>2</b>	<b>40,53744</b>
<b>Plana</b>	<b>1</b>	<b>12,2627</b>
<b>Convexa</b>	<b>0</b>	<b>47,19987</b>
<b>Total</b>		<b>100</b>

Fonte: O autor,2020.

### 5.1.5 Fator LS

O Fator topográfico de perda do solo (LS), apresentou em sua maior parte, aproximadamente 70 % de área com baixa susceptibilidade a perda de solo, cerca de 22% de média susceptibilidade e 8 % apenas para alta susceptibilidade, demonstrando importância da implementação de projetos que visem aumentar a cobertura vegetal local.

Figura 12 - Mapa do Fator LS da Bacia do Rio das Flores



Fonte: O autor,2020.

Tabela 10 - Análise do Percentual de Área Fator Topográfico (LS)/Peso

FATOS LS	PESOS	%
Alta	2	8,414058879
Baixa	0	69,65280666
Média	1	21,93313446
Total		100

Fonte: O autor, 2020.

Uma vez extraído os valores do Fator LS as classes foram divididas em Baixa, Média e Alta susceptibilidade a erosão, por ter uma superfície muito acidentada em boa parte da sua extensão a microbacia apresentou 8,4% da classe alta, sendo assim, podemos relacionar a prioridade de recuperação também a áreas com média e alta, equivalente a aproximadamente 30%, o que resultaria na diminuição da perda de solo na bacia, consequentemente melhorando a qualidade da água da mesma.

## 5.2 Identificação de Áreas Prioritárias para Proteção e Recuperação de Mananciais em 2 Cenários

Quadro 1 - Cenários Simulados.

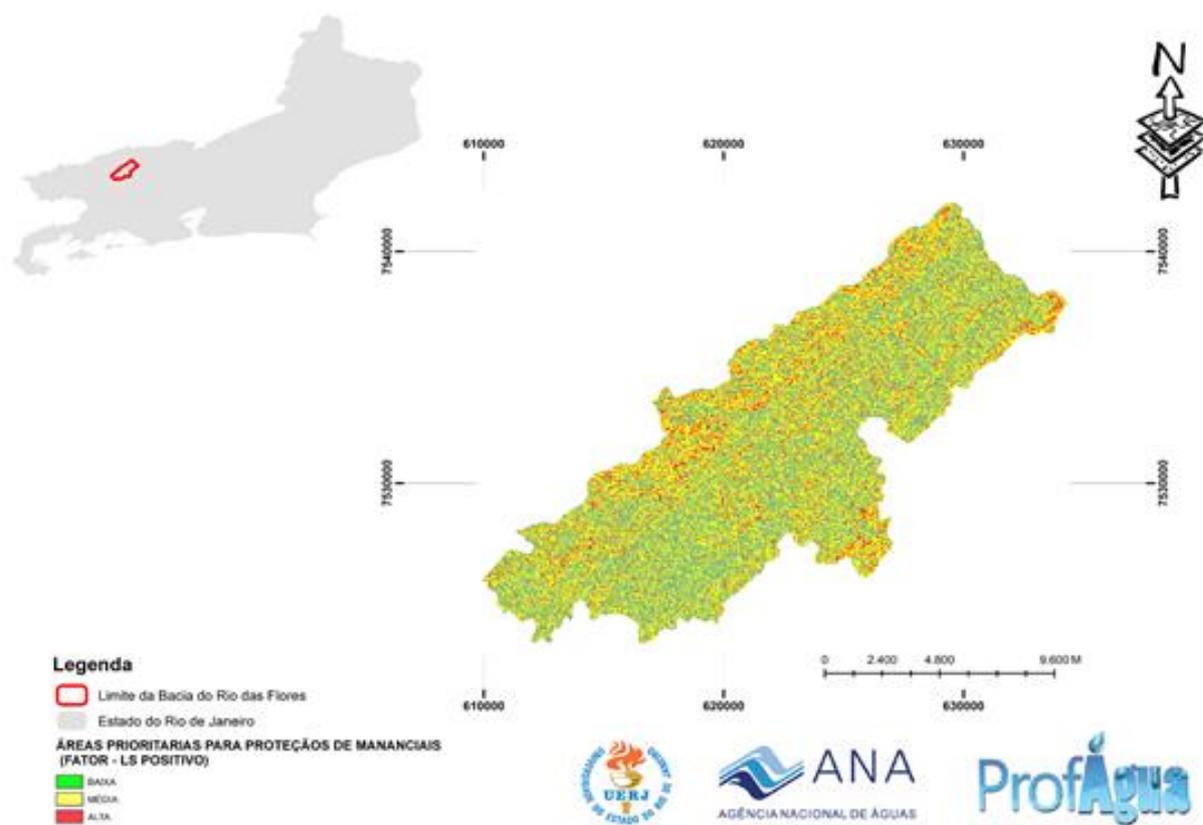
	Método de Elaboração	Algebra de Mapas	Resultado Esperado
Cenário 1	Indicador Geomorfológico de Umidade + Indicador geomorfológico de Recuperação Natural + Fator Topográfico de Perda do Solo (LS)	$((\text{Pesos Aspecto}) * 0.5 + (\text{Pesos curvatura} + \text{Forma do relevo}) * 0.5) + (\text{Pesos de Aspecto} + \text{Pesos de Declividade}) + (\text{Fator Topogrífico (LS)})$	Visa retratar as áreas com maior possibilidade de perda de solo e prioriza-las
Cenário 2	Indicador Geomorfológico de Umidade + Indicador geomorfológico de Recuperação Natural - Fator Topográfico de Perda do Solo (LS)	$((\text{Pesos Aspecto}) * 0.5 + (\text{Pesos curvatura} + \text{Forma do relevo}) * 0.5) + (\text{Pesos de Aspecto} + \text{Pesos de Declividade}) - (\text{Fator Topogrífico (LS)})$	Visa retratar as áreas com baixa possibilidade de perda de solo e prioriza-las

Fonte: O autor, 2020.

Com a técnica aplicada foi possível auxiliar na determinação de áreas adequadas, para recuperação e ou manutenção de vegetação; assim como áreas propícias ao armazenamento água; e que evitem, uma vez recuperadas, a perda de solo local, contribuindo para qualidade da água local. Para ilustrar o resultado e dar maior funcionalidade a ferramenta elaboramos 2 cenários distintos, um visando áreas com maior probabilidade de perda de solo e outro visando áreas com menor probabilidade.

O cenário 1 apresentou o seguinte resultado para Bacia do Rio das Flores, cerca de 47,5% de área com baixo grau de prioridade, equivalente 8.076 hectares da microbacia, e 44,3 % em médio grau de prioridade ou 7.530 hectares, e 8,2% de áreas com alto grau de prioridade, aproximadamente, 1.387 hectares.

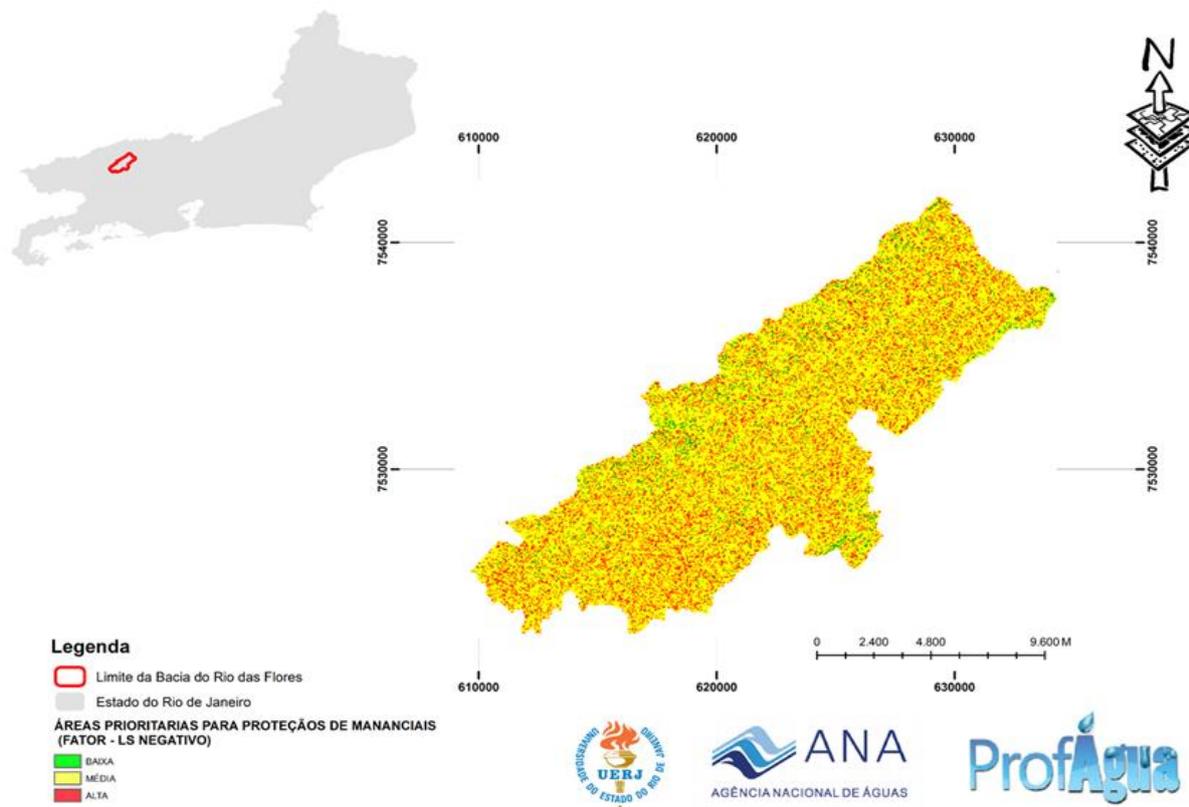
Figura 13 – Mapa de Áreas Prioritárias para Proteção e Recuperação de Mananciais, CENÁRIO 1



Fonte: O autor, 2020.

O cenário 2 obteve aproximadamente cerca de 5,23% de área com baixo grau de prioridade, equivalente 889 hectares da microbacia, 76,34 % em médio grau de prioridade ou 12.971 hectares, e 18,42% de áreas com alto grau de prioridade, aproximadamente, 3.130 hectares.

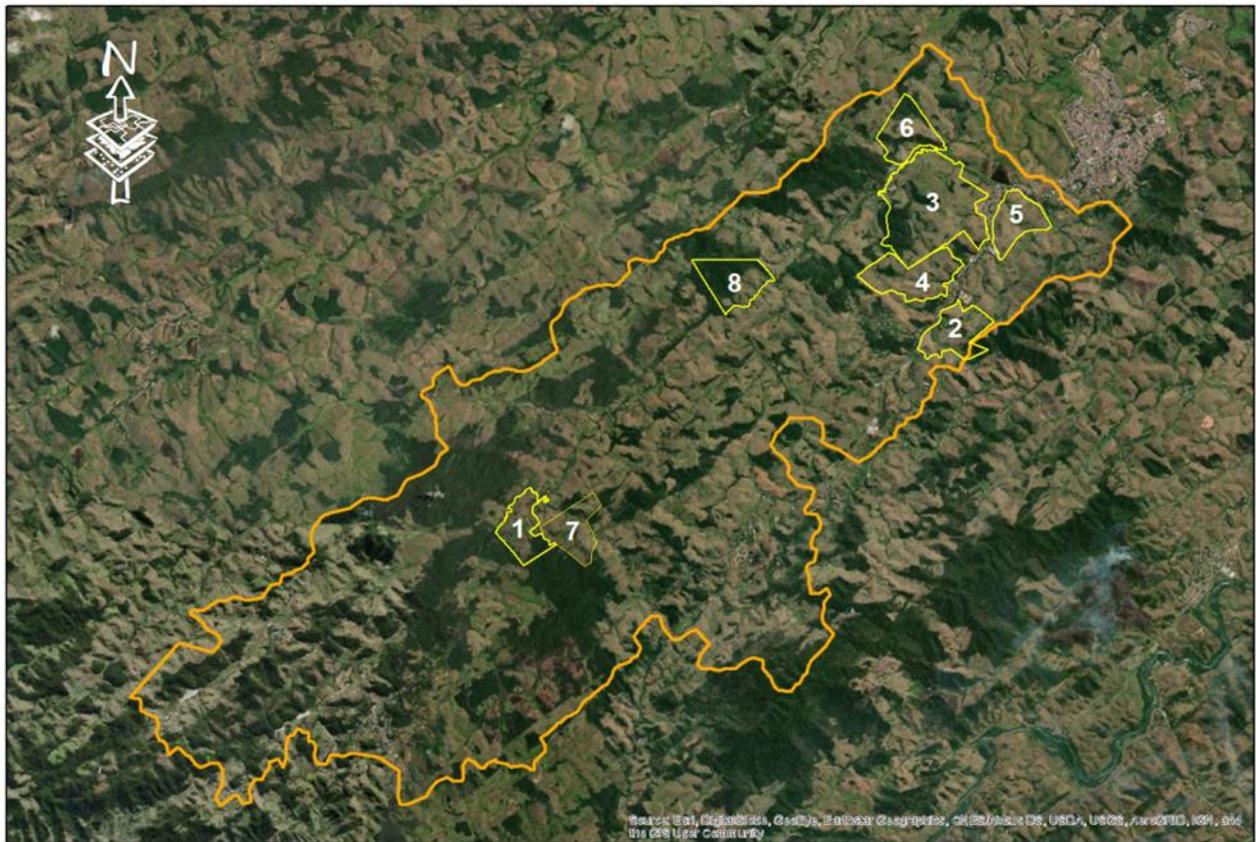
Figura 14 - Mapa de Áreas Prioritárias para Proteção e Recuperação de Mananciais, CENÁRIO 2



Fonte: O autor, 2020.

O projeto Água do Rio das Flores é uma iniciativa que visa promover ações de proteção do principal manancial do município de Valença, a Bacia do Rio das Flores, o projeto ocorre desde de 2016 e tem previsão para término em 2021, e visa a recuperação de 610 hectares em áreas estratégicas para produção de água. (INEA, 2016)

Figura 15 - Croqui das Propriedades Analisadas



Código	Nome da Prioridade	Área em hectares
1	Sítio Santo Antônio da Floresta	129,0041
2	Pequena Obra da Divina Providência	152,370015
3	Fazenda Campo Alegre	485,391762
4	Fazenda Ns Sra. Aparecida	196,60465
5	Fazenda Sta. Cruz	126,844605
6	Faz Traga Luz	144,386448
7	Sítio Arapocas São Paulo	135,739881
8	Sítio Boa Esperança	155,695638

Fonte: O autor, 2020.

Neste contexto após executar a análise dos cenários distintos da Bacia foi possível observar os resultados obtidos para 8 propriedades, com área superior a 100 ha, que fazem parte do projeto, a análise deu destaque a áreas com alta prioridade. A partir da análise dos percentuais de área obtidos constatou que as áreas com alta prioridade no cenário 1 apresentaram uma variação de 6,25% na propriedade 3 Fazenda Campo Alegre a 13,4% na propriedade 8 Sítio Boa Esperança, para cenário 2 o percentual variou de 15,4% na propriedade 7 Sítio Arapocas São Paulo a 20,37% na propriedade 4 Fazenda Nossa Senhora da Aparecida, cabe ressaltar que a média do percentual das propriedades para cenário 1 foi de 8,76%, e no cenário 2 de 18,47%, estes valores foram muito próximos dos valores de alta prioridade na

bacia nos 2 cenários, que foram respectivamente 8,2 e 18,42%, por tanto, é importante ressaltar que o comportamento dos resultados da Bacia Hidrográfica, refletiu sobre as propriedades, daí a importância desta unidade de planejamento. **(APÊNDICE A)**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Presente trabalho teve por finalidade a proposição de um método prático que possibilita uma análise da combinação criteriosa de diferentes fatores geomorfométricos presentes na Bacia Hidrográfica. Ao analisar estas informações presentes no relevo foi possível atribuir pesos e realizar cálculos que resultaram na diferenciação de áreas, indicando possibilidades de implementação projetos em 2 diferentes cenários.

Os pesos atribuídos foram resultado de pesquisa bibliográfica, no entanto, ele pode ser aperfeiçoado por um painel de especialistas, assim com podem ser adaptadas para diferentes paisagens e particularidades que de uma determinada região que influenciam no resultado.

A escolha dos parâmetros se deve aos objetivos expostos no trabalho, e se baseia em indicar áreas destinadas a proteção de mananciais, neste sentido foi baseado em 3 métricas, que são a capacidade de armazenamento de água, apontar áreas com características geomorfológicas que auxiliam na capacidade de regeneração da vegetação e possibilidades de resistência do solo a erosão superficial, cabe frisar que, estas métricas podem sofrer ajustes e acréscimos que visem contribuir o aprimoramento da metodologia proposta.

Ao analisar os resultados na área da Bacia em tela, observou-se a tendência de uma métrica ou parâmetro sobrepor o outro, ou anular um ao outro, mesmo que em cálculos e objetivos diferentes, ao verificar esta questão vimos a necessidade de criar mais classes intermediárias, ou seja, ao invés de utilizar apenas 3 classes (Baixa, Média e Alta), usar 5 classes (Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta), em todos os pesos e posteriormente na análise final.

O relevo acidentado da Bacia do Rio das Flores possibilitou a observação da distribuição espacial dos resultados nos 2 cenários propostos e análise local através das propriedades, indicou uma distribuição homogênea da classe de Alta prioridade, em outras palavras o percentual de área obteve uma faixa próxima ao da Bacia, na maioria das propriedades analisadas, este fator traz a necessidade de testar a ferramenta em uma região com maior diferenciação do relevo, a fim de observar o comportamento e adaptabilidade do método.

Outra questão importante a ser mencionada é o caráter complementar do estudo proposto, a interação com outros produtos é fundamental para o sucesso do projeto a ser implementado, análises como, conectividade de paisagem, uso e cobertura do solo, assim como a interação com os proprietários e implementação do Pagamento por Serviços Ambientais que já ocorrem na Bacia, são fundamentais dentro deste contexto.

Por fim, o método foi criado de forma a ser flexível e passível de ajustes por parte do analista, dessa forma o presente trabalho não esgota o tema e utiliza a tecnologia espacial presente, em auxílio a praticidade e capacidade de agregar informações de forma lógica, mas que, no entanto, dependente do conhecimento empírico e prático do analista, essa combinação, se bem implementada, contribui de maneira primordial na análise da priorização de áreas que visam proteger mananciais de água.

## REFERÊNCIAS

ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. Rev. Caminhos da Geografia, Uberlândia, v.8, n.21, p46-58, jun. 2007.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 2005, Conservação do Solo. (5.ed.) Ícone, São Paulo.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)> Acesso em: 20 dez. 2019.

PELTON. J; FRAZIER. E; PICKILINGIS. E. Calculating Slope Length Factor (LS) in the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Firoz\\_Ahmad3/post/What\\_is\\_the\\_best\\_method\\_](https://www.researchgate.net/profile/Firoz_Ahmad3/post/What_is_the_best_method_)> Acesso em: 22 dez. 2019.

CÂMARA. G; DAVIS.C; MONTEIRO.A.M; D´ALGE. J.C. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE, 2001.

CHOLEY, R. J. A. 1971, Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais. Notícia Geomorfológica, Campinas, v.11, n.21, p. 3-22.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas. Rio Claro: Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, 1970. 375f. (Tese de Livre Docência).

CHRISTOFOLETTI, A., 1974. Geomorfologia. Ed. Edgard Blucher Ltda e EDUSP.

COLLARES, E.G. Alteration evaluation in microbasin drainage systems as a subsidy to the geoenvironmental zoning of hydrographic basins: application in the Capivari river hydrographic basin. São Carlos, 2000. 2v. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

DONHA, A.G.; SOUZA, L.C. DE P.; SUGAMOSTO, M.L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n. 1, p. 175-181, 2006.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2018, Atlas dos Mananciais de Abastecimento Público do Estado do Rio de Janeiro Subsídios ao Planejamento e Ordenamento Territorial RJ.p.116 – 117.

IKEMOTO, S.M; JOHNSON, R.M.F, Iniciativas para Proteção de Mananciais de Abastecimento Público: Estudo de Caso da Bacia do Rio Guapi-macacu, RJ. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.

IKEMOTO, Silvia Marie. Modelo Analítico de Segurança Hídrica a partir de Soluções baseadas na Natureza: aplicação na Bacia do rio Guapi-Macacu, RJ. 2020. 457f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. p. 437 – 442.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. Geol. Soc. Am. Bull., v.56, n.3, p.275-370, 1945.

HENZ, J et al. Correlação entre Orientação das Vertentes e Uso do Solo das Bacias Hidrográficas Arroio Travesseiro e Sanga do Velocindo – RS. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 10, 2003. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: p.20141 – 2143.

HUTCHINSON, M.F., Xu, T. and Stein, J.A. 2011. Recent Progress in the ANUDEM Elevation Gridding Procedure. In: Geomorphometry 2011, edited by T. Hengl, I.S. Evans, J.P. Wilson and M. Gould, pp. 19–22. Redlands, California, USA. See: <http://geomorphometry.org/HutchinsonXu2011>.

LAL, R 2001, Soil Degradation by erosion. Land Degradation e Development, p.519 – 539.

MELLO Y.R; SILVEIRA C.T. 2018. Análise de Modelos Digitais de Elevação e geração de atributos topográficos para a região da Serra do Mar do estado de Santa Catarina. Revista Brasileira de Geografia v,11. N.06, 2018.

MONICA F. A. P; RUBEM L. L. P. 2008. Gestão de bacias hidrográficas. Revista: Estudos Avançados v,22. N.63 São Paulo, 2008.

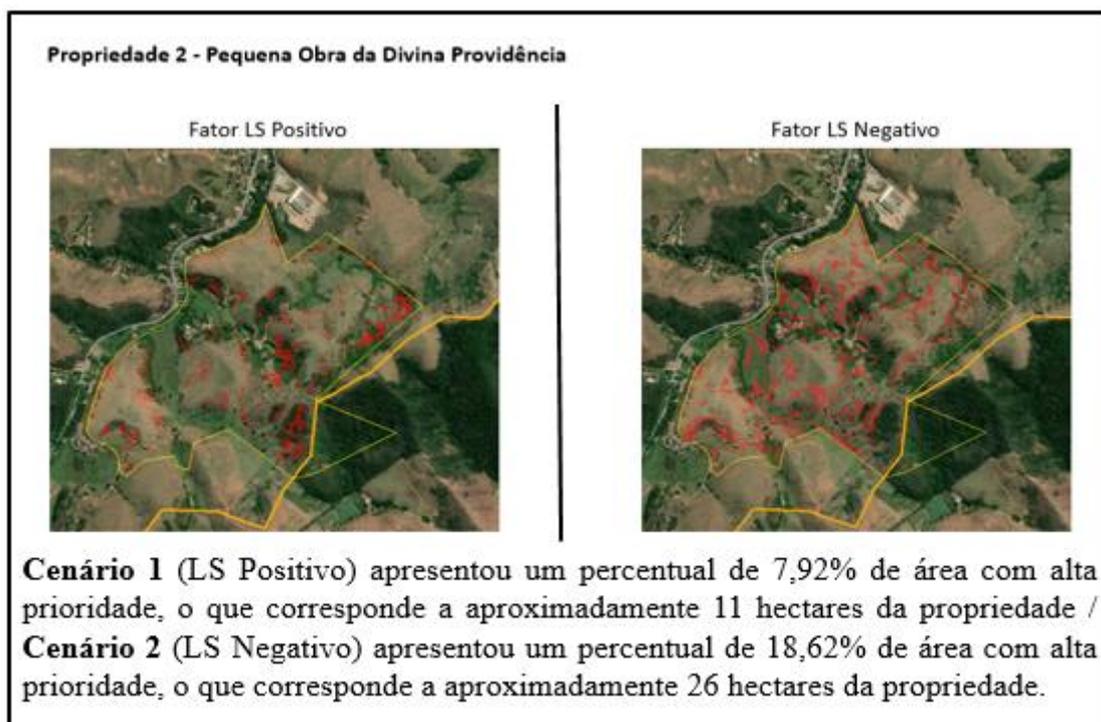
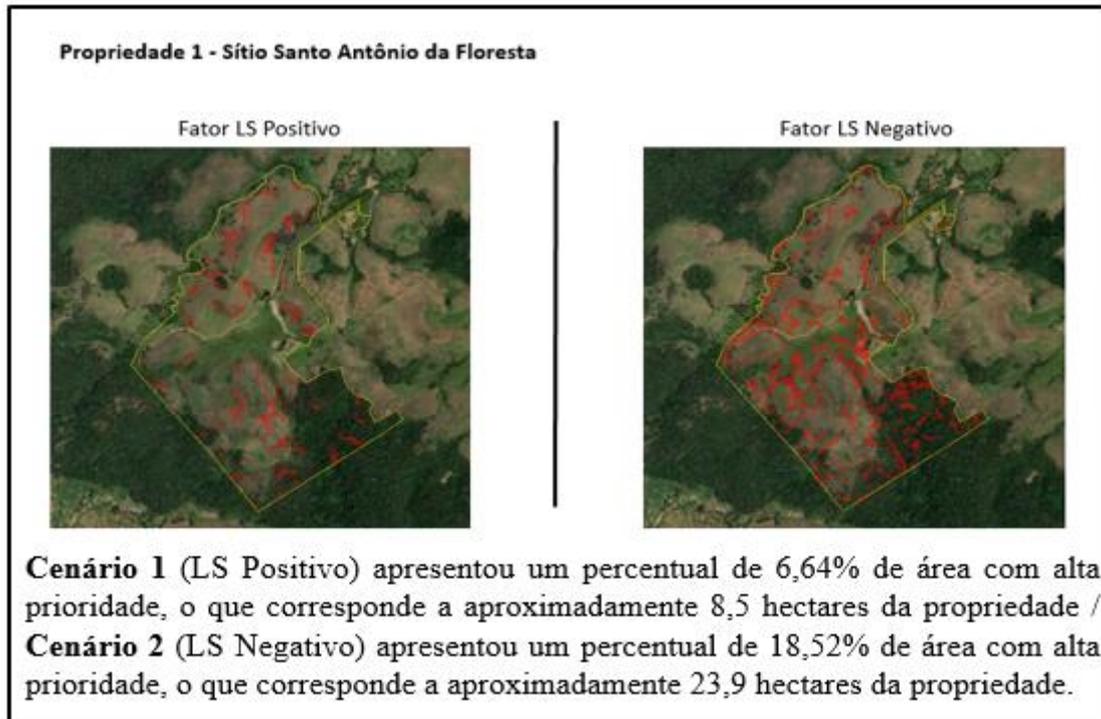
OLIVEIRA, A; H.; NETO, G.K.; PEREIRA, S.Y. Índice Topográfico Aplicado à Determinação de Áreas Favoráveis para Infiltração de Água no Perfil do Solo. In: Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 13. 2016. Poços de Caldas. Anais... Poços de Caldas: ABTE, 2016. p. 129 – 136.

OLIVEIRA, R.R.; MIRANDA, F.E.L. Orquídeas Rupícolas do Pão de Açúcar. Atas Sociedade Botânica Brasileira, V.1, n.18, p. 99 – 105, 1983.

OLIVEIRA, H.P. A Mata Atlântica e a Organização do Espaço Geográfico na Cidade de Teresópolis: planejamento e qualidade de vida.1999.130f. Monografia (Especialização em Ciências Ambientais) – Escola Nacional de Ciências Exatas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1999.

PINHEIRO L.S.; CUNHA M.L.C, 2010, Geração do Fator Topográfico (LS) da EUPS para modelagem de Bacia Hidrográfica, VI Seminário Latino Americano de Geografia Física, Coimbra, Portugal.

- SAMPAIO, T.V.M. Instrumentos cartográficos de apoio ao planejamento regional: definição e diretrizes para elaboração –um exemplo com base nos dados das regiões Metropolitanas da Grande Vitória –ES e Belo Horizonte –MG. 2001. 169 f. Belo Horizonte. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.
- SANTOS, D. A. R.; MORAIS, F. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Lago Verde como subsídio à compartimentação do relevo da região de Lagoa da Confusão – TO. Revista Geonorte, v. 3, n.4, p. 617-629, 2012.
- SILVA, M.A.R.; OLIVEIRA, M.N. Meteorologia Básica: apostila. Rio de Janeiro: UFRJ, 2004. SIRTOLI, A.E et al. Atributos Topográfico Secundários no Mapeamento de Pedofomas. Revista Geociências, São Paulo: UNESP, v. 27, n.1, p. 63 – 77, 2008.
- SILVEIRA C.S.; SILVA V.V, 2010, Dinâmicas de Regeneração, Degeneração e Desmatamento da Vegetação Provocadas Por Fatores Climáticos e Geomorfológicos: Uma análise Geoecológica Através de SIG. Revista Árvore, Viçosa, MG. V.34, n.6, p.1025 – 1034.
- STRAHLER, Arthur N. Quantitative analysis of watershed Geomorphology. Am. Geophysics. Union Trans. 38 (6): 913-920, 1957.
- STRAHLER, Arthur N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, V. T. (ed.). Handbook of applied hydrology. New York: Mc-GrawHill, 1964.
- TEODORO et.al. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. REVISTA UNIARA, n.20, 2007.
- TUCCI, C.E.M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. EDUSP, Editora da UFRGS, 1993.
- TUCCI, C.E.M. Gestão da água no Brasil– Brasília: UNESCO, 2001. 156p.
- WISHMEIER, W. H. Storms and Soil Conservation. Journal of soil and water conservation, 1962. Vol.17, p.55-59.

**APÊNDICE A – Resultado da análise nas Propriedades da Bacia do Rio das Flores**

**Propriedade 3 – Fazenda Campo Alegre**

Fator LS Positivo



Fator LS Negativo



**Cenário 1** (LS Positivo) apresentou um percentual de 6,25% de área com alta prioridade, o que corresponde a aproximadamente 30 hectares da propriedade/  
**Cenário 2** (LS Negativo) apresentou um percentual de 20% de área com alta prioridade, o que corresponde a aproximadamente 97 hectares da propriedade.

**Propriedade 4 – Fazenda Nossa Senhora da Aparecida**

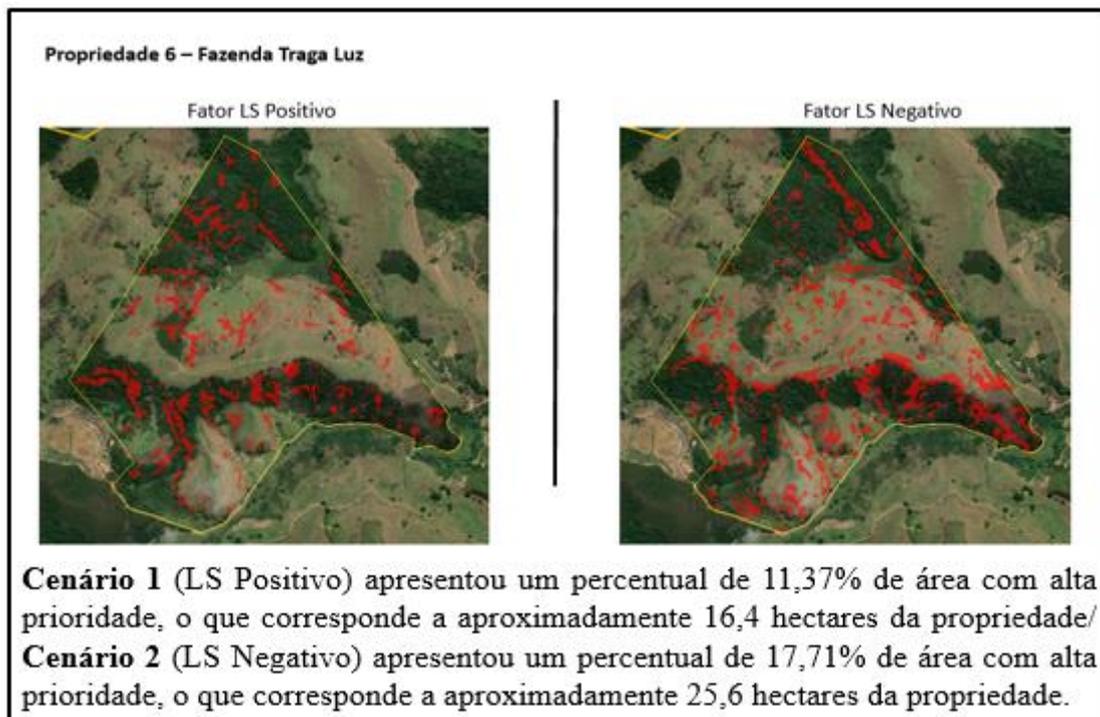
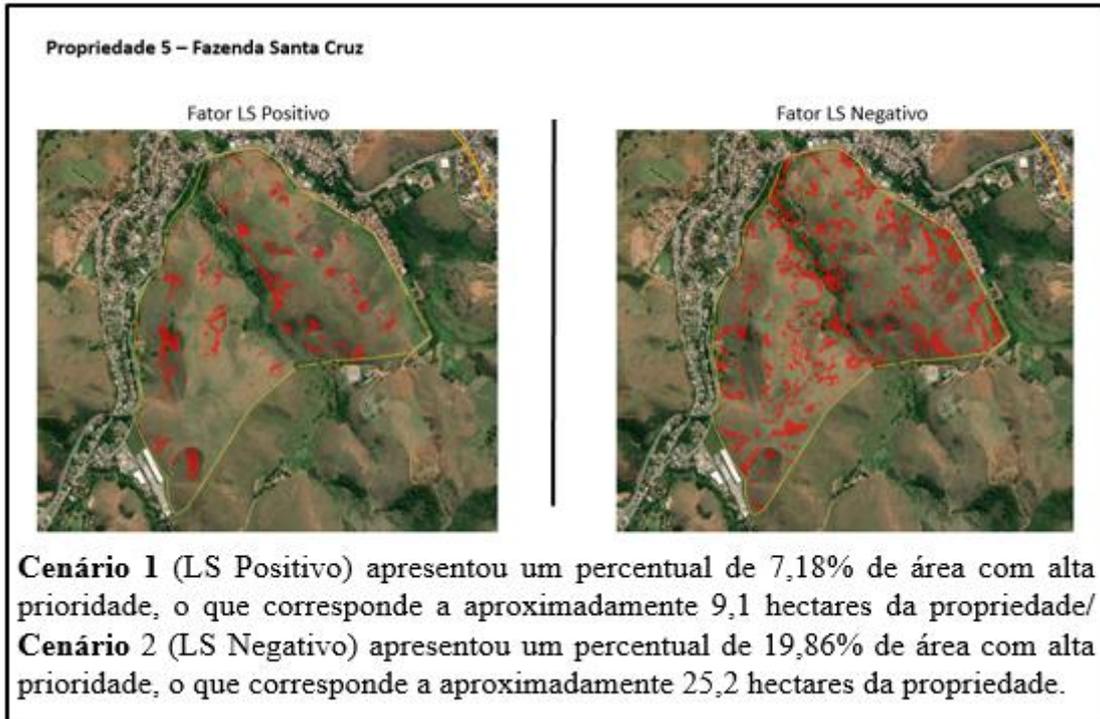
Fator LS Positivo



Fator LS Negativo



**Cenário 1** (LS Positivo) apresentou um percentual de 7,89% de área com alta prioridade, o que corresponde a aproximadamente 15 hectares da propriedade/  
**Cenário 2** (LS Negativo) apresentou um percentual de 20,37% de área com alta prioridade, o que corresponde a aproximadamente 40 hectares da propriedade.



**Propriedade 7 – Sítio Arapocas São Paulo**

Fator LS Positivo



Fator LS Negativo



**Cenário 1 (LS Positivo)** apresentou um percentual de 9,5% de área com alta prioridade, o que corresponde a aproximadamente 13 hectares da propriedade/  
**Cenário 2 (LS Negativo)** apresentou um percentual de 15,4% de área com alta prioridade, o que corresponde a aproximadamente 21 hectares da propriedade.

**Propriedade 8 – Sítio Boa Esperança**

Fator LS Positivo



Fator LS Negativo



**Cenário 1 (LS Positivo)** apresentou um percentual de 13,4% de área com alta prioridade, o que corresponde a aproximadamente 21 hectares da propriedade/  
**Cenário 2 (LS Negativo)** apresentou um percentual de 17,3% de área com alta prioridade, o que corresponde a aproximadamente 27 hectares da propriedade.