



**Universidade Federal de Itajubá**  
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas



Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos -  
PROFÁGUA

Bruno Augusto de Rezende

**Proposição de indicadores para a gestão de recursos hídricos da Bacia  
Hidrográfica do Córrego São Silvestre, Inhapim-MG**



Itabira, Minas Gerais

2020

Bruno Augusto de Rezende

**Proposição de indicadores para a gestão de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do  
Córrego São Silvestre, Inhapim-MG**

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 (PROFÁGUA), na Universidade Federal de Itajubá. Área de Concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos. Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos.

Aprovado em 17 de julho de 2020.

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fernanda Maria Belotti (Orientadora)  
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eliane Maria Vieira  
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

---

Prof. Dr. Leopoldo Concepción Loreto Charmelo  
Faveni – Consultoria, Projetos e Serviços LTDA.

---

Itabira, Minas Gerais

2020

## **DEDICATÓRIA**

A todos os engenheiros sanitaristas e ambientais.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

Agradeço ao Criador, por tudo ser exatamente como é.

À minha orientadora, Professora Fernanda, por me motivar, orientar de forma excelente e confiar e defender.

Aos meus pais (Sr. Reinaldo e Sra. Geralda) e minha irmã (Alice), simplesmente por existirem. São parte de quem sou.

À minha família de alma, especialmente a Camila e Marcela.

À Tati e o Saulo, pelas viagens divertidíssimas e o apoio durante esses dois anos.

Aos meus colegas do ProfÁgua, pelo companheirismo e pela melhor experiência que tive em uma turma discente.

A todos os professores do ProfÁgua UNIFEI Campus Itabira.

Aos meus colegas de trabalho e gestores da FAVENI – Consultoria, Projetos e Serviços LTDA, principalmente Prof. Alessandro, Prof. Leopoldo e Socorro e especialmente ao Vitor.

Aos meus colegas de trabalho no Centro Universitário de Caratinga – UNEC Campus de Nanuque, principalmente as Prof.<sup>a</sup> Priscila, Eci e os demais coordenadores do campus e, claro, os professores e alunos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

E a mim, pelo esforço, superação e por ter feito tudo dar certo.

“Tudo é o oposto do que parece ser,  
Nada é o oposto do que parece ser”.

*Gary Douglas*

## RESUMO

REZENDE, Bruno Augusto de. **Proposição de indicadores para a gestão de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Córrego São Silvestre, Inhapim-MG.** 2020. 85f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2020.

O desenvolvimento de ferramentas que auxiliem na gestão integrada dos recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo é importante para o atendimento aos pressupostos da Lei 9.433/1997 e o uso de indicadores aplicados a uma abordagem geoambiental pode contribuir para o planejamento em bacias hidrográficas. Neste sentido, objetivou-se propor indicadores como forma de subsidiar a gestão integrada entre recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo, utilizando como unidades espaciais de referência os geoambientes da Bacia Hidrográfica do Córrego São Silvestre (BHCSS). Foram elaborados mapas de delimitação da bacia hidrográfica, geologia, geomorfologia, pedologia, altimetria, declividade, erosividade da chuva, uso e ocupação do solo e Áreas de Preservação Permanente (APPs), utilizando o software QGIS versão 3.4.13, a partir de dados oficiais provenientes do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), *United States Geological Survey* (USGS) e da Agência Nacional de Águas (ANA). Com base nos mapas temáticos, dividiu-se a bacia em geoambientes, nos quais foram avaliados os indicadores grau de fragilidade potencial, grau de hemerobia e grau de conflitos de uso e ocupação do solo e APPs. A BHCSS apresenta cinco geoambientes, com características similares dos indicadores ambientais. O grau de fragilidade potencial foi considerado baixo e médio na BHCSS, com predominância da classe média (mais de 70% dos geoambientes). O grau de hemerobia apresentou predominância das classes média (mais de 75%) e mínima (entre 5 e 19%) em todos os geoambientes, indicando média dependência tecnológica para sustentação dos processos ecológicos ocorridos na bacia. Foram identificados percentuais de conflitos entre uso e ocupação do solo e APPs acima de 54% em todos os geoambientes. Ressalta-se, como principal potencialidade da bacia, a sua baixa e média fragilidade potencial, que representa menores chances de perda de solo por erosão de forma natural, o que reduz os riscos de carreamento e deposição de sedimentos e as alterações na qualidade e quantidade de água. Por outro lado, a principal fragilidade diz respeito aos conflitos no uso e ocupação do solo e APPs, considerando que, nos diversos geoambientes, a porcentagem de APPs desprotegidas varia de: i) de 78,21 a 89,20% das APPs de nascentes; ii) 62,75 a 83,07% nas APPs de curso d'água; e iii) 57,07 a 86,53% nas APPs de declividade. Os resultados indicam a necessidade de adoção de práticas de conservação de solo e água, manejo adequado do solo e, principalmente, ações para a recomposição das APPs, visando garantir a disponibilidade de água para os diversos usos demandados na BHCSS. Analisando o resultado dos indicadores foi possível definir uma ordem de priorização para a realização de intervenções entre os geoambientes: Latossolo40/Granito/Morros e serras baixas e Latossolo40/Tonalito/Morros e serras baixas, Latossolo49/Metatonalito/Morros e serras baixas, Latossolo49/Tonalito/Morros e serras baixas e Latossolo49/Metatonalito/Montanhoso. A compartimentação da BHCSS em geoambientes e o uso de indicadores mostrou-se eficiente para ressaltar as fragilidades e potencialidades da bacia e, portanto, para facilitar a indicação de ações a serem empregadas, sob o ponto de vista ambiental, no sentido de garantir a disponibilidade de água para usos múltiplos.

**Palavras-chave:** Fragilidade Potencial. Hemerobia. Áreas de Preservação Permanente. Conflitos de uso do solo.

## ABSTRACT

REZENDE, Bruno Augusto de. **Proposition of indicators for the management of water resources in the São Silvestre Stream Basin, Inhapim-MG.** 2020. 85f. Dissertation (Master's Degree in National Network in Water Resources Regulation and Management – PROFÁGUA), Institute of Pure and Applied Sciences, Federal University of Itajubá, Itabira Campus, Minas Gerais, 2020.

The development of tools that assist in the integrated management of water resources, the environment and land use is important to meet the requirements of Law 9.433 / 1997 and the use of indicators applied to a geoenvironmental approach can contribute to planning in river basins. In this sense, the objective was to propose indicators as a way to subsidize the integrated management between water resources, environment and land use, using geoenvironments of the São Silvestre Stream Basin (BHCSS) as reference spatial units. Maps of delineation of the hydrographic basin, geology, geomorphology, pedology, altimetry, slope, rain erosivity, land use and occupation and Permanent Preservation Areas (APPs) were prepared, using the QGIS software version 3.4.13, using data Officials from the Geological Survey of Brazil (CPRM), Minas Gerais Water Management Institute (IGAM), United States Geological Survey (USGS) and the National Water Agency (ANA). Based on thematic maps, the basin was divided into geoenvironments, in which the indicators of degree of potential fragility, degree of hemerobia and degree of land use and occupation conflicts and APPs were evaluated. BHCSS has five geoenvironments, with characteristics similar to those of environmental indicators. The degree of potential fragility was considered low and medium in BHCSS, with a predominance of the middle class (more than 70% of geoenvironments). The degree of hemerobia showed a predominance of the middle (more than 75%) and minimal (between 5 and 19%) classes in all geoenvironments, indicating a medium technological dependence to support the ecological processes that occurred in the basin. Percentages of conflicts between land use and occupation and APPs above 54% were identified in all geoenvironments. It stands out, as the main potential of the basin, its low and medium potential fragility, which represents less chances of soil loss by erosion in a natural way, which reduces the risks of carrying and depositing sediments and changes in quality and quantity of water. On the other hand, the main weakness concerns conflicts in the use and occupation of land and APPs, considering that, in the different geoenvironments, the percentage of unprotected APPs varies from: i) from 78.21 to 89.20% of the APPs from springs ; ii) 62.75 to 83.07% in watercourse APPs; and iii) 57.07 to 86.53% in slope APPs. The results indicate the need to adopt soil and water conservation practices, adequate soil management and, mainly, actions for the restoration of APPs, aiming to guarantee the availability of water for the various uses demanded in BHCSS. Analyzing the result of the indicators, it was possible to define an order of prioritization for the realization of interventions between geoenvironments: Oxisoil40/Granite/Low hills and hills and Oxisoil40/Tonalite/ Low hills and hills, Oxisoil49/Metatonalite/Low hills and hills, Oxisoil49/Tonalite/Low hills and hills and Oxisoil49/Metatonalite/Mountainous. The compartmentalization of BHCSS in geoenvironments and the use of indicators proved to be efficient to highlight the weaknesses and potentialities of the basin and, therefore, to facilitate the indication of actions to be employed, from the environmental point of view, in order to guarantee availability water for multiple uses.

**Keywords:** Potential Fragility. Hemeroby. Permanent Preservation Areas. Conflicts of soil use.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego São Silvestre .....	30
Figura 02 – Localização das estações pluviométricas cujos dados foram utilizados para o cálculo da erosividade da chuva .....	34
Figura 03 – Resultados da interpolação dos dados pluviométricos para o preenchimento de falhas nas estações pluviométricas utilizadas .....	34
Figura 04 – Resultados da análise de consistência dos dados pluviométricos .....	35
Figura 05 – Formações Geológicas da BHCSS .....	42
Figura 06 – Geomorfologia da BHCSS .....	42
Figura 07 – Pedologia da BHCSS .....	44
Figura 08 – Altimetria da BHCSS .....	44
Figura 09 – Geoambientes da BHCSS .....	45
Figura 10 – Classificação da declividade da BHCSS .....	47
Figura 11 – Classificação da erosividade da chuva da BHCSS .....	47
Figura 12 – Classificação da pedologia da BHCSS .....	48
Figura 13 – Fragilidade Potencial na BHCSS .....	48
Figura 14 – Uso e Ocupação do Solo da BHCSS .....	50
Figura 15 – Hemerobia na BHCSS .....	50
Figura 16 – APPs da BHCSS .....	52
Figura 17 – Aspectos do uso e ocupação do solo no entorno do distrito de Santa Efigênia de Caratinga (coordenadas UTM: zona 23k 796.213,90 m E; 7.816.918,01 m S).....	53
Figura 18 – Ocupação do solo pela agricultura e pecuária em APPs de curso d'água na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 796.057,92 m E; 7.818.280,29 m S).....	53
Figura 19 – Fragmento de vegetação no entorno de uma nascente na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 794.646,51 m E; 7.820.770,32 m S) .....	54
Figura 20 – Produção de hortaliças na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 795.360,22 m E; 7.830.307,80 m S) .....	54
Figura 21 – Área ocupada por silvicultura na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 796.271,62 m E; 7.832.245,15 m S) .....	55

Figura 22 – Ocupação das margens de um manancial superficial na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 795.882,39 m E; 7.831.215,10 m S).....	55
Figura 23 – Aspectos do uso do solo e impactos da pecuária na parte baixa da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 798.511,35 m E; 7.836.294,59 m S).....	56
Figura 24 – Curral localizado às margens do manancial superficial na parte baixa da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 800.787,79 m E; 7.835.408,55 m S) .....	56
Figura 25 – Foz do Córrego São Silvestre (coordenadas UTM: zona 23k 801.890,04 m E; 7.835.869,01 m S).....	57
Figura 26 – Residências rurais (ao centro) e agricultura (cafeicultura ao fundo e cultivo de banana à frente) na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23 k 796.236,64 m E; 7.817.065,65 m S).....	70
Figura 27 – Limite entre uma área utilizada para cafeicultura e um fragmento de vegetação na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23 k 796.125,49 m E; 7.816.750,68 m S).....	70
Figura 28 – Área utilizada para a pecuária apresentando sinais de erosão na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23 k 795972.22 m E; 7816357.83 m S) .....	71
Figura 29 – Terreiro e área utilizada para cafeicultura e cultivo de banana na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23 k 797.126,21 m E; 7.820.030,75 m S) .....	71
Figura 30 – Curral e área utilizada para pecuária na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23 k 794.330,21 m E; 7.821.304,72 m S) .....	72
Figura 31 – Limite entre uma área utilizada para cafeicultura na BHCSS e um fragmento de vegetação na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23 k 795.262,60 m E; 7.824.210,60 m S).....	72
Figura 32 – APP desprotegida, reservatório artificial de água, agricultura (cafeicultura, cultivo de banana e pimentão) e pastagem na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 795.949,89 m E; 7.826.187,49 m S).....	73
Figura 33 – Residências rurais, agricultura (cafeicultura e cultivo irrigado de taioba), fragmentos de vegetação e pastagem localizados na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 795.360,22 m E; 7.830.307,80 m S).....	73
Figura 34 – Uso do solo para agricultura (em APP de curso d'água) e silvicultura na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 796.117,69 m E; 7.826.897,43 m S).....	74

Figura 35 – Fragmento de vegetação, residências rurais, pastagem e agricultura gerando conflitos de uso e ocupação do solo com APPs de curso d’água na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 795.395,98 m E; 7.826.831,25 m S)...	74
Figura 36 – Área com sinais de degradação (feições erosivas) utilizada para pecuária gerando conflitos de uso e ocupação do solo e APPs na parte baixa da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 798.382,73 m E; 7.837.275,08 m S).....	75
Figura 37 – Pastagem ocupando APP de curso d’água localizada na parte baixa da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 798.109,43 m E; 7.837.712,12 m S).....	75
Figura 38 – Áreas utilizadas pela agricultura e pecuária e fragmento de vegetação localizados na parte baixa da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 797.798,93 m E; 7.834.018,80 m S).....	76
Figura 39 – Residências rurais, pecuária agricultura e fragmentos de vegetação localizados na parte baixa da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 796.933,97 m E; 7.833.169,16 m S).....	76
Figura 40 – Sede do município de Inhapim, próximo à foz do Córrego São Silvestre (coordenadas UTM: zona 23k / 801.704,13 m E / 7.835.714,81 m S).....	77

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Autores e conceitos de hemerobia .....	26
Quadro 02 – Classificação do grau de ação antrópica sobre os usos da terra proposta por Haber .....	27
Quadro 03 – Definição dos graus de hemerobia de acordo com Mezzomo e Gasparini (2016) .....	27
Quadro 04 – Classificação das variáveis utilizadas para a definição da fragilidade ambiental potencial .....	36
Quadro 05 - Resultado da Fragilidade Potencial com base na soma das classes de fragilidade.....	37
Quadro 06 – Classes de Hemerobia em relação ao uso predominante na BHCSS .....	38
Quadro 07 – Definição do grau de conflito entre uso e ocupação do solo e APPs .....	41
Quadro 08 – Legenda do Mapa de Geoambientes da BHCSS .....	44
Quadro 09 – Descrição da fragilidade potencial nos geoambientes da BHCSS .....	49
Quadro 10 – Uso e Ocupação do Solo na BHCSS .....	49
Quadro 11 – Descrição do grau de hemerobia nos geoambientes da BHCSS .....	51
Quadro 12 – Uso e ocupação do solo em APPs de nascente nos geoambientes da BHCSS ....	57
Quadro 13 – Uso e ocupação do solo em APPs de curso d’água nos geoambientes da BHCSS .....	59
Quadro 14 - Uso e ocupação do solo em APPs de declividade nos geoambientes da BHCSS .....	60
Quadro 15 – Resumo dos indicadores avaliados por geoambiente da BHCSS.....	61

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1841020	Estação pluviométrica localizada em Governador Valadares-MG (coordenadas UTM: zona 24k 189.181,61 m E; 7.909.859,37 m S)
1941011	Estação pluviométrica localizada em Santo Antônio do Manhuaçu-MG (coordenadas UTM: zona 24k 202.230,52 m E; 7.821.442,55 m S)
1941018	Estação pluviométrica localizada em Itanhomi-MG (coordenadas UTM: zona 24k 199.175,50 m E; 7.879.003,11 m S)
1942006	Estação pluviométrica localizada em Vermelho Velho-MG (coordenadas UTM: zona 23k 777.280,10 m E; 7.786.324,47 m S)
1942030	Estação pluviométrica localizada em Belo Oriente-MG (coordenadas UTM: zona 23k 773.196,11 m E; 7.861.712,87 m S)
1942031	Estação pluviométrica localizada em Cachoeira do Óculos-MG (764.035,54 m E / 7.810.897,75 m S)
2041048	Estação pluviométrica localizada em Fazenda Vargem Alegre-MG (coordenadas UTM: zona 24k 190.596,66 m E; 7.766.948,84 m S)
2042017	Estação pluviométrica localizada em Matipó-MG (coordenadas UTM: zona 23k 778.876,00 m E; 7.755.280,05 m S)
ANA	Agência Nacional de Águas
APPs	Áreas de Preservação Permanente
BHCSS	Bacia Hidrográfica do Córrego São Silvestre
ECOPLAN-LUME	Consórcio responsável pela elaboração do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce
EI	Média mensal do índice de erosividade das chuvas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNEC	Fundação Educacional de Caratinga
h	Hora
ha	Hectare
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM	Instituto Brasileiro de Gestão das Águas
Km	Quilômetro

LVAd40	Unidade de mapeamento nº 40 referente ao Latossolo Vermelho Amarelo do mapa de solos do estado de Minas Gerais.
L40GMsb	Geoambiente caracterizado pela unidade de mapeamento de solos LVAd40, geologia composta por Granito e geomorfologia composta pelo domínio dos Morros e serras baixas.
L40TMsb	Geoambiente caracterizado pela unidade de mapeamento de solos LVAd40, geologia composta por Tonalito e geomorfologia composta pelo domínio dos Morros e serras baixas.
LVAd49	Unidade de mapeamento nº 49 referente ao Latossolo Vermelho Amarelo do mapa de solos do estado de Minas Gerais.
L49MM	Geoambiente caracterizado pela unidade de mapeamento de solos LVAd49, geologia composta por Metatonalitos e geomorfologia composta pelo domínio Montanhoso.
L49MMsb	Geoambiente caracterizado pela unidade de mapeamento de solos LVAd49, geologia composta por Metatonalitos e geomorfologia composta pelo domínio dos Morros e serras baixas.
L49TMsb	Geoambiente caracterizado pela unidade de mapeamento de solos LVAd49, geologia composta por Tonalitos e geomorfologia composta pelo domínio dos Morros e serras baixas.
MDE	Modelo Digital de Elevação
MJ	Megajoule
mm	Milímetro
OSGeo	<i>Open Source Geospatial Foundation</i>
p	Precipitação média anual
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
QGIS	Quantum Gis
r	Erosividade
R	Índice de Erosividade
R <sup>2</sup>	Coefficiente de Determinação
SAGA-GIS	<i>System for Automated Geoscientific Analyses</i>
SCP	<i>Semi-Automatic Classification Plugin</i>
SEDEC	Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

SIBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
Tb	Atividade da fração argila baixa (valor inferior a $27 \text{ cmol}_c\text{kg}^{-1}$ de argila)
UFV	Universidade Federal de Viçosa
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
1 OBJETIVOS .....	18
1.1 Objetivo Geral.....	18
1.2 Objetivos Específicos.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	19
2.1 Gestão de Recursos Hídricos, Meio Ambiente e Uso do Solo.....	19
2.2 Geoambientes e Recursos Hídricos.....	21
2.3 Indicadores para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Meio Ambiente e Uso do Solo .....	24
2.3.1 Fragilidade Potencial .....	25
2.3.2 Hemerobia.....	26
2.3.3 Conflito entre Uso e Ocupação do Solo e Áreas de Preservação Permanente .....	28
3 METODOLOGIA .....	30
3.1 Área de Estudo .....	30
3.2 Estratificação das Unidades Geoambientais .....	30
3.2.1 Delimitação da bacia hidrográfica .....	31
3.2.2 Elaboração dos mapas temáticos de geologia e geomorfologia .....	31
3.2.3 Elaboração do mapa de pedologia .....	31
3.2.4 Altimetria.....	32
3.2.5 Identificação dos Geoambientes .....	32
3.3 Definição de Indicadores para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Meio Ambiente e Uso do Solo .....	32
3.3.1 Descrição do Grau de Fragilidade Potencial .....	33
3.3.2 Descrição do Grau de Hemerobia.....	37
3.3.3 Descrição do Grau Conflitos de Uso do Solo e Áreas de Preservação Permanente .....	39
3.4 Elaboração do Quadro Resumo com a Descrição dos Geoambientes.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
4.1 Estratificação de geoambientes .....	42

4.2	Indicadores para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Meio Ambiente e Uso e do Solo .....	47
4.2.1	Fragilidade Potencial .....	47
4.2.2	Hemerobia.....	49
4.2.3	Conflito de Uso do Solo e Áreas de Preservação Permanente .....	51
4.3	Integração dos indicadores .....	60
	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	62
	REFERÊNCIAS .....	63
	APÊNDICE .....	70

## INTRODUÇÃO

Conhecer a realidade de uma bacia hidrográfica é a base para a realização de um planejamento adequado, que garanta a gestão apropriada dos recursos hídricos e o atendimento aos múltiplos usos, bem como às futuras gerações, indo ao encontro dos pressupostos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

A necessidade de planejamento adequado para a gestão das bacias hidrográficas tem se intensificado diante dos episódios recentes de estiagem ou seca que ocorreram nos últimos anos. De acordo com a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), em todo o Brasil, no ano de 2018, ocorreram 1917 reconhecimentos federais de situação de emergência pela falta de água, causada por um longo período de estiagem ou seca. Especificamente no estado de Minas Gerais, 179 situações de escassez foram reconhecidas (BRASIL, 2019).

É importante reconhecer que o processo de crise hídrica se deve, em parte, à dinâmica meteorológica, contudo, não se pode menosprezar a postura inadequada em relação ao uso da água e à proteção dos recursos hídricos por parte da população e a deficiência no planejamento por parte das instituições públicas, que faz com que a margem de segurança entre a oferta e a demanda seja muito estreita.

Neste contexto, é importante desenvolver ferramentas que auxiliem na integração da gestão dos recursos hídricos, a gestão ambiental e o uso do solo, de modo a alinhar as particularidades relacionadas aos diferentes usos e demandas por água às interações dinâmicas que ocorrem na bacia hidrográfica.

A base de todo planejamento efetivo é a realização de um bom diagnóstico e, para Rodrigues *et al* (2015), o estudo geoambiental é muito útil para prover dados consistentes em curto prazo e com baixo custo financeiro, além de ser uma metodologia que pode ser aplicada de forma sistêmica, com adaptações a cada caso. Os geoambientes compreendem os compartimentos geográficos cuja extensão territorial apresenta homogeneidade com relação a determinados fatores ambientais de interesse (bióticos e abióticos)

Aliado a um bom diagnóstico, é necessário definir indicadores adequados para descrever as informações obtidas, definir metas e monitorá-las. De acordo com Silva *et al* (2017A), o uso de indicadores é um instrumento importante para auxiliar os tomadores de decisões, revelando a situação dos meios físico, biótico e antrópico.

A definição de indicadores que permitam integrar a gestão de recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo em uma abordagem geoambiental, desse modo, pode contribuir para a proposição de ações que auxiliem ao atendimento das múltiplas demandas por água. Além

disso, por meio da estratificação da bacia em unidades homogêneas, é possível utilizar os indicadores para realizar a hierarquização de áreas prioritárias para intervenções, agindo de forma mais assertiva para a solução de problemas.

Considerando o desafio dos órgãos públicos, Comitês e Agências de Bacia Hidrográfica em equilibrar as demandas urgentes por intervenções nas bacias e sub-bacias com as limitações financeiras e técnicas, a busca por novas estratégias para o planejamento deve passar pela ampla aplicabilidade e baixo custo. Diante disso, os indicadores propostos para a integração entre a gestão de recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo precisam ser baseados em informações de fácil acesso e disponíveis para uma ampla variedade de territórios.

Partindo dessa premissa, utilizando os indicadores, seria possível hierarquizar não somente os geoambientes prioritários para intervenção dentro de uma microbacia, como também, num conjunto de microbacias, as que apresentassem maior criticidade em relação aos indicadores.

Localizada nos municípios de Caratinga e Inhapim, Minas Gerais, a bacia hidrográfica do Córrego São Silvestre (BHCSS) é caracterizada por um processo gradativo de substituição dos ambientes naturais pela pecuária, agricultura, reflorestamento por eucalipto, ocupação urbana e outras formas de intervenção antrópica. O curso d'água principal, Córrego São Silvestre, é afluente da margem esquerda do Rio Caratinga e o manancial onde é realizada a captação de água para abastecimento público da cidade de Inhapim, atendendo cerca de 14 mil pessoas (ECOPLAN-LUME, 2010; FUNEC, 2015A; FUNEC, 2015B).

Considerando a diversidade de uso dos recursos hídricos na BHCSS (agricultura, pecuária, abastecimento público, predominantemente) e que, de acordo com FUNEC (2015B), o município de Inhapim passou por episódio recente de redução drástica na vazão do Córrego São Silvestre, pode-se sugerir a existência de potenciais conflitos de uso da água na bacia.

Diante disso, a proposição de indicadores para a gestão integrada dos recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo, baseada na estratificação da BHCSS em geoambientes, pode contribuir para o planejamento adequado e ser uma metodologia aplicável a outras bacias.

## **1 OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo Geral**

Propor indicadores como forma de subsidiar a gestão integrada entre recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo, utilizando como unidades espaciais de referência os geoambientes da bacia hidrográfica do Córrego São Silvestre.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Estratificar a BHCSS em unidades geoambientais;
- Descrever, por meio dos indicadores selecionados, as potencialidades e fragilidades da bacia em relação ao gerenciamento de recursos hídricos;
- Descrever e definir indicadores que permitam subsidiar a integração entre a gestão de recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo;
- Propor uma metodologia aplicável a outras bacias hidrográficas, que permita realizar o planejamento de uso integrado entre os recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Gestão de Recursos Hídricos, Meio Ambiente e Uso do Solo

A gestão de recursos hídricos no Brasil foi instituída por meio da Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que criou uma política e um sistema nacional de gerenciamento das águas, regulamentando o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal (BRASIL, 1988; BRASIL, 1997). A PNRH foi materializada tendo como base o modelo francês e as experiências consolidadas pela legislação paulista, tomando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento, buscando enfatizar uma gestão participativa (SILVA, 2010).

Bacia hidrográfica é, segundo Teodoro *et al* (2007), um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, formada nas regiões mais altas de relevo por divisores de água, onde as águas provenientes da precipitação escoam superficialmente formando mananciais superficiais, ou infiltram no solo para formação de nascentes e dos aquíferos subterrâneos. São caracterizadas como uma porção de partes interconectadas que funcionam juntas com um todo complexo (TRENTIM; ROBAINA, 2005).

Essas unidades territoriais são sistemas abertos e, mesmo sob a ação antrópica, encontram-se em equilíbrio dinâmico (TEODORO *et al*, 2007), constituindo ecossistemas adequados para a avaliação dos impactos causados pelas atividades humanas, que podem provocar alterações qualitativas e quantitativas na disponibilidade hídrica, uma vez que há uma íntima relação com o uso do solo (PESSOA; FAÇANHA, 2016).

As bacias hidrográficas, segundo Schneider (2010), são excelentes áreas de estudo para o planejamento devido ao caráter integrador das dinâmicas ocorridas em seu território. Mudanças significativas em qualquer unidade dentro da bacia hidrográfica podem gerar alterações, efeitos ou impactos a jusante.

Estudos voltados para as bacias hidrográficas como unidade de planejamento e gestão ambiental ganharam reconhecimento nas últimas décadas, dada a considerável demanda por recursos hídricos e a importância econômica atrelada (LANDIM NETO *et al*, 2016).

Dentre as diretrizes gerais de ação da PNRH, são definidas a integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental, bem como a articulação com a gestão do uso do solo (BRASIL, 1997). Para Ferreira *et al* (2017), tais diretrizes foram estabelecidas por haver um entendimento de que não há possibilidade de uma gestão eficiente dos recursos hídricos sem considerar a interligação dos recursos naturais.

Segundo Estêvez *et al* (2011), existe uma incoerência entre as características físicas das paisagens e a tipologia de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas, que pode

desencadear diversos riscos à sociedade. Essa realidade expõe a necessidade de um planejamento integrado a fim de gerar suporte à gestão da bacia hidrográfica, alinhando a questão dos recursos hídricos, ambiental e de uso do solo.

No mesmo sentido, Ross (1994A) argumenta que a água, por ser um recurso natural que permeia todas as atividades e necessidades humanas, deve receber a atenção máxima nos estudos de planejamento ambiental. Defende ainda, que desconsiderar a devida importância dos recursos hídricos para as sociedades humanas em qualquer planejamento é condená-lo ao fracasso.

A gestão inadequada das bacias hidrográficas é a principal causa dos sérios problemas de disponibilidade hídrica, cujo enfrentamento tem provocado mudanças no gerenciamento dessas unidades. A gestão de recursos hídricos, antes focada essencialmente no manejo das águas, passa a englobar a percepção de bacia hidrográfica como a conjunção de fatores ambientais (FERREIRA *et al*, 2017).

Para Pessoa e Façanha (2016), o planejamento de uma bacia hidrográfica deve compreender a concepção sistêmica, integrando componentes como os solos, a vegetação, o relevo e a ação antrópica, pois estas alteram as condições de funcionamento dos sistemas naturais.

O planejamento estratégico por bacias hidrográficas, de acordo com Lanna e Cánepa (1994), se define nos diagnósticos das microbacias, que revela não só as premissas técnicas do projeto, como também o caráter sociopolítico da intervenção.

Quando as atividades humanas alteram a cobertura do solo, os ciclos de minerais e nutrientes são rompidos devido à aceleração dos processos naturais de lixiviação e intemperismo (HOFF *et al*, 2008). Além disso, o aporte de sedimentos de áreas que sofreram erosão promove o assoreamento de rios e lagos, comprometendo a qualidade da água e os ecossistemas aquáticos, gerando a eutrofização dos corpos hídricos (SANTOS *et al*, 2010).

Alterações nos sistemas de uso e manejo do solo provocam alterações na resposta hidrológica, pois afetam o escoamento superficial, a vazão máxima de cheia, os fluxos de base, a recarga subterrânea, a umidade do solo, a perda de solo, o transporte de sedimentos e a sedimentação (SILVA *et al*, 2016).

A cobertura vegetal e as formas de uso do solo influenciam na qualidade da água (PAULA *et al*, 2016). A ausência de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e o mau uso do solo podem provocar impactos ambientais como o assoreamento dos cursos d'água, contudo, a conservação das APPs favorece a qualidade das águas, servindo como agente regulador de

vazão fluvial e, por consequência, de cheias, na dissipação da energia erosiva das águas de chuva e local de refúgio e fonte de alimento e água (SANTOS; HERNANDES, 2013).

Os recursos hídricos sofrem diversos danos proporcionados pela exploração dos recursos naturais e/ou da simples ocupação humana. O uso inadequado da terra provoca o aumento no escoamento superficial em detrimento da infiltração, gerando processos erosivos intensos e alterando o ciclo hidrológico (MONTAÑO; SOUZA, 2016).

A impermeabilização do solo e a ausência de manejo adequado da bacia favorecem a oscilação da vazão de um manancial, uma vez que ocorrem reduções drásticas na interceptação e infiltração de água (SANTOS; HERNANDES, 2013).

Para Montaño e Souza (2016) associar a gestão dos recursos hídricos ao processo de planejamento ambiental e da ocupação do território contribui de forma valiosa na tomada de decisões. Estabelecer a relação entre o uso e a ocupação do solo e os recursos hídricos constitui uma importante estratégia para o planejamento na bacia hidrográfica (VANZELA *et al*, 2010).

Desse modo, promover a integração das políticas públicas que interagem com os recursos hídricos é, provavelmente, a agenda mais complexa e urgente dos gestores públicos, em função da falta de textos legais que definam com clareza a relação entre a gestão das águas e o ordenamento territorial (CARNEIRO *et al*, 2010).

A integração da gestão de recursos hídricos, ambiental e do uso do solo é uma forma prática de minimizar conflitos de uso da água, aproximando-se dos objetivos do desenvolvimento sustentável (FABBRO NETO; SOUZA, 2017).

## **2.2 Geoambientes e Recursos Hídricos**

Geoambiente ou geossistema é um ambiente geográfico que apresenta homogeneidade em relação a determinados fatores ambientais de interesse em uma extensão territorial (DIAS *et al*, 2002). Representam uma combinação dinâmica de um potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia), de uma condição de exploração biológica natural (vegetação, solo, fauna) e de atividades antrópicas; constituindo um ponto de partida aos estudos, pois se referem às unidades ambientais que estão sujeitas às respostas antrópicas (TORRES; FALCÃO SOBRINHO, 2014).

São formações naturais, sistemas abertos que obedecem à uma dinâmica de fluxo de energia e que, por meio da ação antrópica, podem sofrer alterações na sua funcionalidade, estrutura e organização (AMORIM, 2016).

O termo surgiu a partir da aplicação da teoria dos sistemas no campo da Geografia Física por Sotchava que, em 1963, propôs a observação da conexão entre os elementos da natureza ao

estudar a paisagem. Seu estudo foi concebido pela escola siberiana como uma base de apoio ao planejamento e desenvolvimento socioeconômico territorial (SOARES; AQUINO, 2012). O conceito foi introduzido na literatura soviética “para estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos, enfocando aspectos integrados dos elementos naturais numa entidade espacial em substituição aos aspectos da dinâmica biológica dos ecossistemas” (CHRISTOFOLETTI, 2002, p.42).

Geossistema também foi utilizado por Bertrand (1968) para referir-se a uma unidade com dimensões espaciais e temporais bem definidas, resultante da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos. O conceito foi posteriormente alterado para caracterizar uma entidade natural formada pelas relações entre os componentes da natureza e impactada pela ação da sociedade, alinhando-se à definição proposta por Sotchava, mais genérica, se referindo a uma ampla gama de dimensões espaciais (CAVALCANTI; CORRÊA, 2016).

De acordo com Amorim (2016), a pesquisa sobre geoambientes tem sido centrada cada vez mais na pequena unidade de paisagem. Estes compartimentos compõem um quadro de referência para a inserção dos programas de desenvolvimento nas escalas locais, regionais e nacionais (AMORIM *et al*, 2017).

Os geoambientes são uma combinação de fatores geomorfológicos, climáticos, biológicos e hidrológicos, dentre outros. São sistemas ambientais físicos, abertos e representados por complexos paisagísticos (CUNHA; FREITAS, 2004; SOARES; AQUINO, 2012). Ao longo do tempo da natureza, buscam atingir seu equilíbrio dinâmico, reestruturando-se todas as vezes em que ocorrem mudanças em um de seus componentes ou alteração nos fluxos de matéria e energia (AMORIM, 2016).

Tais mudanças, de acordo com Silva *et al*, (2018), podem ser decorrentes de atividades humanas, que interferem na funcionalidade, estrutura e organização dos geoambientes, desencadeando alterações na sua entropia. Amorim (2016) destaca que a intensiva e quase instantânea ação antrópica sobre esses sistemas tem alterado sua estrutura, dinâmica e funcionalidade.

Assim, os geoambientes são fenômenos naturais que englobam fenômenos antrópicos, representando a paisagem modificada ou não pela sociedade (AMORIM; OLIVEIRA, 2008); um conceito integrador da relação homem e natureza com possibilidades do uso da categoria para a avaliação de qualidade ambiental e na aplicação da geografia ao planejamento ambiental (CUNHA; FREITAS, 2004).

Essa integração entre aspectos antrópicos e naturais é a grande vantagem da teoria dos geoambientes, uma vez que permite investigar diferentes aspectos da natureza (estrutura, dinâmica e evolução) sob uma base unificada em termos de perspectiva e tratamento do problema (CAVALTANCI; CORREIA, 2016).

O uso da abordagem geoambiental permite uma avaliação integradora das condições ambientais da área de estudo, sendo uma contribuição importante para o planejamento e gestão ambiental (CUNHA; FREITAS, 2004). Por meio dessa percepção, é possível subsidiar um conhecimento sobre a estrutura e funcionamento natural das áreas e suas interconexões com a sociedade, impulsionando uma discussão sobre o planejamento racional de uso dos elementos naturais (TORRES; FALCÃO SOBRINHO, 2014).

Para Soares e Aquino (2012), um dos principais objetivos dos estudos geográficos sobre geoambientes é fornecer informações para a elaboração de um prognóstico da paisagem embasado em características atuais do compartimento e na ação antrópica que está sendo ou será desenvolvida no mesmo.

Análises ambientais integrando atributos físicos, econômicos e sociais de dado espaço permitem assinalar em escalas locais ou mesmo regionais, categorias específicas de identificação e avaliação de impactos ambientais, avaliação dos recursos naturais, reconhecimento de áreas de risco (AMORIM; OLIVEIRA, 2008).

A estratificação dos geoambientes possibilita a compreensão da dinâmica e dos processos naturais e antrópicos em bacias hidrográficas (AMORIM *et al*, 2017). A estratificação da bacia hidrográfica em unidades de paisagem é ideal para estudos em recortes geográficos com o intuito de entender o estado natural do ambiente e as direções de fluxo de energia e matéria, a partir da compreensão de que territórios em geral, são intimamente ligados às características de evolução no uso dos recursos hídricos (SILVA *et al*, 2018).

Por meio do mapa geoambiental, é possível definir a fragilidade frente ao uso do solo na bacia hidrográfica, além de fiscalizar a ocupação territorial das regiões, definindo diretrizes com base nas aptidões ambientais (TRENTIM; ROBAINA, 2005). Ainda, o entendimento da dinâmica das águas percorrendo os diferentes geoambientes permite agregar informações sobre hidrologia (qualidade e quantidade da água), usos prioritários e gerenciamento e gestão de recursos hídricos (SILVA *et al*, 2018).

Nessa perspectiva, de acordo com Silva e Dantas (2010), os estudos geoambientais são um instrumento indispensável para a definição de políticas públicas, pois fornecem subsídios técnicos para vários setores, como mineração, agricultura, saúde pública, urbanismo, moradia,

defesa civil, transporte, turismo, meio ambiente e planejamento, incluindo a gestão de recursos hídricos.

### **2.3 Indicadores para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Meio Ambiente e Uso do Solo**

Indicadores são ferramentas para obtenção de informações sobre uma determinada realidade e possuem como principal característica a função de sintetizar informações, considerando apenas os significados essenciais dos aspectos analisados (CAMPOS *et al*, 2014). São parâmetros, ou seja, propriedades medidas ou observadas, ou valores derivados de parâmetros que fornecem informação sobre determinado fenômeno (SILVA *et al*, 2017A).

Para Santos (2004), indicadores permitem a criação de cenários sobre o estado do meio, aferir ou acompanhar os resultados de uma intervenção sendo, por isso, fundamentais para tomadores de decisão e para a sociedade.

As principais funções dos indicadores são (VIEIRA; STUDART, 2009):

- Descrever o estado de um recurso sempre se referindo a um contexto;
- Fornecer medidas regulares que possibilitem prover informações para o sistema em funcionamento ou respostas ao gerenciamento;
- Comunicar políticas objetivas com resultados para o público e auxiliar a promoção de ações;
- Servir de referência para análise de um estado desejado;
- Possibilitar a geração de prognósticos.

Bons indicadores são capazes de gerar modelos que representem as realidades, medindo o avanço em direção às metas e objetivos. Devem vir enriquecidos de entendimento técnico, político, social e de conhecimento lógico e científico (SANTOS, 2004).

O uso de indicadores ambientais especializados permite a identificação de problemas e o aperfeiçoamento de modelos de gestão de recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo, auxiliando o tomador de decisões na seleção de melhores alternativas, inclusive a priorização de áreas para a intervenção (FREITAS, 2013).

Com o intuito de avaliar a Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi/Morretes-PR, Estêvez *et al* (2011) concluíram que a fragilidade potencial à perda de solos e a hemerobia, integradas a uma abordagem geoambiental, são indicadores eficazes para demonstrar limites e aptidões de uma bacia hidrográfica, possibilitando amenizar impactos e potencializar a exploração econômica, estabelecendo estratégias integradas.

Para Ross (1994B), o planejamento ambiental, independente do território ao qual se aplica, deve ser realizado considerando como premissas as potencialidades dos recursos naturais e humanos e as fragilidades dos ambientes. Belem e Nucci (2014), por sua vez, destacam que o estudo da hemerobia é uma ferramenta útil para diagnosticar, monitorar ambientalmente e planejar a paisagem.

A definição de indicadores que demonstrem a relação entre o uso do solo e as Áreas de Preservação Permanente (APPs) também são importantes para a proposição de estratégias que reflitam na disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, de acordo com Silva *et al* (2017A).

Almeida *et al* (2018) corroboram esta proposição indicando que diagnósticos de APPs em relação ao atendimento do Código Florestal são instrumentos importantes para a gestão dos recursos hídricos, ao demonstrar como os diferentes usos do solo afetam as áreas protegidas.

A construção de indicadores dá suporte à formulação de políticas e à tomada de decisão por atores públicos e privados, com o intuito de mostrar a relação entre as atividades antrópicas e o ambiente, de modo a alcançar maior proximidade de um estado sustentável (VIEIRA; STUDART, 2009).

### **2.3.1 Fragilidade Potencial**

A fragilidade potencial, de acordo com Martins *et al* (2018) e Vale *et al* (2016), descreve a fragilidade natural a que uma determinada área está submetida, representando fatores intrínsecos à paisagem. O conceito integra um dos aspectos da metodologia proposta por Ross (1994B) para a análise empírica da fragilidade de ambientes naturais e antropizados.

Para avaliar a fragilidade potencial, deve ser realizada a relação entre as variáveis solo, pluviosidade e classes de declividade ou índice de dissecação do relevo. No processo, cada variável recebe uma classificação em graus de fragilidade, sendo 1 a categoria hierárquica muito baixa e 5, muito forte. A combinação dos algarismos representa os graus de fragilidade, sendo 111, muito baixa, e 555, muito forte (SPÖRL; ROSS, 2004).

Contribuindo com o processo de integração das informações, o sensoriamento é uma ferramenta essencial para o desenvolvimento de estudos de fragilidade ambiental. As geotecnologias permitem a elaboração de produtos cartográficos que são altamente eficientes para a gestão do território e promoção da qualidade da paisagem, uma vez que permitem realizar análises, planejamento e monitoramento de áreas naturais (Belato *et al*, 2019; Oliveira *et al*, 2019; e Martins *et al*, 2018).

Vale *et al* (2016) concluíram que os produtos cartográficos foram capazes de traduzir de forma simples a realidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Aldeia Velha, no Rio de Janeiro, enquanto Oliveira *et al* (2019) afirmaram ter sido fundamental o uso de geotecnologias para o desenvolvimento do estudo de fragilidade na Bacia Hidrográfica do Arroio Pessegueiro, Rio Grande do Sul.

Mapear a fragilidade ambiental permite a detecção de áreas merecedoras de atenção dos gestores e que devem ser utilizadas de forma correta para não comprometerem os sistemas ambientais (BELATO *et al*, 2019). Pesquisas sobre esta temática contribuem para estudos sobre recursos naturais, ordenamento territorial e gestão de bacias hidrográficas, uma vez que permitem avaliar a capacidade de suporte dos ambientes e o potencial natural para erodibilidade, uso agrícola e florestal (Oliveira *et al*, 2019; Vale *et al*, 2016).

### 2.3.2 Hemerobia

Hemerobia, de acordo com Estêvez *et al* (2011), trata da diferenciação que vai da naturalidade à artificialidade dos ecossistemas, provocada pela ação humana. É um conceito que trabalha com as intervenções antrópicas sobre as potencialidades naturais das unidades de paisagem.

Pode ser entendido como a totalidade das ações nas paisagens, classificadas de acordo com graus de naturalidade assim como de dependência tecnológica e energética para sua manutenção, ou seja, quanto mais natural for a paisagem, menor será sua hemerobia, e vice e versa (BELEM; NUCCI, 2011). Desse modo, “a hemerobia é diretamente proporcional a alteração causada pelos seres humanos no meio natural” (NUCCI *et al.*, 2016, p. 60).

O conceito de hemerobia foi proposto inicialmente pelo pesquisador Jalas, no ano de 1955. Outros autores, no entanto, abordaram o assunto com diferentes olhares, conforme é apresentado no Quadro 01 (MEZZOMO; GASPARINI, 2016).

**Quadro 01 – Autores e conceitos de hemerobia**

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Conceitos</b>	<b>Classes</b>
Jalas	1955	Hemerobia: grau de artificialidade ou naturalidade do meio.	Ahemeorobio; Oligohemeorogio; Mesoheameorobio; Euhemeorobio.
Sukopp	1972	Hemerobia: totalidade dos efeitos das ações humanas sobre as paisagens.	Natural; Quase natural; Semi (Agri-natural); Agri-cultural; Quase cultural; Cultural.
Monteiro	1978	Derivação antropogênica: alterações na paisagem provocadas pelo homem.	Transformações positivas; Transformações negativas.
Haber	1990	Classificação dos tipos de uso da terra conforme a diminuição da naturalidade e o aumento da artificialidade.	Bioecossistemas; Tecno-sistemas.

**Quadro 01 – Autores e conceitos de hemerobia (continuação)**

Autor	Ano	Conceitos	Classes
Hough	1995	Grau de interferência humana na paisagem.	Paisagem formal; Paisagem natural.
Fávero, Nucci e Biasi	2004	Hemerobia: avaliação das unidades de paisagem conforme elementos naturais e interferência antrópicas.	A; B; C; D; E (A hemerobia aumenta conforme a ordem crescente das letras).

Fonte: Mezzomo; Gasparini (2016).

Embora não tenha utilizado necessariamente o termo hemerobia, em 1990, o pesquisador Haber propôs uma classificação dos ecossistemas conforme os tipos de uso da terra, ou seja, de acordo com o nível de dependência tecnológica e energética dos sistemas (Quadro 02) (BÁRBARA *et al*, 2014).

**Quadro 02 – Classificação do grau de ação antrópica sobre os usos da terra proposta por Haber**

Grupos	Subgrupos	Características
Bioecossistemas	Ecosistemas naturais	Sem influência humana direta e capaz de auto-regulação
	Ecosistemas próximos de naturais	Influenciado pelo ser humano, mas capaz de auto-regulação
	Ecosistemas seminaturais	Resultante do uso humano, mas não criado intencionalmente, com capacidade limitada de auto-regulação
	Ecosistema (biótico) antropogênico	Intencionalmente criado e totalmente dependente do controle e manejo humanos
Tecno-sistemas		Caracterizado pelo domínio de estruturas e processos técnicos, criados intencionalmente pelo homem para atividades industriais, econômicas ou culturais com bioecossistemas dispersos em sua malha e no entorno.

Fonte: Haber (1994) adaptado.

Utilizando a mesma lógica, Mezzomo e Gasparini (2016) propuseram uma classificação do grau de hemerobia da paisagem em 07 graus, de mínima à máxima dependência tecnológica, conforme o Quadro 03.

**Quadro 03 – Definição dos graus de hemerobia de acordo com Mezzomo e Gasparini (2016)**

Grau de Hemerobia	Descrição
Mínimo	Áreas de unidades de conservação, áreas de preservação permanente e fragmentos florestais
Muito Baixo	Áreas com silvicultura e áreas de lazer (praças e parques urbanos)
Baixo	Área com mata devastada devido á interferência antrópica (geralmente áreas abandonadas), vegetações rasteiras e arbustos
Médio	Áreas utilizadas para agricultura, pecuária e solo exposto e áreas preparadas para futuras construções civis
Alto	Áreas com construções civis de pequeno porte (casas) e construções espaçadas, ambas com jardins ou presença de arbustos e herbáceas

**Quadro 03 – Definição dos graus de hemerobia de acordo com Mezzomo e Gasparini (2016)  
(continuação)**

Grau de Hemerobia	Descrição
Muito Alto	Áreas com calçadas, asfalto, centros comerciais, construções civis e públicas de médio a grande porte (prédios), podendo conter jardins, arbustos e árvores espalhadas
Máximo	Áreas industriais e usinas hidrelétricas

Fonte: Mezzomo e Gasparini (2016).

Os trabalhos sob a ótica da hemerobia podem ser utilizados para avaliar e acompanhar mudanças no uso e ocupação do solo que afetam os sistemas ecológicos em diferentes graus de modificações (MEZZOMO; GASPARINI, 2016). Podem contribuir no debate e intensificar a busca por um planejamento integrado (BELEM; NUCCI, 2014).

Para NUCCI *et al.* (2016) a análise evolutiva de paisagens do bairro Santa Felicidade, em Curitiba, com base no conceito de hemerobia, mostrou-se uma ferramenta de monitoramento muito útil no planejamento da paisagem. A dependência de energia e de tecnologia para o bom funcionamento de uma paisagem pode variar de acordo com o tempo, conforme a evolução natural ou devido às intervenções humanas e, por isso, o diagnóstico da hemerobia da paisagem em um aspecto evolutivo é fundamental para o monitoramento e prognóstico em relação aos impactos negativos provenientes dessas modificações nas paisagens ao longo do tempo.

### 2.3.3 *Conflito entre Uso e Ocupação do Solo e Áreas de Preservação Permanente*

O Código Florestal, materializado por meio da lei 12.651, de 25 de maio de 2012, define as APPs como “áreas protegidas, cobertas 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”. O código ainda define que (BRASIL, 2012):

- Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:
- I. “as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:
    - a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;
    - b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
    - c) 100 (cem) metros, para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
    - d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d’água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
    - e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
  - II. as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;
- III. as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;
- IV. as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- V. as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
- VI. as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- VII. os manguezais, em toda a sua extensão;
- VIII. as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
- IX. no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, 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 esta 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;
- X. as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;
- XI. em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado”.

As APPs possuem um papel vital dentro das bacias hidrográficas por garantirem a manutenção e conservação dos ecossistemas, além de contribuírem para a regularização do fluxo hídrico e redução do assoreamento, quando cobertas por vegetação original (NARDINI *et al*, 2015). Silva *et al* (2010), definem que estas áreas podem ser estabelecidas como ótimos indicadores de sustentabilidade, dada a sua função ambiental.

Nessa abordagem, para definir o conflito do uso do solo e as áreas de preservação permanente, Silva *et al* (2017A) utilizaram ferramentas de geoprocessamento e propuseram o uso de dois indicadores: o percentual de APPs de curso d'água protegidas com vegetação nativa e o percentual de APPs de nascentes protegidas com vegetação nativa, caracterizando de forma eficiente a realidade da sub-bacia hidrográfica do Córrego do Boi.

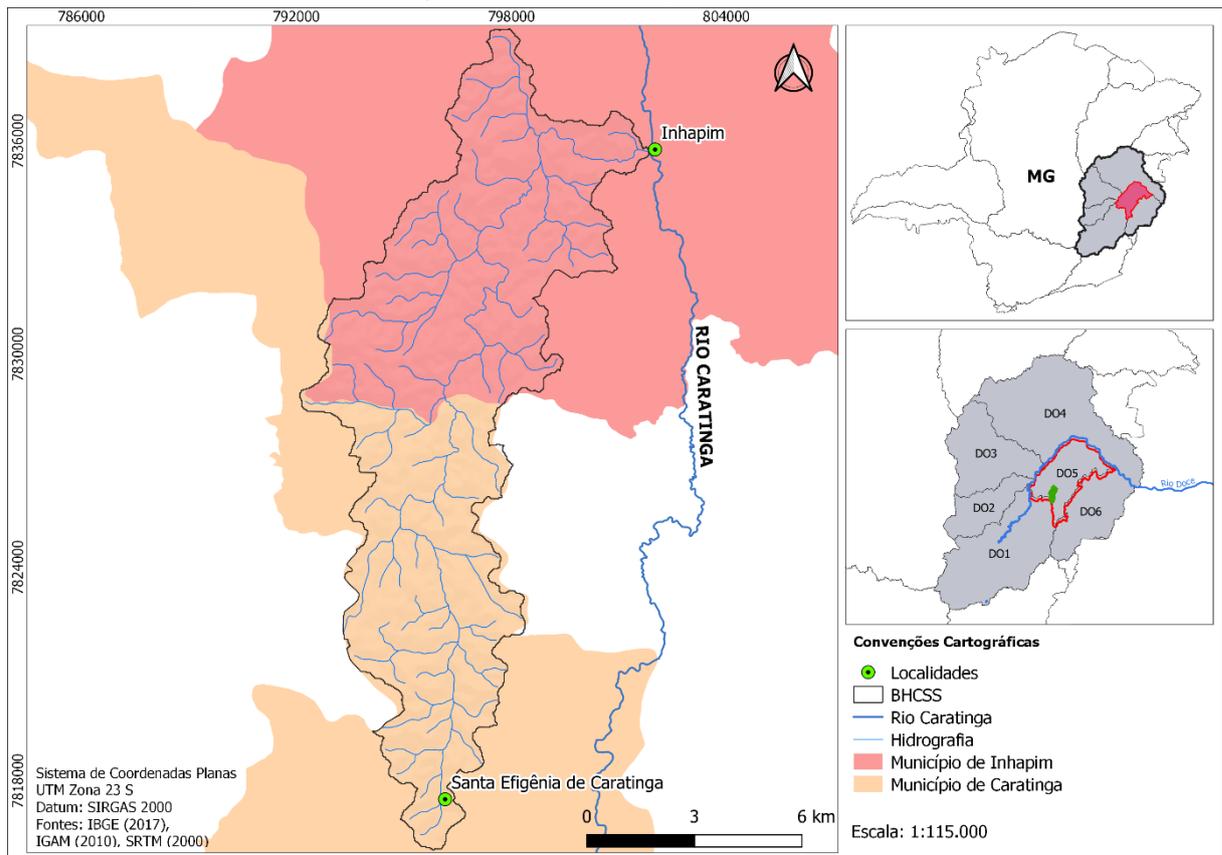
O uso das geotecnologias para a quantificação de conflitos entre o uso e ocupação do solo e APPs é eficiente e auxilia a construção de indicadores para o planejamento, recuperação e ordenamento das bacias hidrográficas (ALMEIDA *et al*, 2018; NARDINI *et al*, 2015).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Área de Estudo

A BHCSS (Figura 01) é afluente da margem esquerda do Rio Caratinga (unidade de planejamento e gestão de recursos hídricos DO5), que por sua vez é afluente da margem direita do Rio Doce. Está inserida nos municípios de Caratinga e Inhapim, Minas Gerais e possui área de 91,02 km<sup>2</sup>.

**Figura 01 – Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego São Silvestre**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Com uma população de cerca de 2.000 habitantes, os cursos d'água da bacia são utilizados para a irrigação, dessedentação animal, diluição dos efluentes domésticos (a maior parte sem tratamento) e o abastecimento da população da sede do município de Inhapim/MG (aproximadamente 14.000 pessoas). A economia da bacia gira em torno da agricultura, pecuária e silvicultura, principais usos observados (FUNEC, 2015A; FUNEC, 2015B).

#### 3.2 Estratificação das Unidades Geoambientais

A estratificação do meio físico em unidades geoambientais foi realizada considerando os fatores pedo-geomorfológicos e baseada na metodologia utilizada por Estêvez *et al* (2011);

Amorim *et al* (2017) e Silva *et al* (2018), que utilizaram a abordagem geoambiental no estudo de bacias hidrográficas.

Diante disso, foi necessária a elaboração dos mapas temáticos com a delimitação da bacia hidrográfica, de geologia, geomorfologia e pedologia. O mapa de altimetria da BHCSS foi utilizado para complementar a descrição das características dos geoambientes.

Os mapas foram elaborados com o uso do software QGIS versão 3.4.13 (OSGeo, 2019). Utilizou-se dados disponíveis em órgãos oficiais, mesmo com escala reduzida, uma vez que o estudo objetivou a proposição de uma metodologia replicável a outras bacias hidrográficas.

### **3.2.1 Delimitação da bacia hidrográfica**

A delimitação da BHCSS foi realizada com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) do serviço EarthExplorer, disponibilizado pelo U.S. Geological Survey (USGS, 2000), cena s20\_w043\_1arc\_v3.

Através do comando “processar”, utilizou-se o algoritmo “*r.fill.dir*” para preenchimento de depressões espúrias (correções de possíveis células vazias que pudessem existir) e, assim, gerou-se o arquivo “*Depressions DEM*”.

Na camada “*Depressions DEM*”, utilizou-se algoritmo “*r.watershed*” para geração dos arquivos “*flow direction*” (direção do fluxo de água) e “*stream segments*” (curso d’água em formato raster).

Para finalizar, foi executado o algoritmo “*r.water.outlet*” (responsável por captar o ponto da foz da bacia e que considera a direção do fluxo d’água). A partir deste algoritmo, selecionou-se especificamente o “*flow direction*” (anteriormente gerado) como camada de entrada e usou-se como ponto de foz um pixel pertencente ao “*stream segments*” (anteriormente gerado).

### **3.2.2 Elaboração dos mapas temáticos de geologia e geomorfologia**

Os mapas de geologia e geomorfologia foram recortados da base de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) (BRASIL, 2003), Folha Belo Horizonte – SE.23, em escala 1:1000.000, utilizando a delimitação da BHCSS como máscara para interseção.

### **3.2.3 Elaboração do mapa de pedologia**

O mapa de pedologia foi recortado do Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais disponibilizado pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, Folha 04, em

escala 1:500.000 (UFV, 2010A), utilizando a delimitação da BHCSS como máscara para interseção.

#### **3.2.4 Altimetria**

O mapa hipsométrico foi desenvolvido utilizando o Modelo Digital de Elevação (MDE), dados SRTM provenientes do serviço EarthExplorer, disponibilizado pelo U.S. Geological Survey (USGS, 2000), cena s20\_w043\_1arc\_v3.

O arquivo raster foi adicionado ao software de geoprocessamento e, posteriormente, foi realizada a atribuição manual da graduação de cores utilizando a renderização com a banda simples falsa-cor.

Para suavizar o arquivo raster de altimetria foi gerado o efeito de sombreamento (*hillshade*), com transparência de 90%.

#### **3.2.5 Identificação dos Geoambientes**

Para a identificação dos geoambientes, foram agrupadas sob uma mesma denominação, áreas com características similares em relação aos atributos Geologia, Geomorfologia e Pedologia.

Primeiramente, realizou-se a interseção entre as classes de geologia e geomorfologia da BHCSS. Com o resultado desse procedimento, executou-se novamente o comando interseção com a camada pedologia, gerando um arquivo com os polígonos representando cada geoambiente.

### **3.3 Definição de Indicadores para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Meio Ambiente e Uso do Solo**

Para descrever as fragilidades e potencialidades da BHCSS e subsidiar a integração entre os recursos hídricos, meio ambiente e uso e ocupação do solo, foram definidos os indicadores Grau de Fragilidade Potencial, Grau de Hemerobia e Grau de Conflito entre Uso e Ocupação do Solo e APPs.

Assim como na estratificação dos geoambientes, os mapas foram produzidos com o uso do software QGIS versão 3.4.13 (OSGeo, 2019) e utilizou-se dados disponíveis em órgãos oficiais, mesmo com escala reduzida, visando a possibilidade de replicar a metodologia em outras bacias hidrográficas.

### 3.3.1 *Descrição do Grau de Fragilidade Potencial*

A definição da fragilidade potencial foi realizada com base na abordagem de Ross (1994B) e Spörl e Ross (2004), correlacionando os geoambientes com as condições pedológicas (mapa gerado na etapa de estratificação das unidades geoambientais), de declividade e erosividade da chuva.

#### 3.3.1.1 *Elaboração do mapa de declividade*

O mapa de declividade foi gerado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), dados SRTM provenientes do serviço EarthExplorer, disponibilizado pelo U.S. Geological Survey (USGS, 2000), cena s20\_w043\_1arc\_v3.

Para extrair a declividade do SRTM, utilizou-se os comandos raster → análise → declividade. Foram gerados os dados em porcentagem (não em graus como o padrão do sistema), devido a metodologia selecionada.

Posteriormente, realizou-se a reclassificação através das propriedades do arquivo gerado. Na escolha do tipo de renderização, selecionou-se a “banda simples falsa-cor”. Foram definidas as classes de declividade de acordo com a metodologia a ser utilizada para a definição da fragilidade potencial: até 6%, entre 6 e 12%, 12 a 20%, 20 a 30% e acima de 30%. As cores foram definidas conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013).

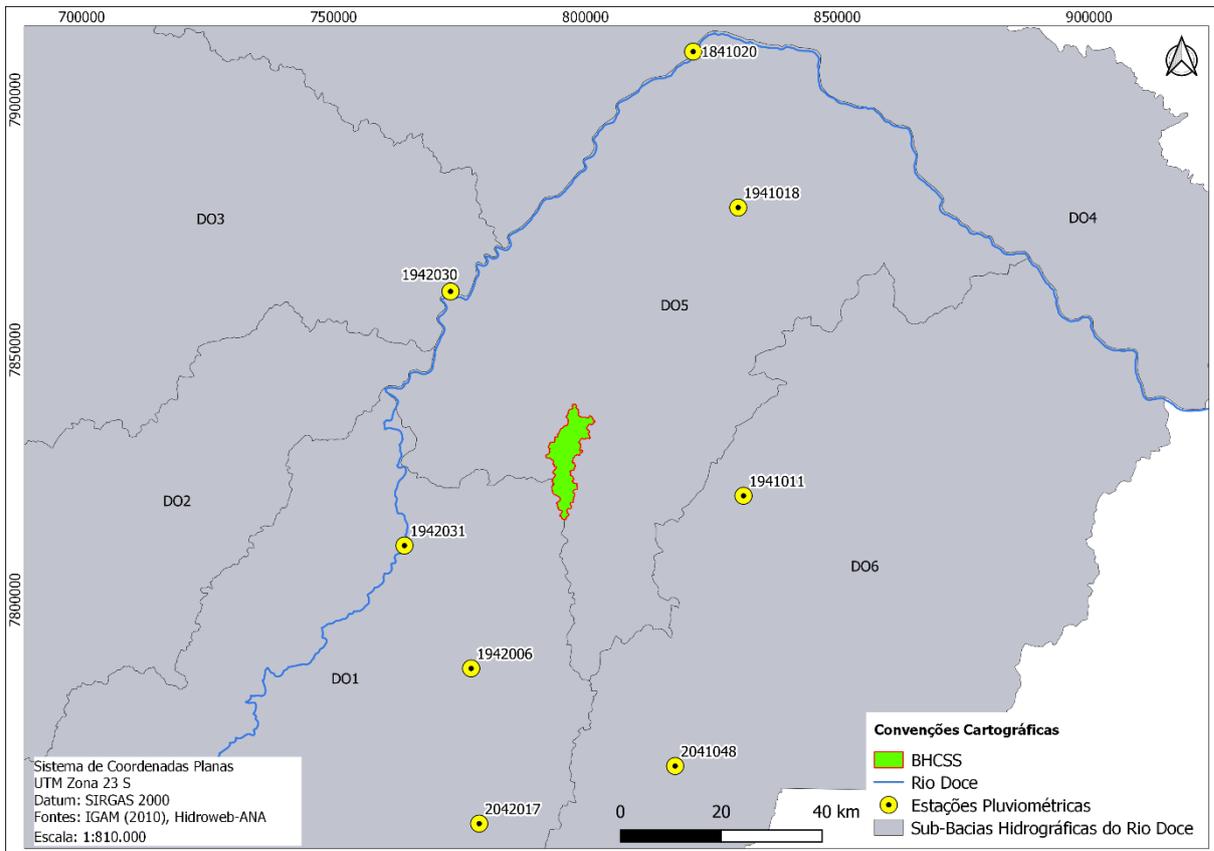
#### 3.3.1.2 *Elaboração do mapa de erosividade da chuva*

O mapa de erosividade da chuva foi elaborado de acordo com a proposta metodológica adaptada de Gonçalves *et al* (2011) e Martins *et al* (2018) por meio de interpolação, utilizando séries históricas de 30 anos de dados provenientes de estações pluviométricas localizadas na região da bacia hidrográfica.

Devido à ausência de estações pluviométricas no interior da BHCSS, foram utilizadas informações de 08 pontos localizados no entorno da área de estudo (Figura 02). Os dados foram obtidos junto ao HIDROWEB, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020) em estações localizadas o mais próximo possível da BHCSS.

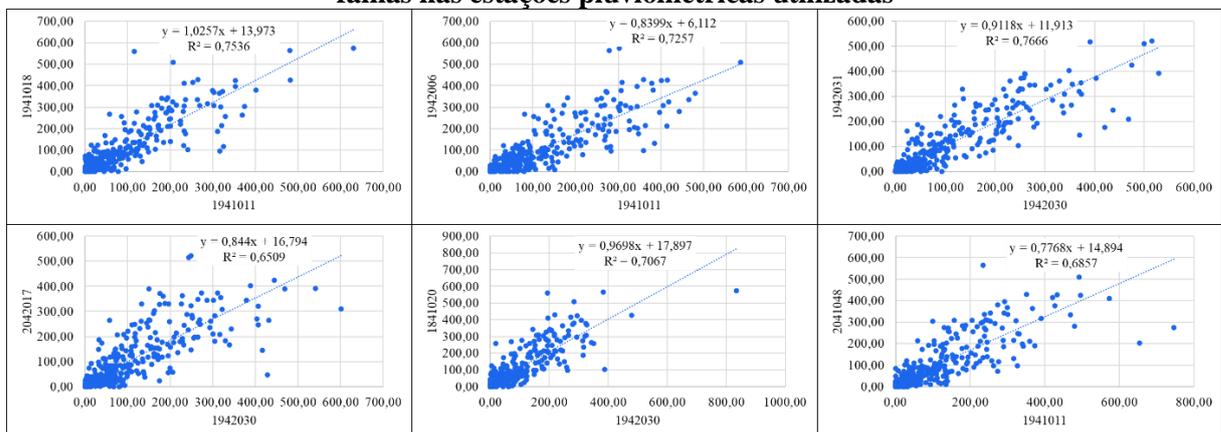
Dentre as 08 estações selecionadas, 06 (1841020, 1941018, 1942006, 1942031, 2041048 e 2042017) apresentaram lacunas na série histórica. Diante disso, realizou-se o preenchimento das falhas por meio de regressão linear simples (ANA, 2012), utilizando dados das 02 estações cuja série histórica estava completa, 1941011 ou 1942030, considerando a regressão que apresentou  $R^2$  mais próximo de 01 (Figura 03).

**Figura 02 – Localização das estações pluviométricas cujos dados foram utilizados para o cálculo da erosividade da chuva**



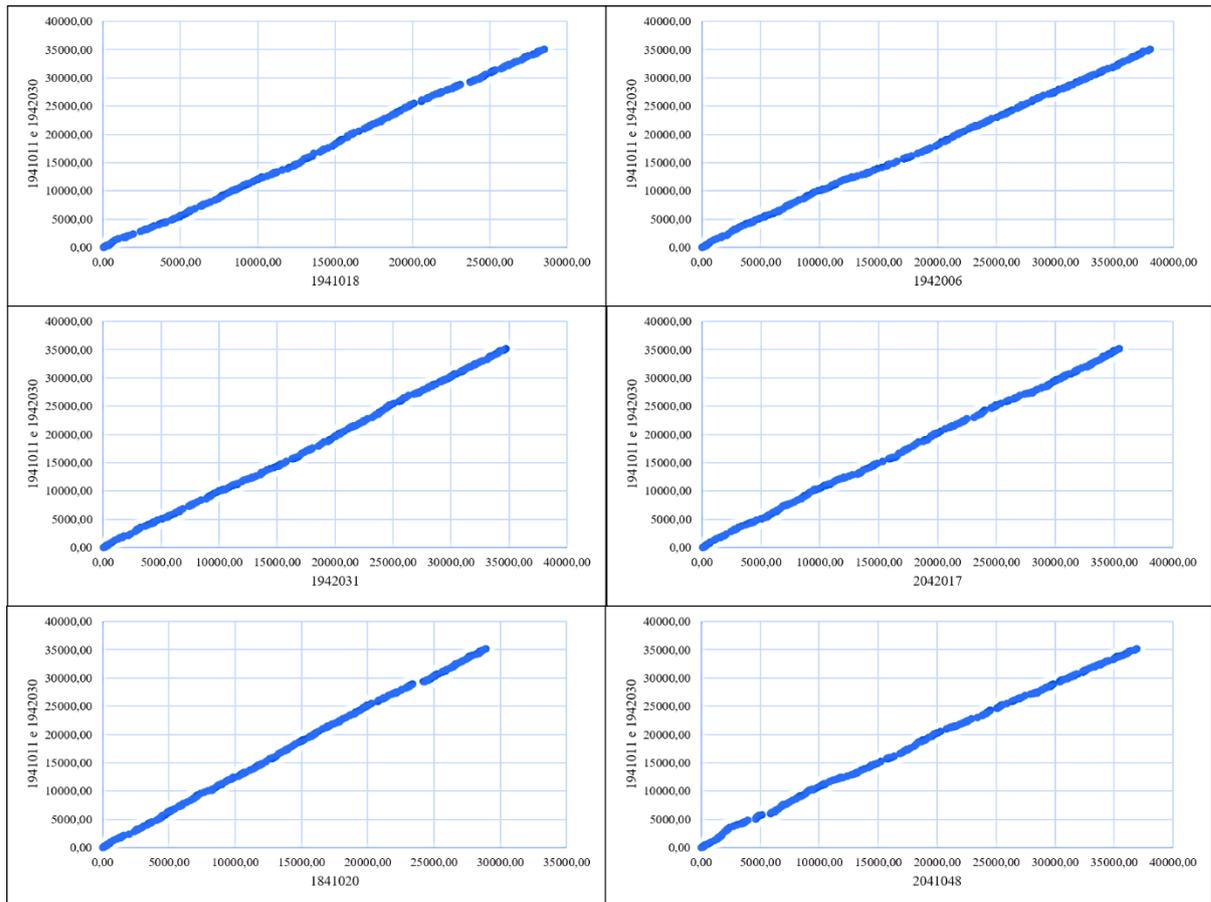
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

**Figura 03 – Resultados da interpolação dos dados pluviométricos para o preenchimento de falhas nas estações pluviométricas utilizadas**



Após o preenchimento de falhas, verificou-se que os dados eram consistentes por meio do método de análise dupla massa (ANA, 2012), mediante a construção da curva duplo acumulativa relacionando os totais mensais de cada estação com as médias acumuladas dos totais mensais dos postos 1941011 e 1942030 (Figura 04).

**Figura 04 – Resultados da análise de consistência dos dados pluviométricos**



Em seguida, calculou-se o fator de erosividade da chuva com base no modelo proposto por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), Equação 1:

$$EI = 67,355 \left( \frac{r^2}{p} \right)^{0,85} \quad \text{Equação 1}$$

Em que  $EI$  é a média mensal do índice de erosividade das chuvas ( $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ );  $r$  é a precipitação média mensal (mm); e  $p$  é a precipitação média anual (mm).

Para definir o índice de erosão médio anual ( $R$ ), realizou-se o somatório dos valores mensais do índice de erosão, conforme a Equação 2:

$$R = \sum_{j=12}^{i=1} EI \quad \text{Equação 2}$$

Em que  $R$  é o índice de erosão médio anual, de “i” até “j” são representados os doze meses do ano, e  $EI$  é a média mensal do índice de erosividade das chuvas.

Os dados foram interpolados utilizando a Krigagem, que é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados, utilizando funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes criando, assim, novos pontos interpolados com base nas combinações lineares de dados (JAKOB, 2002).

Como o QGIS não possui ferramentas nativas de interpolação por krigagem, foi utilizado do software SAGA-GIS para a geração do semivariograma. Após inserir o arquivo *shapefile*, por meio do menu *geoprocessing*, foi realizado o semivariograma, utilizando a ferramenta *Spatial and Geostatistics* → *Kriging* → *Ordinary Kriging*.

Por meio do menu *points*, indicou-se o shape contendo os pontos com a localização das estações pluviométricas utilizadas como referência, selecionando a coluna com os atributos de erosividade da chuva. O tamanho do pixel de saída foi de 30 m. A partir do procedimento anterior, gerou-se a krigagem e, para avaliar se os resultados estavam dentro dos padrões, gerou-se um histograma.

### 3.3.1.3 Elaboração do mapa de fragilidade potencial

A classificação final dos níveis de fragilidade potencial foi definida com base em Vale e Pinheiro (2016), por meio da classificação das variáveis utilizadas cada componente (pedologia, declividade e clima) e posterior realização da álgebra de mapas. Para que o processo fosse possível, realizou-se a conversão do mapa de pedologia para o formato *raster*, por meio do comando *Raster* → *Converter vetor para raster (rasterizar)*.

Na sequência, por meio do comando “*r.reclass*”, atribui-se os pesos a cada componente da análise (declividade, erosividade da chuva e tipo de solo), conforme os valores apresentados no Quadro 04.

**Quadro 04 – Classificação das variáveis utilizadas para a definição da fragilidade ambiental potencial**

Variável	Categorias hierárquicas
Declividade	<p>(1) <b>Muito fraca</b> – até 6%;</p> <p>(2) <b>Fraca</b> – de 6 a 12%</p> <p>(3) <b>Média</b> – de 12 a 20%</p> <p>(4) <b>Forte</b> – de 20 a 30%</p> <p>(5) <b>Muito Forte</b> – acima de 30%</p>
Erosividade da Chuva (R)	<p>(1) <b>Muito baixa</b> – <math>R &lt; 2.452 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}</math></p> <p>(2) <b>Baixa</b> – <math>2.452 &lt; R &lt; 4.905 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}</math></p> <p>(3) <b>Média</b> – <math>4.905 &lt; R &lt; 7.357 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}</math></p> <p>(4) <b>Alta</b> – <math>7.357 &lt; R &lt; 9.810 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}</math></p> <p>(5) <b>Muito Alta</b> – <math>R &gt; 9.810 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}</math></p>

**Quadro 04 – Classificação das variáveis utilizadas para a definição da fragilidade ambiental potencial (continuação)**

Variável	Categorias hierárquicas
Tipos de Solo*	<p>(1) <b>Muito baixa</b> – Latossolo Vermelho, e Vermelho-Amarelo textura argilosa.</p> <p>(2) <b>Baixa</b> – Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo textura média/argilosa.</p> <p>(3) <b>Média</b> – Latossolo Vermelho-Amarelo, Nitossolo, Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/argilosa, Nitossolo.</p> <p>(4) <b>Forte</b> – Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/arenosa, Cambissolos.</p> <p>(5) <b>Muito forte</b> – Podzolizados com cascalho, Neossolos Litólicos e Neossolos Quartzarênicos.</p>

\*Nomenclatura atualizada conforme SIBCS (EMBRAPA, 2018)

Fonte: Ross (1994); Gonçalves *et al* (2011); Martins *et al* (2018).

Com o uso da calculadora raster, foi realizada a adição das componentes e definidos os graus de fragilidade potencial, de acordo com o Quadro 05.

**Quadro 05 - Resultado da Fragilidade Potencial com base na soma das classes de fragilidade**

Pontuações para Declividade, Pedologia e Erosividade da Chuva					=	Fragilidade Potencial	
1	+	1	+	1	=	03	Muito Baixa
2		2		2		04 a 06	Baixa
3		3		3		07 a 09	Média
4		4		4		10 a 12	Alta
5		5		5		13 a 15	Muito Alta

Fonte: Vale *et al* (2016).

### 3.3.2 Descrição do Grau de Hemerobia

Utilizando a classificação proposta por Mezzomo e Gasparini (2016), foi realizada uma comparação entre as unidades de paisagem visando identificar as variações de influência humana e o domínio de estruturas e processos técnicos entre elas, utilizando como base o mapa de uso e ocupação do solo.

#### 3.3.2.1 Elaboração do mapa de uso e ocupação do solo

Para realizar a classificação do solo na bacia, optou-se pela classificação supervisionada realizada através do *Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)*, do software QGIS, utilizando imagem de satélite Sentinel em 08 de julho de 2019 (USGS, 2019), com precisão de 10 m. Utilizou-se a composição R4G3B2.

O processo iniciou-se com a escolha do arquivo *\*.tiff*, que foi utilizado para classificar os agrupamentos de uso. Em seguida, criou-se um arquivo no formato *\*.scp*, cuja função é arquivar os dados de agrupamento para uso posterior.

Na aba *Classification Dock*, foram identificadas todas as classes de uso do solo para a bacia, que foram: Vegetação nativa (fragmentos de mata com dossel fechado), Silvicultura

(florestas plantadas de eucalipto), Vegetação rasteira e arbustos (áreas com mata devastada ou vegetação espaçada), Pastagem (áreas de pastos), Agricultura (cafeicultura e produção de hortaliças), Solo exposto, Aglomerados rurais (vilas com características rurais), Área urbanizada (núcleos habitacionais com características urbanas).

Os dados de drenagem da bacia não puderam ser identificados devido a resolução espacial da imagem, por isso, utilizou-se a hidrografia proveniente da base cartográfica digital do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM, 2010), na escala de 1:100.000.

Todas as classes citadas tiveram diversas áreas de treino criadas como amostras, com respostas espectrais diferenciadas, a fim de se obter uma classificação satisfatória para o uso e ocupação do solo na bacia. Para obtenção de resultado refinado, foi feito um ajuste manual nas áreas urbanizadas, onde a área foi delimitada e atribuída ao raster de saída da classificação supervisionada.

Por fim, antes de ser gerado o raster/vetor final de classificação, estilizou-se, no próprio plugin, os grupamentos de uso. Com isso, as tonalidades de cada classe foram baseadas na paleta de cores do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013), e gerou-se a imagem classificada e estilizada conforme norma.

### 3.3.2.2 *Elaboração do mapa de hemerobia*

Gerou-se um mapa com a descrição do grau de hemerobia do ambiente, considerando as informações de uso e ocupação do solo, definindo as classes muito baixa, baixa, média, alta e muito alta conforme o Quadro 06.

**Quadro 06 – Classes de Hemerobia em relação ao uso predominante na BHCSS**

<b>Grau de Hemerobia</b>	<b>Descrição</b>
Mínimo	Vegetação nativa
Muito Baixo	Silvicultura
Baixo	Vegetação rasteira e arbustos
Médio	Pastagem, Agricultura, Solo exposto
Alto	Aglomerados rurais
Muito Alto	Área urbanizada
Máximo	Áreas industriais e usinas hidrelétricas

Fonte: Mezzomo e Gasparini (2016) adaptado.

Para que o mapa fosse criado, foram mescladas as informações de agricultura, pecuária e solo exposto, e realizada a reclassificação dos usos de acordo com o respectivo grau de hemerobia.

### 3.3.3 Descrição do Grau Conflitos de Uso do Solo e Áreas de Preservação Permanente

Para descrever os conflitos entre o uso e ocupação do solo e APPs, foi realizada a interseção entre os respectivos *shapes*, uso e ocupação do solo, criado durante a etapa de descrição da hemerobia, e mapa de APPs.

As características de uso e ocupação do solo na BHCSS foram complementadas por meio de registro fotográfico realizado em visitas de campo.

#### 3.3.3.1 Elaboração do mapa de APPs

Para a delimitação das APPs existentes na BHCSS (nascentes, mata ciliar, declividade acima de 45°, topos de morro e com altitudes superiores a 1.800 metros, de acordo com a Lei 12.651/2012 - Novo Código Florestal), utilizou-se as metodologias propostas por Machado (2018), para a delimitação das APPs de nascente, cursos d'água e declividade, e Silva *et al* (2017B), para as APPs de topo de morro.

As APPs de nascentes foram geradas utilizando a hidrografia ottocodificada do IGAM (2010), com escala 1:100.000. Coletou-se os pontos iniciais dos rios de primeira ordem para serem tomados como nascentes da bacia. Mediante esses dados, utilizou-se a ferramenta chamada *buffer* para gerar de forma automática polígonos com raio mínimo de 50 metros a partir de cada nascente.

A hidrografia ottocodificada do IGAM (2010), na escala de 1:100.000 também foi usada na delimitação das APPs de mata ciliar. Como os mananciais da BHCSS possuem uma largura inferior a 10 metros, foram gerados *buffers* de 30 metros para todos os cursos hídricos da bacia.

As APPs de declividade (acima de 45°) foram geradas tomando por base o Modelo Digital de Elevação (MDE), dados SRTM provenientes do serviço U.S. Geological Survey (USGS, 2000). Com o auxílio da ferramenta calculadora raster, foram selecionadas as áreas com declividade igual ou acima de 45° para a geração da APPs.

Para a identificação das APPs de topo de morro:

- Realizou-se a inversão do MDE por meio da calculadora raster, gerando um arquivo denominado “MDE\_inv”.
- Executando o algoritmo “*r.terraflow*” sobre o raster invertido (MDE\_inv), obteve-se um raster de saída com o limite da base dos picos, nomeado “limite\_bases”, que foi convertido em arquivo vetorial (limite\_bases\_vect).

- Através da ferramenta “*Zonal Statistics*”, foram extraídos os valores do raster invertido (MDE\_inv) utilizando a camada com o limite das bases como máscara, gerando o arquivo “*zonal\_statistics\_mde*”.
- Em seguida, calculou-se a declividade, em graus, do MDE original.
- Utilizou-se novamente a “*Zonal Statistics*” para obter a declividade média de cada área, criando a camada “*zonal\_statistics\_declividade*”.
- Foram selecionadas e extraídas as declividades médias  $\geq 25$  graus a partir da camada “*zonal\_statistics\_declividade*”.
- Calculou-se, em seguida, a amplitude na camada “*zonal\_statistics\_mde*”, e foram selecionadas e extraídas as feições onde o valor amplitude  $\geq 100$  m.
- Com a ferramenta “*extract by location*”, predicado “*equal*”, identificou-se as áreas com declividade  $\geq 25^\circ$  amplitude  $\geq 100$  m, gerando um arquivo vetorial com as interseções.
- Foi calculada a altura mínima para o terço superior, adicionando a coluna “terco” à camada gerada anteriormente (tópico anterior).
- Utilizou-se o comando “*v.to.rast*” para rasterizar a camada anterior, utilizando a coluna terço como valor de saída.
- Foram extraídos, a partir do MDE original, os pixels cujo valor era maior ou igual a altura mínima do terço, gerando o arquivo de saída app\_topo.

### 3.3.3.2 Definição do grau de conflito de uso e ocupação do solo e APPs

Para a definição do grau de conflito de uso e ocupação do solo e APPs, realizou-se a interseção entre os respectivos mapas. Posteriormente, adaptando a metodologia utilizada por Silva *et al.* (2017) verificou-se o percentual de cada tipo de APP (nascente, curso d’água, topo de morro e declividade) que estava em desacordo com as determinações do código florestal (Lei 12.651, de 2012), ou seja, ocupadas ou utilizadas por categorias diferentes da vegetação nativa ou vegetação rasteira e arbustos.

Foram gerados, desse modo, quadros com a distribuição do uso e ocupação do solo em cada tipo de APP e, com base nos percentuais de conflito entre uso e ocupação do solo e APPs, foi realizada a classificação conforme o Quadro 07.

**Quadro 07 – Definição do grau de conflito entre uso e ocupação do solo e APPs**

<b>Indicador</b>	<b>Descrição</b>
Muito Baixo	$\leq 20\%$
Baixo	$>20\%$ e $\leq 40\%$
Médio	$>40\%$ e $\leq 60\%$
Alto	$>60\%$ e $\leq 80\%$
Muito Alto	$>80\%$

### **3.4 Elaboração do Quadro Resumo com a Descrição dos Geoambientes**

De posse das características gerais de cada geoambiente e dos graus de fragilidade natural, hemerobia e conflito entre uso do solo e APPs, foi gerado um quadro resumo com a descrição das unidades geoambientais da BHCSS.

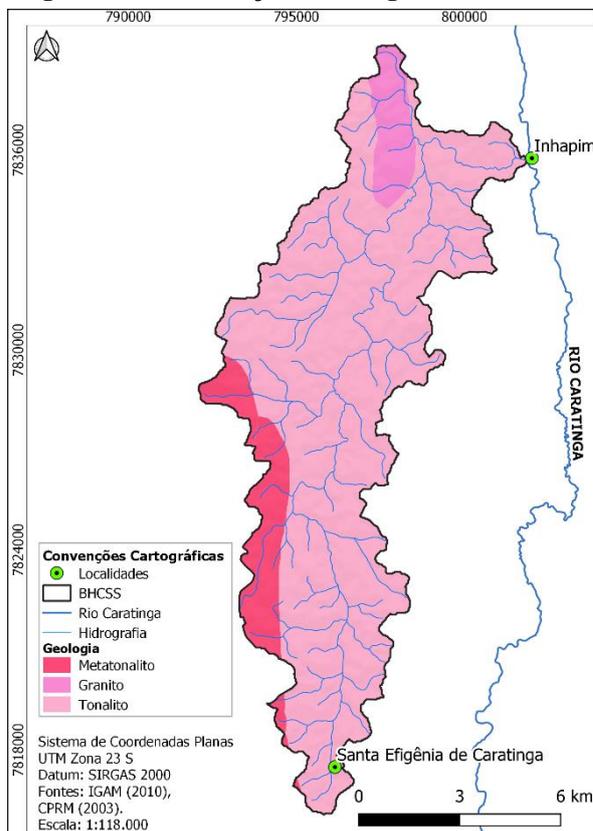
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estratificação de geoambientes

A geologia da BHCSS é composta por granitos, metatonalitos e tonalitos, com predomínio deste último (Figura 05). Os granitos são rochas ígneas compostas de três minerais essenciais, quartzo, feldspato alcalino e micas (GUERRA, 1993). Os tonalitos são rochas ígneas plutônicas com componentes essenciais quartzo, plagioclásio (K feldspato subordinado); biotita e/ou hornblenda geralmente importantes (WINGE *et al* 2001).

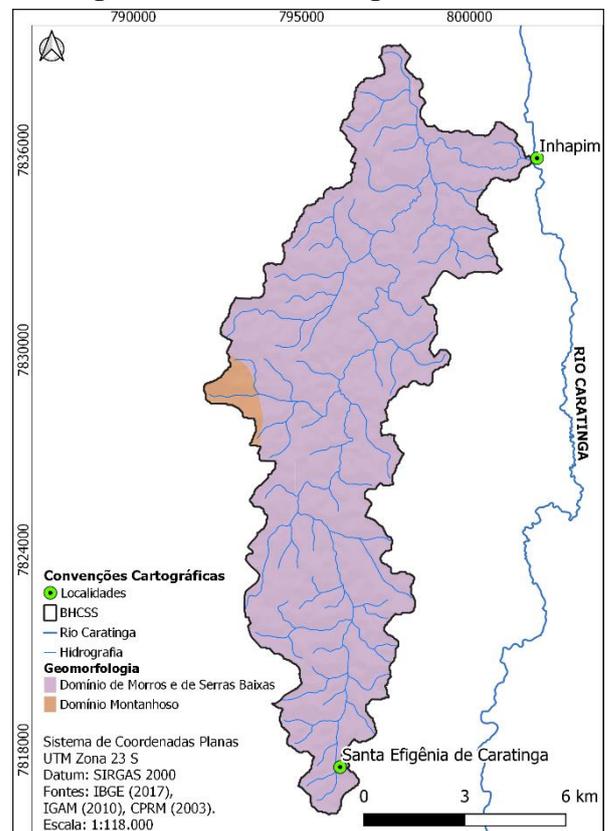
Com relação à geomorfologia, a BHCSS é composta predominantemente pelo Domínio de Morros de Serras Baixas, e por uma pequena porção do Domínio Montanhoso (Figura 06). O Domínio de Morros de Serras Baixas corresponde a morros convexo-côncavos dissecados com topos arredondados ou aguçados e morros de topo tabular (característico das chapadas intensamente dissecadas) e de topos planos; com amplitude de relevo que varia de 80 a 200 m e inclinação das vertentes entre 15-35° (BRASIL, 2010). O Domínio Montanhoso corresponde a alinhamentos serranos e maciços montanhosos, com amplitude de relevo acima de 300 m e inclinação das vertentes entre 25-45°, com possível ocorrência de paredões rochosos subverticais (60-90°) (BRASIL, 2010).

**Figura 05 – Formações Geológicas da BHCSS**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

**Figura 06 – Geomorfologia da BHCSS**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Quanto à pedologia (Figura 07), a BHCSS apresenta duas unidades de mapeamento: i) LVAd40 – associação entre os solos Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (50%), Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (25%) e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (25%), todos apresentando textura argilosa; ii) LVAd49 – associação entre os solos Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico (40%), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (20%), Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (30%), todos com textura argilosa, e Gleissolo Melânico Tb Distrófico (10%), com textura franco-argilosa (UFV, 2010B).

Os Latossolos são solos profundos com avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo e possuem baixa capacidade de troca de cátions da fração argila, variando de fortemente a bem drenados (EMBRAPA, 2018).

Os Cambissolos compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, comportam “desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho-escuro, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila” (EMBRAPA, 2018. p.104).

Os Argissolos possuem profundidade variável, forte a imperfeitamente drenados, apresentam cores geralmente avermelhadas ou amareladas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este. São forte a moderadamente ácidos (EMBRAPA, 2018).

Os Gleissolos são solos minerais, hidromórficos, que apresentam horizonte glei<sup>1</sup> dentro de 50 cm a partir da superfície ou profundidade entre 50 e 150 cm desde que imediatamente abaixo dos horizontes A ou E. Encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados (EMBRAPA, 2018).

A BHCSS apresenta altitudes variando entre 478 e 823 metros (Figura 08). A metade mais a montante da bacia apresenta cotas predominantemente acima de 688 metros, enquanto na parte mais a jusante, prevalecem as cotas abaixo de 687 metros.

Com base nos atributos de geologia, geomorfologia e pedologia, foi possível estratificar 05 geoambientes na BHCSS (Quadro 08 e Figura 09):

---

<sup>1</sup> Horizonte Gleis: “É um horizonte mineral subsuperficial ou eventualmente superficial, com espessura de 15 cm ou mais, caracterizado por redução de ferro e prevalência do estado reduzido, no todo ou em parte, devido principalmente à água estagnada, como evidenciado por cores neutras ou próximas de neutras na matriz do horizonte, com ou sem mosqueados de cores mais vivas” (EMBRAPA, 2018. p.80).

Figura 07 – Pedologia da BHCSS

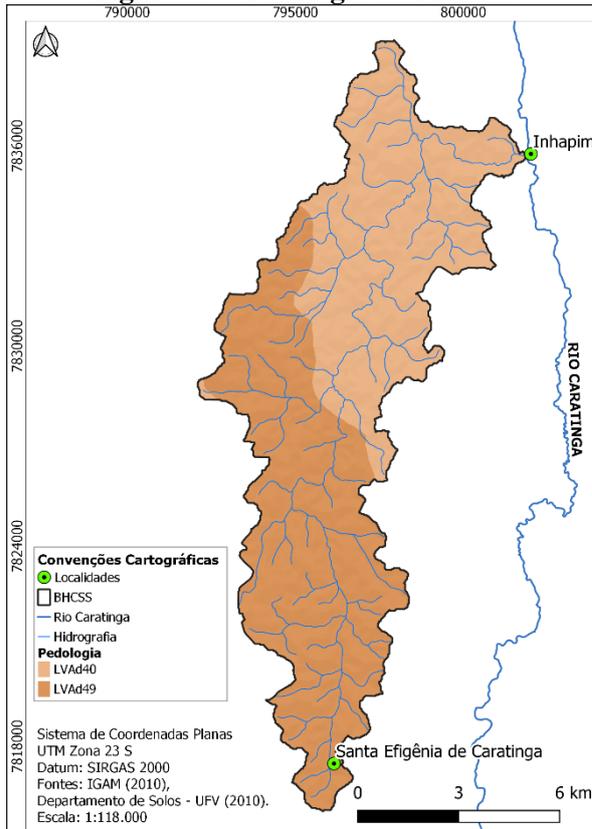
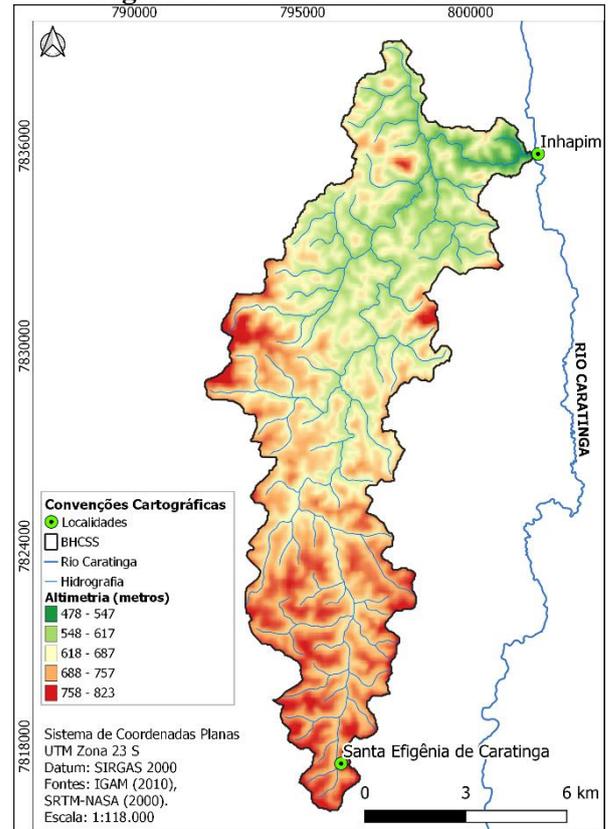


Figura 08 – Altimetria da BHCSS



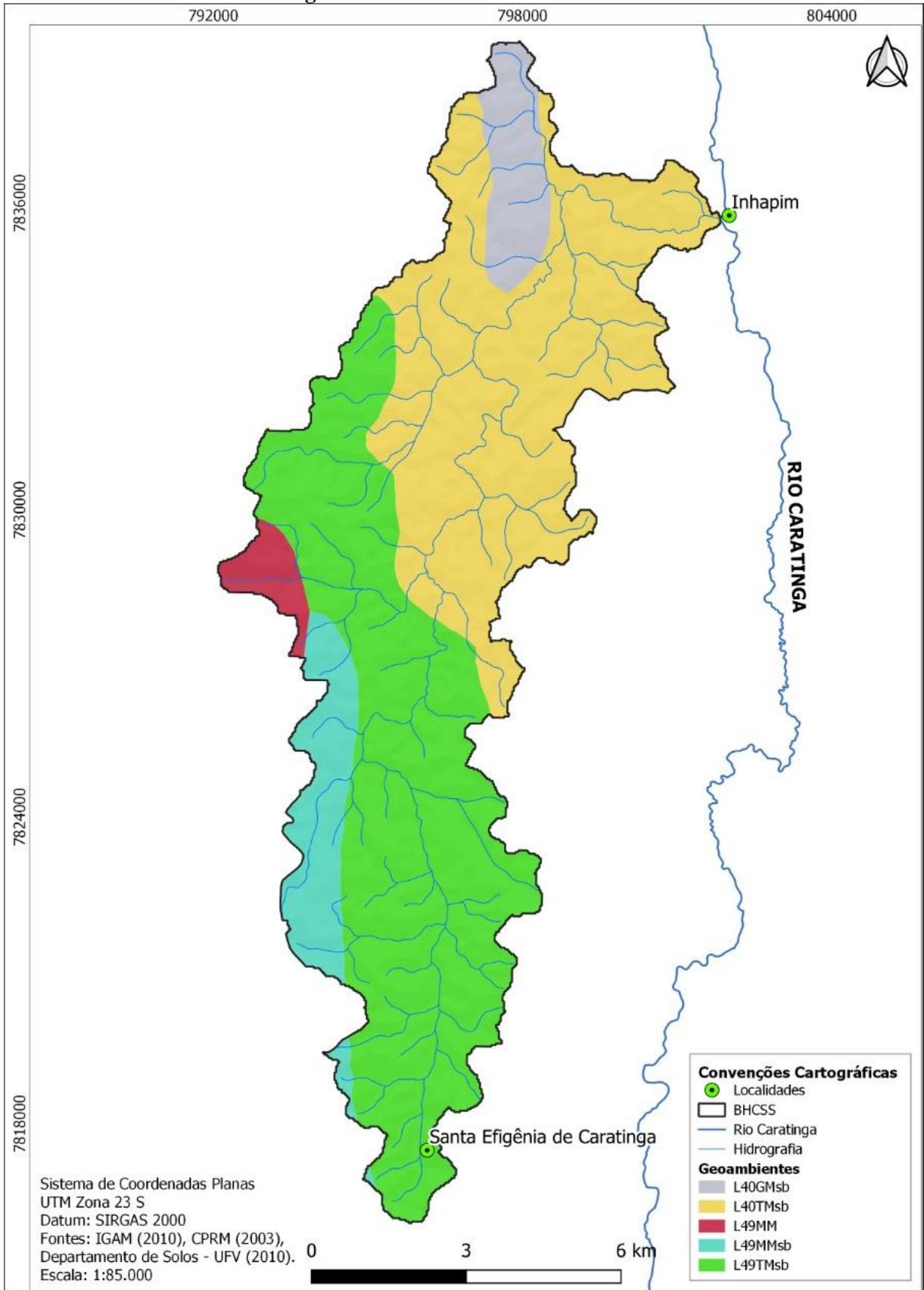
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Quadro 08 – Legenda do Mapa de Geoambientes da BHCSS

Pedologia	Geologia		Domínio dos Morros e Serras Baixas (Msb)	Domínio Montanhoso (M)
	Geomorfologia			
LVAd40 (L40)	Granito (G)		Latossolo 40/Granito/Morros e Serras Baixas (L40GMsb)	---
	Metatonalito (M)		---	---
	Tonalito (T)		Latossolo 40/Tonalito/Morros e serras baixas (L40TMsb)	---
LVAd49 (L49)	Granito (G)		---	---
	Metatonalito (M)		Latossolo 49/Metatonalito/Morros e serras baixas (L49MMsb)	Latossolo 49/Metatonalito/Morros e serras baixas (L49MM)
	Tonalito (T)		Latossolo 49/Tonalito/Morros e serras baixas (L49TMsb)	---

- Latossolo 40/Granito/Morros e Serras Baixas (L40GMsb):** São áreas localizadas na unidade de mapeamento LVAd40 do Departamento de Solos da UFV (2010B) com predominância de Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos, geologia composta por Granitos e geomorfologia representada pelo Domínio dos Morros e Serras Baixas. O uso do solo é caracterizado predominantemente por pastagem (69,72%). Prevaecem declividades maiores que 20% (64,36% da área) e cotas entre 548 a 617 metros (66,60% da unidade).

**Figura 09 – Geoambientes da BHCSS**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

- **Latossolo 40/Tonalito/Morros e serras baixas (L40TMsb):** Localizada na unidade de mapeamento LVAd40, apresenta predominância de Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos (UFV, 2010B), a geologia é caracterizada por Tonalitos e a geomorfologia, pelo Domínio dos Morros e Serras Baixas. O uso do solo é caracterizado por grandes áreas ocupadas pela pecuária e agricultura (65,32% e 17,83% da área, respectivamente). Apresenta-se em cotas predominantemente entre 548 e 617 metros (67,40% da área) e declividade variável, sendo maior (acima de 30%) próxima à foz do Córrego São Silvestre e aos divisores topográficos do lado leste da BHCSS.
- **Latossolo 49/Metatonalito/Morros e serras baixas (L49MM):** Localiza-se na unidade de mapeamento LVAd49, com predominância de Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos húmicos (UFV, 2010B), geologia representada por Metatonalitos e geomorfologia caracterizada pelo Domínio Montanhoso. Menor geoambiente da BHCSS, apresenta uso do solo com predominância da pecuária (45,68%), seguida pela agricultura (28,86%) e a vegetação nativa (18,92%). Com declividade elevada, prevalecendo valores acima de 30% (30,30% da área), a unidade está acima de 548 metros de altitude, com predominância de cotas entre 618 a 687 (55,05% do geoambiente).
- **Latossolo 49/Metatonalito/Morros e serras baixas (L49MMsb):** Apresenta predominância de Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos húmicos (UFV, 2010B), geologia representada por metatonalitos e geomorfologia caracterizada pelo Domínio dos Morros de Serras Baixas. A agricultura é o uso predominante (42,48%), seguido da pastagem (40,01%). Com predominância de declividades entre 12 a 20% e 20 a 30% (29,55 e 28,98% do geoambiente, respectivamente), a unidade está acima de 548 metros, com altitude prevalecendo entre 618 e 687 metros (55,05% da área).
- **Latossolo 49/Tonalito/Morros e serras baixas (L49TMsb):** Localiza-se na unidade LVAd49 de mapeamento da UFV (2010B) e apresenta a pedologia composta predominantemente por Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos húmicos, geologia representada por Tonalitos e geomorfologia caracterizada pelo Domínio de Morros de Serras Baixas. O uso e ocupação do solo é caracterizado predominantemente por pastagem (42,21%) e agricultura (34,99%). A declividade prevalece entre 12 e 30% (51,21% da área), enquanto a altimetria entre 618 e 757 metros (85,57% da unidade).

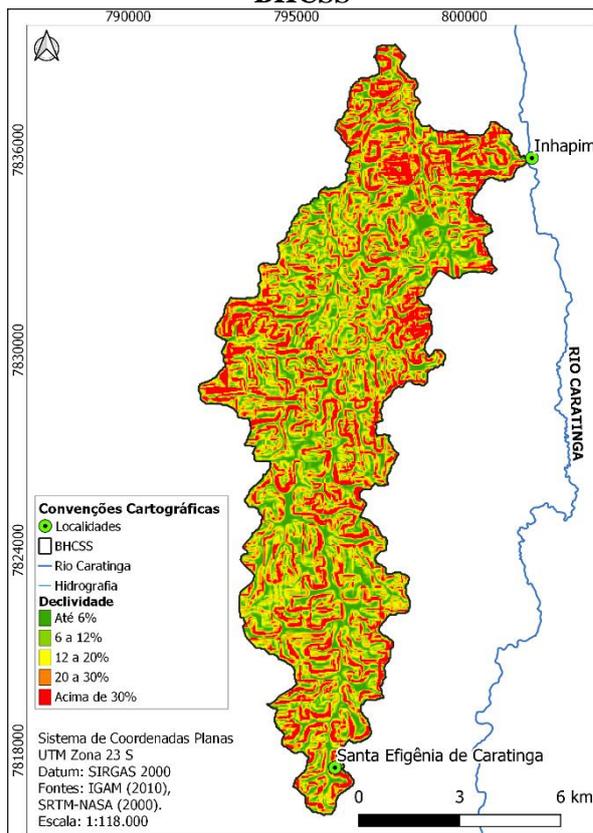
## 4.2 Indicadores para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Meio Ambiente e Uso do Solo

### 4.2.1 Fragilidade Potencial

A declividade varia desde muito fraca a muito forte, de acordo com a classificação proposta por Ross (1994B), em todo o território da BHCSS (Figura 10); sendo que na porção mais a jusante há maior ocorrência das classes de declividade entre 20 e 30% (forte) e acima de 30% (muito forte).

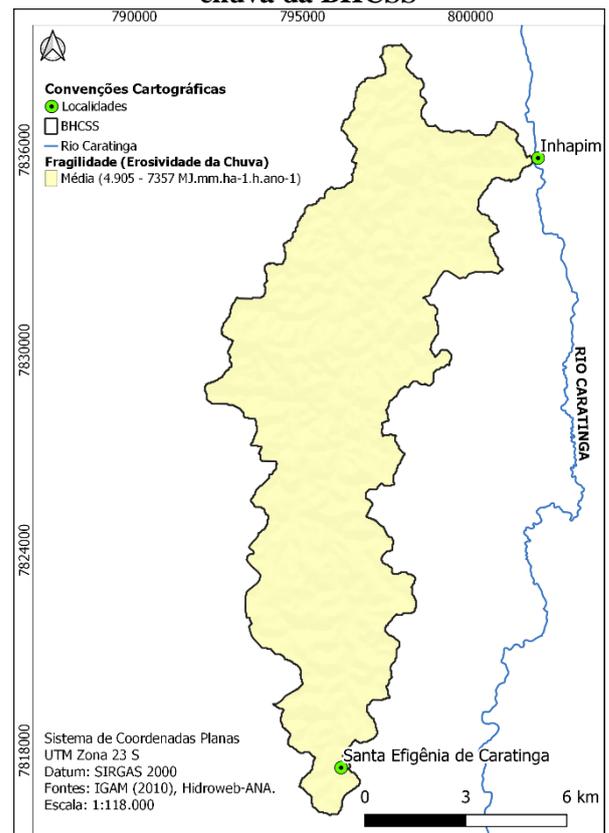
A erosividade da chuva na BHCSS é representada pela Figura 11. A interpolação dos dados das estações pluviométricas localizadas no entorno da bacia permitiu a identificação de índices de erosão (R) entre 6.826 a 7.083 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, valores que representam fragilidade média, de acordo com Ross (1994B), Gonçalves *et al* (2011) e Martins *et al* (2018).

**Figura 10 – Classificação da declividade da BHCSS**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

**Figura 11 – Classificação da erosividade da chuva da BHCSS**

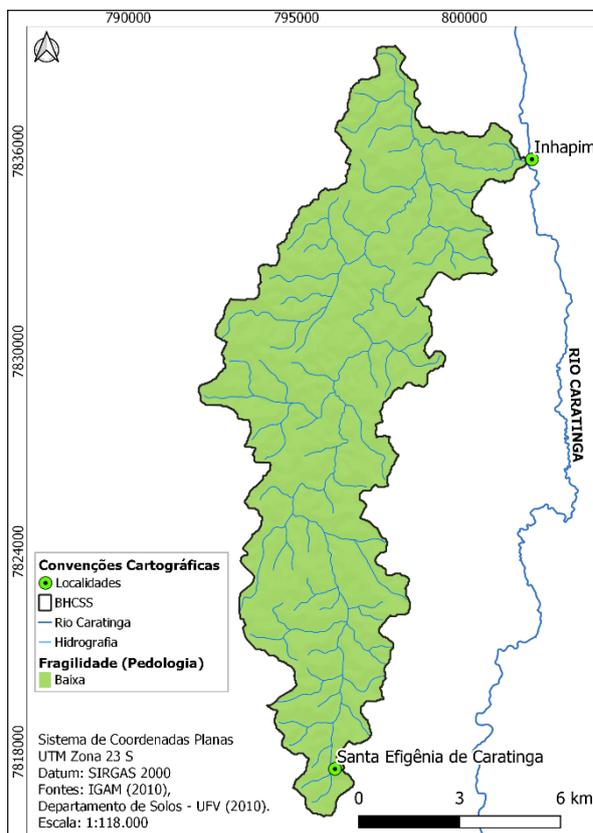


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Considerando os solos predominantes nas unidades de mapeamento identificadas para a BHCSS (Latosolos Vermelho-Amarelo Distrófico típico e Vermelho-Amarelo Distrófico húmico), toda a área da bacia foi classificada com fragilidade muito baixa (Figura 12), de acordo com a proposta utilizada por Ross (1994B), Gonçalves *et al* (2011) e Martins *et al* (2018).

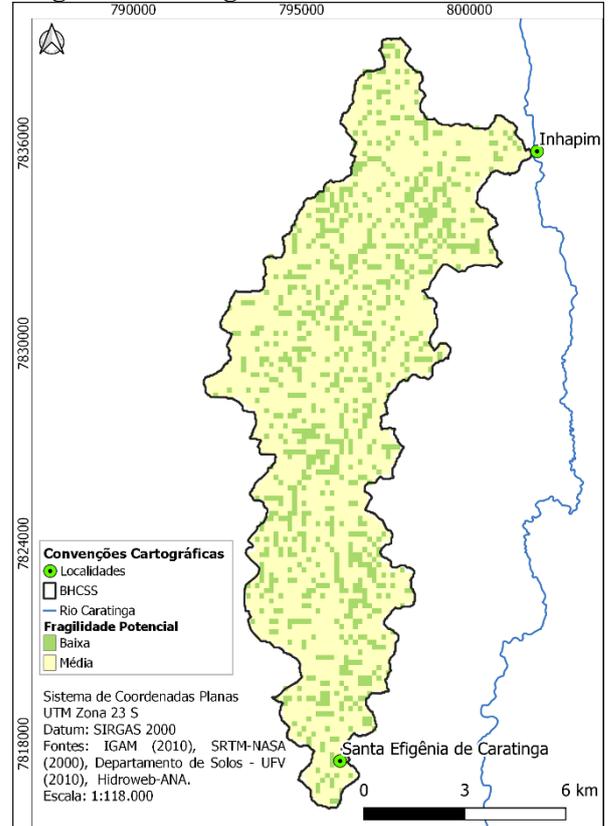
A BHCSS apresentou as classes de fragilidade potencial baixa e média (Figura 13). Considerando que, em toda a bacia, o atributo pedologia recebeu classificação baixa (valor 1) e a erosividade apresentou fragilidade média (valor 3), a declividade foi o critério de diferenciação da fragilidade potencial.

**Figura 12 – Classificação da pedologia da BHCSS**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

**Figura 13 – Fragilidade Potencial na BHCSS**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O Quadro 09 indica que, em todos os geoaambientes, mais de 70% da área apresenta fragilidade média, sendo o Latossolo49/Metatonalito/Montanhoso o mais frágil, com 91,21%, fato que pode ser explicado pela geomorfologia, representada pelo domínio montanhoso. Embora os Latossolos sejam solos de baixa fragilidade, devido à sua agregação, alta capacidade de infiltração de água e alta resistência à erosão, a declividade contribui para aumentar a sua

fragilidade ambiental, reforçando o escoamento superficial e reduzindo a resistência dos solos à erosão.

**Quadro 09 – Descrição da fragilidade potencial nos geoambientes da BHCSS**

Geoambiente	L40GMsb	L40TMsb	L49MM	L49MMsb	L49TMsb
Fragilidade Potencial Baixa	0,86 km <sup>2</sup> (17,45%)	8,69 km <sup>2</sup> (24,04%)	0,17 km <sup>2</sup> (8,79%)	1,53 km <sup>2</sup> (21,78%)	9,42 km <sup>2</sup> (23,01%)
Fragilidade Potencial Média	4,05 km <sup>2</sup> (82,55%)	27,45 km <sup>2</sup> (75,56%)	1,81 km <sup>2</sup> (91,21%)	5,51 km <sup>2</sup> (78,22%)	31,53 km <sup>2</sup> (76,99%)

Entretanto, o fato de a fragilidade potencial ter sido considerada baixa e média em toda a bacia indica uma potencialidade para a BHCSS, uma vez que são menores as chances de perda de solo por erosão de forma natural e, portanto, menores os riscos de carreamento e deposição de sedimentos nos cursos d'água e consequentes alterações na qualidade e quantidade de água na bacia. Para manter a fragilidade baixa e melhorar a fragilidade média da bacia recomenda-se o manejo adequado do solo, o emprego de práticas de conservação de solo e água e o uso e ocupação do solo de forma ambientalmente sustentável.

#### 4.2.2 Hemerobia

O uso e ocupação do solo predominante na BHCSS é a pastagem (52,81%), seguido da agricultura (27,55%), vegetação nativa (9,75%), vegetação rasteira (5,19%), solo exposto (2,32%), silvicultura (1,75%), áreas urbanizadas (0,35%) e aglomerados rurais (0,28%), conforme apresentado no Quadro 10 e na Figura 14.

**Quadro 10 – Uso e Ocupação do Solo na BHCSS**

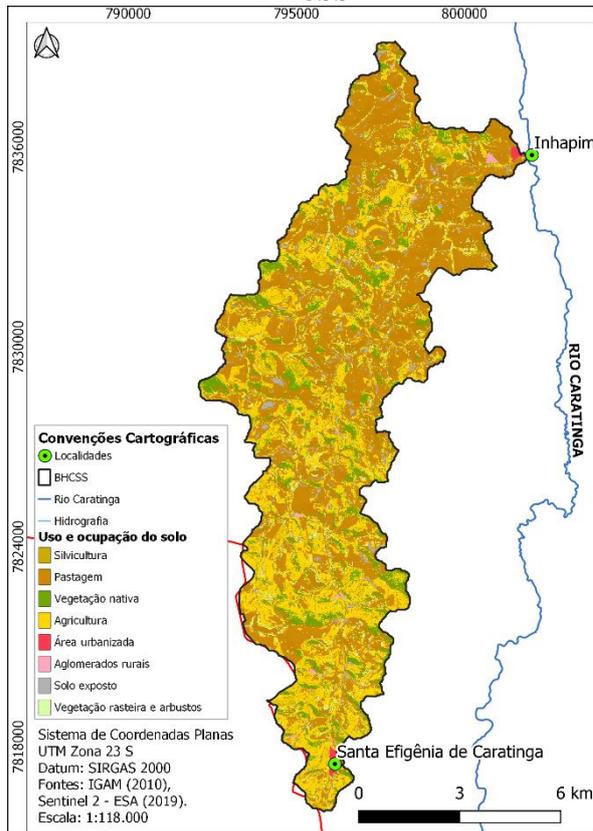
Uso e Ocupação do Solo	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
Vegetação Nativa	8,87	9,75%
Silvicultura	1,60	1,75%
Vegetação rasteira	4,72	5,19%
Pastagem	48,07	52,81%
Agricultura	25,07	27,55%
Solo exposto	2,11	2,32%
Aglomerados rurais	0,26	0,28%
Áreas urbanizadas	0,32	0,35%
<b>Área total</b>	<b>91,02</b>	<b>100,00</b>

Devido ao grande percentual de áreas ocupadas pela pecuária e agricultura (mais de 80% da área da bacia), é possível que há alta demanda de uso de recursos hídricos para a manutenção das atividades agropecuárias, o que reforça a importância da integração entre a gestão de

recursos hídricos, do meio ambiente e uso do solo na BHCSS para que as atividades econômicas e o abastecimento público de água potável na sede de Inhapim sejam conservados.

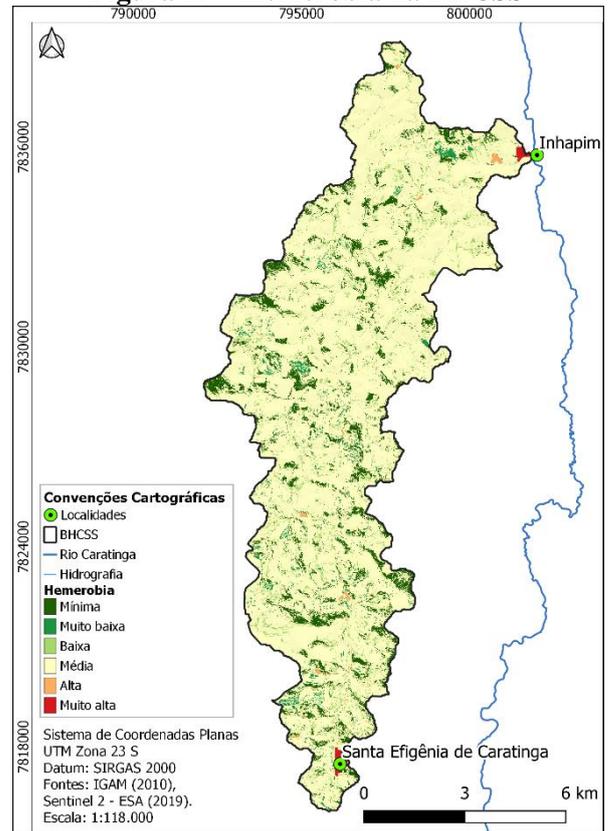
No que diz respeito à hemerobia, a maior parte da BHCSS apresentou a classificação média, resultado do intenso uso do solo para práticas agrícolas e pecuárias (Figura 14).

**Figura 14 – Uso e Ocupação do Solo da BHCSS**



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

**Figura 15 – Hemerobia na BHCSS**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Todos os geoambientes apresentaram grau de hemerobia média em mais de 75% do território, sendo mais expressiva na unidade Latossolo40/Granito/Morros e serras baixas (Quadro 11).

Nenhum geoambiente apresentou grau de hemerobia máximo, uma vez que não há atividades industriais ou hidrelétricas na BHCSS, e apenas os geoambientes Latossolo40/Tonalito/Morros e serras baixas e Latossolo49/Tonalito/Morros e serras baixas apresentaram percentuais de hemerobia muito alta, pois contêm áreas urbanizadas: sede do município de Inhapim (L40TMsb) e o distrito de Santa Efigênia de Caratinga (L49TMsb). É importante monitorar o crescimento destas áreas urbanizadas e os possíveis impactos à gestão dos recursos hídricos, principalmente no que diz respeito às APPs.

A hemerobia mínima foi a segunda classificação mais expressiva na BHCSS, representando percentuais entre 5 e 19% em todos os geoambientes, o que demonstra a

relevância dos fragmentos de vegetação nativa na bacia. Apesar do grau de hemerobia predominar até a classificação média, é importante monitorar as práticas de uso do solo e promover a adequada gestão das atividades agropecuárias como forma de reduzir a dependência de tecnologia para a manutenção das atividades.

**Quadro 11 – Descrição do grau de hemerobia nos geoambientes da BHCSS**

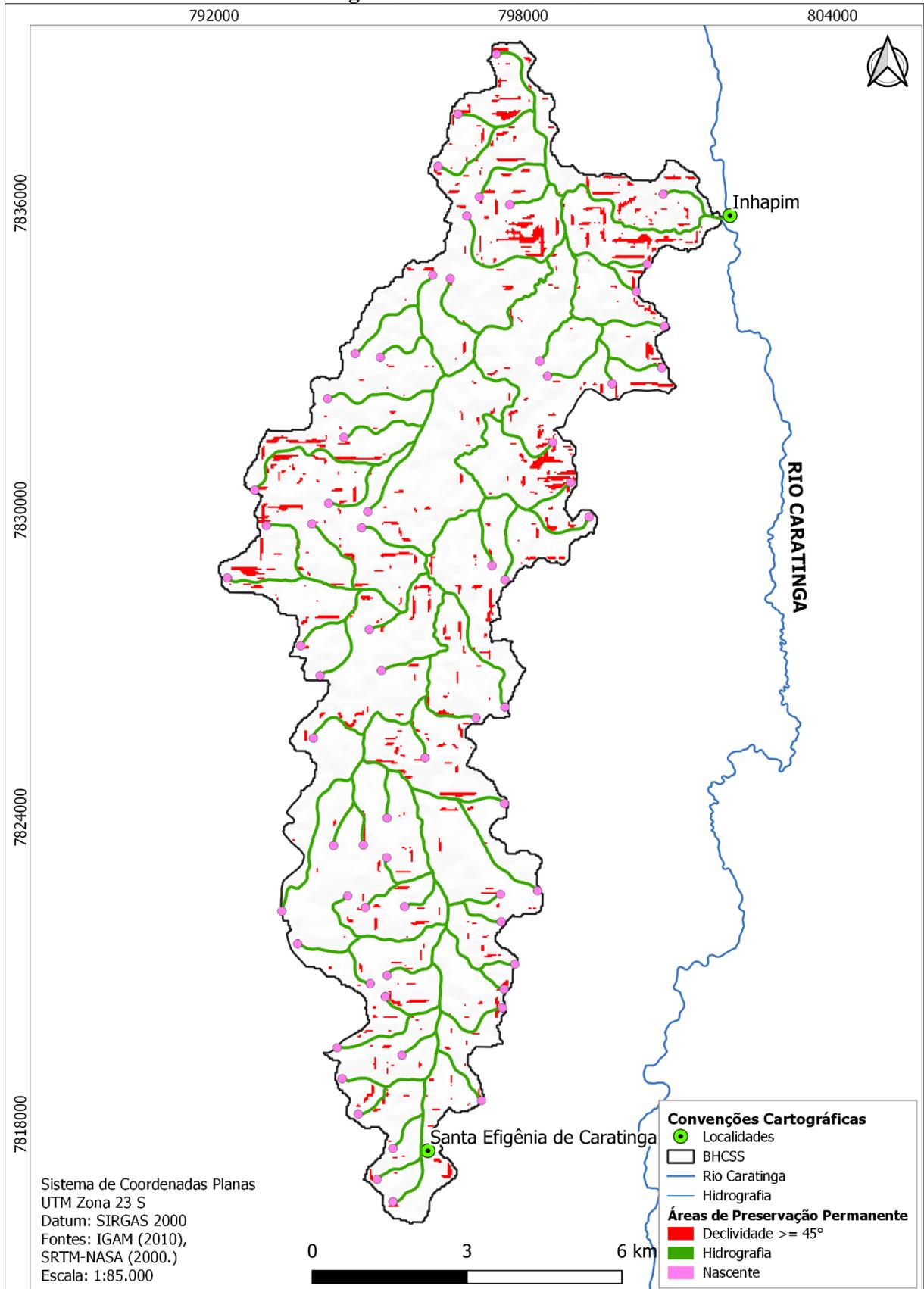
Geoambiente	L40GMsb	L40TMsb	L49MM	L49MMsb	L49TMsb
Hemerobia Mínima	0,29 km <sup>2</sup> (5,81%)	2,67 km <sup>2</sup> (7,36%)	0,38 km <sup>2</sup> (18,92%)	0,44 km <sup>2</sup> (6,31%)	5,10 km <sup>2</sup> (12,49%)
Hemerobia Muito Baixa	0,03 km <sup>2</sup> (0,69%)	0,32 km <sup>2</sup> (0,91%)	0,03 km <sup>2</sup> (1,48%)	0,23 km <sup>2</sup> (3,23%)	0,98 km <sup>2</sup> (2,40%)
Hemerobia Baixa	0,27 km <sup>2</sup> (5,37%)	1,91 km <sup>2</sup> (5,28%)	0,07 km <sup>2</sup> (3,31%)	0,45 km <sup>2</sup> (6,46%)	2,02 km <sup>2</sup> (4,96%)
Hemerobia Média	4,34 km <sup>2</sup> (87,80%)	31,11 km <sup>2</sup> (85,91%)	1,52 km <sup>2</sup> (76,30%)	5,90 km <sup>2</sup> (83,98%)	32,37 km <sup>2</sup> (79,27%)
Hemerobia Alta	0,02 km <sup>2</sup> (0,33%)	0,09 km <sup>2</sup> (0,26%)	-	0,002 km <sup>2</sup> (0,02%)	0,14 km <sup>2</sup> (0,35%)
Hemerobia Muito Alta	-	0,10 km <sup>2</sup> (0,28%)	-	-	0,22 km <sup>2</sup> (0,53%)
Hemerobia Máxima	-	-	-	-	-

Com exceção do Latossolo49/Metatonalito/Montanhoso, todos os geoambientes apresentaram percentuais de hemerobia alta, representada por pequenos aglomerados rurais (vilas). Apesar dos baixos percentuais, é recomendável monitorar as características destes aglomerados, pois podem representar demandas pontuais de água para abastecimento humano, bem como pontos de lançamento de efluentes domésticos.

#### **4.2.3 Conflito de Uso do Solo e Áreas de Preservação Permanente**

A Figura 16 apresenta a delimitação das APPs na BHCSS. No total, a bacia possui 12,17 km<sup>2</sup> de APPs (13,37% da área total da bacia), sendo 0,50 km<sup>2</sup> (4,12%) correspondentes às nascentes, 8,08 km<sup>2</sup> (66,41%) relacionadas aos cursos d'água e 3,59 km<sup>2</sup> (29,46%) de APPs de declividade. A BHCSS não possui APPs de topo de morro.

Figura 16 – APPs da BHCSS



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Figura 17 apresenta uma visão parcial do distrito de Santa Efigênia de Caratinga, localizada na parte alta da BHCSS. Nota-se que a área antropizada tem seu entorno ocupado pela agricultura, principalmente pelo cultivo de café, e que o distrito ocupa as margens de um manancial.

Outra configuração identificada na parte alta da BHCSS foi a ocupação de APPs de curso d'água pela agricultura e pecuária, indicando conflitos no que diz respeito ao disposto no Código Florestal, que define a proteção de uma faixa marginal de cada lado dos cursos d'água perenes ou intermitentes, sendo 30 metros a largura definida para o manancial em questão (Figura 18).

**Figura 17 – Aspectos do uso e ocupação do solo no entorno do distrito de Santa Efigênia de Caratinga (coordenadas UTM: zona 23k 796.213,90 m E; 7.816.918,01 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 18 – Ocupação do solo pela agricultura e pecuária em APPs de curso d'água na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 796.057,92 m E; 7.818.280,29 m S)**



Fonte: Autor (2019).

Algumas APPs estão preservadas na parte alta da BHCSS, como é possível observar na Figura 19, onde o entorno de uma nascente é ocupado por vegetação. Apesar disso, o fragmento é ocupado pela pecuária no entorno e as APPs de curso d'água estão desprotegidas.

Na parte média da BHCSS, observa-se de forma expressiva a produção de hortaliças, (Figura 20). Esse tipo de cultura geralmente demanda volumes consideráveis de água para irrigação e ocupa as partes mais planas da bacia e próximas dos mananciais.

**Figura 19 – Fragmento de vegetação no entorno de uma nascente na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 794.646,51 m E; 7.820.770,32 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 20 – Produção de hortaliças na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 795.360,22 m E; 7.830.307,80 m S)**



Fonte: Autor (2019).

As partes média e baixa da BHCSS apresentam áreas ocupadas pela silvicultura, com a produção de eucalipto (Figura 21).

Muitas das residências rurais estão localizadas ao lado dos mananciais superficiais e não tratam de forma adequada os efluentes domésticos gerados, realizando o descarte *in natura* (Figura 22), que compromete a qualidade da água captada à jusante para o abastecimento público em Inhapim.

**Figura 21 – Área ocupada por silvicultura na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 796.271,62 m E; 7.832.245,15 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 22 – Ocupação das margens de um manancial superficial na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 795.882,39 m E; 7.831.215,10 m S)**



Fonte: Autor (2019).

Na parte baixa da BHCSS, observa-se o mesmo padrão das demais áreas da bacia. Na Figura 23 é possível observar residências rurais próximas aos mananciais, além de feições erosivas nas áreas ocupadas por pecuária, o que comprova a utilização de práticas inadequadas

de manejo de solo e pastagem, provocando riscos à qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

Além do esgoto doméstico, por toda a BHCSS, são descartados dejetos e efluentes provenientes da pecuária nos mananciais superficiais. Com frequência, os currais são construídos às margens dos cursos d'água, configurando um conflito de uso do solo com APPs (Figura 24).

**Figura 23 – Aspectos do uso do solo e impactos da pecuária na parte baixa da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 798.511,35 m E; 7.836.294,59 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 24 – Curral localizado às margens do manancial superficial na parte baixa da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 800.787,79 m E; 7.835.408,55 m S)**



Fonte: Autor (2019).

A foz do curso d'água principal da BHCSS, o córrego São Silvestre, localiza-se na sede da cidade de Inhapim, Minas Gerais (Figura 25). As construções se sobrepõem ao manancial,

que apresentava uma coloração escura, o que sugere altos níveis de poluição por esgoto doméstico, devido ao descarte de esgoto *in natura* nos cursos d'água, constatado por meio de inspeções visuais de campo.

**Figura 25 – Foz do Córrego São Silvestre (coordenadas UTM: zona 23k 801.890,04 m E; 7.835.869,01 m S)**



Fonte: Autor (2019).

O Quadro 12 apresenta o uso e a ocupação do solo nas APPs de nascentes de cada geoambiente da BHCSS. Todas as unidades apresentaram altos níveis de conflito (superiores a 78%).

**Quadro 12 – Uso e ocupação do solo em APPs de nascente nos geoambientes da BHCSS**

Geoambiente \ Uso e ocupação do solo	L40GMsb (m <sup>2</sup> )	L40TMsb (m <sup>2</sup> )	L49MM (m <sup>2</sup> )	L49MMsb (m <sup>2</sup> )	L49TMsb (m <sup>2</sup> )
Vegetação Nativa	991,22	10.166,50	2.488,31	2.358,97	48.419,49
Silvicultura	4,18	99,86	1.561,87	308,69	6.156,33
Vegetação rasteira	946,94	6.146,85	1.478,82	2.849,96	9.146,05
Pastagem	7.864,85	118.627,02	12.793,83	19.902,81	82.583,75
Agricultura	4.303,09	13.248,62	4.822,82	22.603,32	114.757,04
Solo exposto	1.319,14	2.724,90	-	81,55	3.073,06
Aglomerados rurais	-	-	-	-	-
Áreas urbanizadas	-	-	-	-	-
Área total	15.429,42	151.013,75	23.145,65	48.105,30	264.135,72
<b>Percentual de conflito entre uso e ocupação do solo e APPs de nascentes</b>	<b>87,44%</b>	<b>89,20%</b>	<b>82,86%</b>	<b>89,17%</b>	<b>78,21%</b>
<b>Indicador de conflito entre uso e ocupação do solo e APPs de nascentes</b>	<b>MUITO ALTO</b>	<b>MUITO ALTO</b>	<b>MUITO ALTO</b>	<b>MUITO ALTO</b>	<b>ALTO</b>

A pastagem foi o uso predominante nos geoambientes Latossolo40/Granito/Morros e serras baixas, Latossolo40/Tonalito/Morros e serras baixas e Latossolo49/Metatonalito/Montanhoso, enquanto a agricultura foi uso predominante nas demais unidades (Latossolo49/Metatonalito/Morros e serras baixas e Latossolo49/Tonalito/Morros e serras baixas). Nenhuma APP de nascente é utilizada para ocupação por aglomerados rurais ou áreas urbanizadas.

Todos os geoambientes foram classificados como muito alto conflito entre uso e ocupação do solo e APPs, com exceção do Latossolo49/Tonalito/Morros e serras baixas, que apresentou classificação alta.

Os resultados do indicador APP de nascente demonstram a urgente necessidade de intervenções em toda a bacia, com o intuito de garantir sua proteção, visto que o abastecimento de água da sede de Inhapim e a sustentabilidade das atividades agrícolas da BHCSS dependem da disponibilidade de recursos hídricos.

O conflito entre o uso e ocupação do solo nas APPs de curso d'água apresentou valores superiores a 80% em 04 geoambientes (Latossolo40/Granito/Morros e serras baixas, Latossolo40/Tonalito/Morros e serras baixas, Latossolo49/Metatonalito/Morros e serras baixas e Latossolo49/Tonalito/Morros e serras baixas), enquanto a unidade Latossolo49/Metatonalito/Morros e serras baixas apresentou conflitos em 62% da área (Quadro 13).

A pastagem foi o uso com maior incidência em todos os geoambientes e apenas três possuíam APPs ocupadas por aglomerados rurais (Latossolo40/Granito/Morros e serras baixas, Latossolo40/Tonalito/Morros e serras baixas e Latossolo49/Tonalito/Morros e serras baixas), e dois apresentam ocupação por áreas urbanizadas (Latossolo40/Tonalito/Morros e serras baixas e Latossolo49/Tonalito/Morros e serras baixas).

Além de favorecerem a manutenção da quantidade de água, as APPs de curso d'água contribuem para a qualidade dos recursos hídricos por servirem como barreira para o carreamento de sólidos e nutrientes provenientes das atividades agropecuárias. Os resultados para o indicador APP de curso d'água (todos os geoambientes apresentaram grau de conflito muito alto, exceto Latossolo49/Metatonalito/Montanhoso, com grau de conflito alto) também evidenciam que é necessário buscar estratégias para a recuperação destas áreas, visto que, possivelmente, a qualidade da água da BHCSS, que é utilizada para irrigação e abastecimento público, está comprometida pelo carreamento de partículas de solo e nutrientes.

**Quadro 13 – Uso e ocupação do solo em APPs de curso d’água nos geoambientes da BHCSS**

<b>Uso e ocupação do solo</b> \ <b>Geoambiente</b>	<b>L40GMsb (m<sup>2</sup>)</b>	<b>L40TMsb (m<sup>2</sup>)</b>	<b>L49MM (m<sup>2</sup>)</b>	<b>L49MMsb (m<sup>2</sup>)</b>	<b>L49TMsb (m<sup>2</sup>)</b>
Vegetação Nativa	21.507,16	225.850,47	37.351,13	38.072,88	464.179,38
Silvicultura	896,15	6.788,72	1.897,27	6.112,75	26.232,94
Vegetação rasteira	48.477,05	338.830,33	8.769,77	48.843,83	281.993,04
Pastagem	248.581,86	1.605.959,69	43.013,12	220.424,68	1.738.157,80
Agricultura	89.925,89	979.526,79	30.461,25	178.092,03	1.109.015,56
Solo exposto	2.603,70	62.319,14	2.331,35	7.146,21	73.741,47
Aglomerados rurais	1.459,63	584,64	-	-	39.129,82
Áreas urbanizadas	-	39.624,41	-	-	52.491,07
Área total	413.451,44	3.259.484,19	123.823,89	498.692,38	3.784.941,08
<b>Percentual de conflito entre uso e ocupação do solo e APPs de curso d’água</b>	<b>83,07%</b>	<b>82,68%</b>	<b>62,75%</b>	<b>82,57%</b>	<b>80,29%</b>
<b>Indicador de conflito entre uso e ocupação do solo e APPs de curso d’água</b>	<b>MUITO ALTO</b>	<b>MUITO ALTO</b>	<b>ALTO</b>	<b>MUITO ALTO</b>	<b>MUITO ALTO</b>

Quanto aos conflitos entre o uso e a ocupação do solo e as APPs de declividade (Quadro 14), foram apresentados valores superiores a 80% nas unidades Latossolo40/Granito/Morros e serras baixas e Latossolo40/Tonalito/Morros e serras baixas, configurando grau de conflito muito alto; superiores a 70% nos geoambientes Latossolo49/Metatonalito/Morros e serras baixas e Latossolo49/Tonalito/Morros e serras baixas, representando grau de conflito alto; e 57,07% para Latossolo49/Metatonalito/Montanoso, sendo considerado grau de conflito Médio.

As APPs de declividade da BHCSS foram predominantemente ocupadas por pastagem, com exceção do Latossolo49/Tonalito/Morros e serras baixas, com predominância da agricultura. Não há ocupação por áreas urbanizadas em APPs de declividade e apenas o geoambiente Latossolo40/Tonalito/Morros e serras baixas possuía ocupação por aglomerados rurais nesse tipo de APP.

Embora haja baixa ou média fragilidade potencial à perda de solos na BHCSS, a predominância de média hemerobia aliada às APPs de declividade desprotegidas representam riscos devido à possibilidade de ocorrerem processos erosivos e o consequente carreamento de partículas de solo para os mananciais da BHCSS, o que pode afetar negativamente a quantidade e a qualidade da água para os diversos usos demandados na bacia.

**Quadro 14 - Uso e ocupação do solo em APPs de declividade nos geoambientes da BHCSS**

<b>Uso e ocupação do solo</b> \ <b>Geoambiente</b>	<b>L40GMSb (m<sup>2</sup>)</b>	<b>L40TMSb (m<sup>2</sup>)</b>	<b>L49MM (m<sup>2</sup>)</b>	<b>L49MMSb (m<sup>2</sup>)</b>	<b>L49TMSb (m<sup>2</sup>)</b>
Vegetação Nativa	58.677,90	154.594,75	60.661,67	19.783,90	254.669,24
Silvicultura	947,19	29.669,19	399,47	946,10	16.197,62
Vegetação rasteira	24.834,13	51.364,17	1.579,33	2.358,07	47.033,27
Pastagem	338.711,54	1.058.533,42	71.504,95	29.303,35	33.738,00
Agricultura	68.105,15	217.847,87	10.653,33	32.274,46	366.295,54
Solo exposto	4.138,30	16.462,12	178,37	1.601,09	11.285,20
Aglomerados rurais	-	414,18	-	-	-
Áreas urbanizadas	-	-	-	-	-
Área total	495.414,21	1.528.885,70	144.977,12	86.266,97	1.329.218,87
<b>Percentual de conflito entre uso e ocupação do solo e APPs de declividade</b>	<b>83,14%</b>	<b>86,53%</b>	<b>57,07%</b>	<b>74,33%</b>	<b>77,30%</b>
<b>Indicador de conflito entre uso e ocupação do solo e APPs de declividade</b>	<b>MUITO ALTO</b>	<b>MUITO ALTO</b>	<b>MÉDIO</b>	<b>ALTO</b>	<b>ALTO</b>

Os conflitos de uso e ocupação do solo e APPs configuram-se como uma grande fragilidade da bacia considerando que, nos diversos geoambientes, a porcentagem de APPs desprotegidas varia de: i) de 78,21 a 89,20% das APPs de nascentes; ii) 62,75 a 83,07% nas APPs de curso d'água; e iii) 57,07 a 86,53% nas APPs de declividade.

Os dados indicam a necessidade urgente de realização de estudos para a recomposição de APPs, como forma de proteger os recursos hídricos, proporcionar a disponibilidade de água em quantidade e qualidade compatíveis com os múltiplos usos da BHCSS e cumprir o Código Florestal.

#### **4.3 Integração dos indicadores**

A análise integrada dos indicadores fragilidade potencial, hemerobia e conflitos de uso do solo e APP avaliados para cada geoambiente indica que as unidades Latossolo40/Granito/Morros e serras baixas – L40GMSb e Latossolo40/Tonalito/Morros e serras baixas – L40TMSb são as que apresentam maior fragilidade para a gestão integrada de recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo, considerando, principalmente, que o grau de conflito entre uso e ocupação do solo e APP foi classificado como muito alto para APP de nascente, APP de curso d'água e APP de declividade, conforme Quadro 15.

Em sequência apresentam-se as unidades: i) Latossolo49/Metatonalito/Morros e serras baixas – L49MMsb, com indicador muito alto para grau de conflito entre uso do solo e APP de nascente e APP de curso d'água e alto para grau de conflito entre uso do solo e APP de declividade; ii) Latossolo49/Tonalito/Morros e serras baixas – L49TMsb, com indicador muito alto para grau de conflito entre uso do solo e APP de curso d'água e alto para as demais APP's e iii) Latossolo49/Metatonalito/Montanhoso – L49MM, com grau de conflito entre uso do solo e APP muito alto para APP de nascente, alto para APP de curso d'água e médio para APP de declividade (Quadro 15).

**Quadro 15 – Resumo dos indicadores avaliados por geoambiente da BHCSS**

<b>Indicador</b>	<b>L40Gsb (m<sup>2</sup>)</b>	<b>L40Tsb (m<sup>2</sup>)</b>	<b>L49MM (m<sup>2</sup>)</b>	<b>L49MMsb (m<sup>2</sup>)</b>	<b>L49TMsb (m<sup>2</sup>)</b>
Grau de Fragilidade Potencial (predominante)	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO
Grau de Hemerobia (predominante)	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO
Grau de Conflito entre Uso e Ocupação do Solo e APP de Nascente	MUITO ALTO	MUITO ALTO	MUITO ALTO	MUITO ALTO	ALTO
Grau de Conflito entre Uso e Ocupação do Solo e APP de Curso D'água	MUITO ALTO	MUITO ALTO	ALTO	MUITO ALTO	MUITO ALTO
Grau de Conflito entre Uso e Ocupação do Solo e APP de Declividade	MUITO ALTO	MUITO ALTO	MÉDIO	ALTO	ALTO

Para a bacia do Córrego São Silvestre, o indicador “conflitos de uso do solo e APP” foi o mais eficiente para a diferenciação entre os geoambientes, evidenciando o descumprimento do Código Florestal e a necessidade de recomposição de APP's.

Embora não tenha ocorrido variação no grau de fragilidade potencial e grau de hemerobia entre os geoambientes da BHCSS, os indicadores são importantes subsídios para o planejamento da bacia, possibilitando a proposição de práticas adequadas que possam integrar a gestão de recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estratificação das BHCSS em geoambientes permitiu a identificação de 05 unidades, com base nos critérios geomorfologia, geologia e pedologia. Os indicadores propostos, grau de fragilidade potencial, grau de hemerobia e grau de conflitos entre uso e ocupação do solo e APPs demonstraram que todos os geoambientes da BHCSS possuem média fragilidade potencial à perda de solos, e médio nível de hemerobia (dependência tecnológica para manutenção das atividades, decorrentes do intenso uso do solo para agricultura e pecuária).

Os conflitos entre o uso e a ocupação do solo e as APPs demonstram a urgente necessidade de intervenções para recuperação em toda a bacia, com o intuito de garantir a quantidade e qualidade de água, necessária para o abastecimento público de água e irrigação.

Por meio dos indicadores, notou-se que todos os geoambientes possuem características similares de fragilidade potencial, hemerobia e conflito entre uso e ocupação do solo e APPs, o que demonstra que a BHCSS está altamente impactada pelas atividades humanas.

A principal potencialidade da bacia é a baixa e média fragilidade potencial observada nos cinco geoambientes, fator que representa menores chances de erosão do solo de forma natural e o carreamento de partículas para os cursos d'água. Como principal fragilidade destaca-se os conflitos entre o uso e a ocupação do solo e as APPs (principalmente as de nascentes), dada a importância destas áreas para a preservação dos recursos hídricos e a manutenção da estabilidade dos solos e da biodiversidade.

Considerando os indicadores avaliados, uma possível hierarquização de áreas prioritárias para intervenção seria: Latossolo40/Granito/Morros e serras baixas e Latossolo40/Tonalito/Morros e serras baixas; Latossolo49/Metatonalito/Morros e serras baixas, Latossolo49/Tonalito/Morros e serras baixas e Latossolo49/Metatonalito/Montanhoso.

A metodologia proposta foi eficiente para estratificar e caracterizar a dinâmica entre a gestão de recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo e pode ser utilizada tanto para verificação de áreas críticas dentro da bacia hidrográfica, quanto na comparação de diferentes bacias hidrográficas para a tomada de decisão a respeito da alocação de recursos. Devido à escala das informações utilizadas, é possível aplicar a metodologia mesmo em regiões onde há carência de informações.

Novos estudos podem ser realizados no sentido de traduzir as informações identificadas no formato de um índice de integração da gestão de recursos hídricos, meio ambiente e uso do solo, de modo a subsidiar o planejamento ambiental e as estratégias definidas pelo poder público, comitês e agências de bacias hidrográficas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Diretrizes e Análises Recomendadas para a Consistência de Dados Pluviométricos**. Brasília, Distrito Federal: Agência Nacional de Águas - ANA, 2012. 18 f. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/DiretrizesEAnálisesRecomendadasParaConsistenciaDeDadosPluviometricos-VersaoJan12.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Hidroweb**. 2020. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 10 mar. 2020.

ALMEIDA, Rejane Freitas Benevides; FERREIRA JÚNIOR, Laerte Guimarães; BAYER, Maximiliano. Análise da cobertura e uso da terra da bacia hidrográfica do Rio do Coco e suas implicações sobre as áreas de preservação permanente como instrumento na gestão dos recursos hídricos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [s.l.], v. 49, p. 60-82, 30 dez. 2018. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v49i0.58652>.

AMORIM, Raul Reis. A Representação de Mapas de Paisagens na Escala Regional: O Exemplo da Região Costa do Descobrimento (Bahia). **Revista da Anpege**, v. 12, n. 17, p.257-292, 2016. <http://dx.doi.org/10.5418/ra2016.1217.0011>.

AMORIM, Raul Reis; OLIVEIRA, Regina Célia de. As Unidades de Paisagem como uma Categoria de Análise Geográfica: O Exemplo do Município de São Vicente-SP. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p.177-198, 2008.

AMORIM, Raul Reis; REIS, Claudio Henrique; FERREIRA, Carmen. Geosystems and anthropogenic systems' mapping as a subsidy to the study of areas prone to flooding and overflow in the lower course of the Muriaé river basin (Rio de Janeiro, Brazil). **Territorium**, n. 24, p.89-114, 2017. Coimbra University Press. [http://dx.doi.org/10.14195/1647-7723\\_24\\_7](http://dx.doi.org/10.14195/1647-7723_24_7).

BARBARA, Ângela Dileta Lima Santa; VALASKI, Simone; NUCCI, João Carlos. Hemerobia e Planejamento da Paisagem no Bairro Mossunguê, Curitiba - PR. **Revista Geografar**, v. 9, n. 1, p.159-179, 30 jun. 2014. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/geografar.v9i1.36540>.

BELATO, Leoni de Souza; SERRÃO, Sérgio Luis Cardoso; DIAS, Rafael Pompeu. Diagnostico da fragilidade ambiental na Bacia do Submédio Tocantins: uhe tucuruí. : UHE Tucuruí. **Natural Resources**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 28-37, 20 jun. 2019. Companhia Brasileira de Producao Cientifica. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2237-9290.2019.001.0004>.

BELEM, Anderson Luiz Godinho; NUCCI, João Carlos. DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA E TECNOLÓGICA (HEMEROBIA) DO BAIRRO SANTA FELICIDADE - CURITIBA PR1. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 15, n. 51, p. 37-51, set. 2014.

BELEM, Anderson Luiz Godinho; NUCCI, João Carlos. Hemerobia das Paisagens: Conceito, Classificação e Aplicação no Bairro Pici – Fortaleza/CE. **RAEGA - Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 21, p.204-233, 2011.

BERTRAND, Georges; TRICART, Jean. Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. **Revue Géographique Des Pyrénées Et Du Sud-ouest**, [s.l.], v. 39, n. 3, p.249-272, 1968. PERSEE Program. <http://dx.doi.org/10.3406/rgpso.1968.4553>.

BRASIL. **Constituição** (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal. Disponível em [planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm), acesso em 07 de setembro de 2019.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433 de 08 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: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/19433.htm)> Acesso em: 09 mai. 2018.

BRASIL. Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.** Novo Código Florestal. Brasília, 25 maio 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 19 set. 2019.

BRASIL. Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres - S2id. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Relatórios:** Relatório Gerencial - Reconhecimentos Realizados. 2019. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>>. Acesso em: 15 set. 2019.

BRASIL. CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geodiversidade do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, 2010. 136 p.

BRASIL. CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Downloads.** Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, 2003. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/>. Acesso em 25 mar. 2019.

CAMPOS, Martha Viviane Cabral de Vasconcelos; RIBEIRO, Márcia Maria Rios; VIEIRA, Zédna Mara de Castro Lucena. A Gestão de Recursos Hídricos Subsidiada pelo Uso de Indicadores de Sustentabilidade. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 2, p.209-222, 2014.

CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira *et al.* A Gestão Integrada de Recursos Hídricos e do Uso do Solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos rios Iguaçú/Sarapuí, na Baixada Fluminense. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. XIII, n. 1, p.29-49, jun. 2010.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza; CORRÊA, Antônio Carlos de Barros. Geossistemas e geografia no Brasil. **R. Bras. Geogr.**, Rio de Janeiro, v. 61, n. 2, p.3-33, 2016.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** Edgard Blucher Ltda. 1.ed., São Paulo, 2002.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos Caratinga – PARH Caratinga.** Governador

Valadares, 2010. Disponível em: <<http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2014/10/PARH.pdf>>. Acesso em: 17 de maio de 2018.

CUNHA, Sandra Baptista da; FREITAS, Marcos Welausen Dias. Geossistemas e Gestão Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio São João - RJ. **Geographia**, v. 12, n. 6, p.87-110, 2004.

DIAS, H.C.T.; FILHO, E.I.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FONTES, L.E.F.; VENTORIM, L.B. Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, Município de Lima Duarte-MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.777-786, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2018. 532p.

ESTÊVEZ, Laura Freire *et al.* Análise da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi, Morretes-PR: Unidades de Paisagem, Fragilidade Potencial e Hemerobia. **RAEGA - Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 23, p.428-447, 2011.

FABBRO NETO, Francisco; SOUZA, Marcelo Pereira de. Leitura integrada da gestão dos recursos hídricos com o uso do solo em Caraguatatuba (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p.853-862, out. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017154955>.

FERREIRA, Susane Cristini Gomes; LIMA, Aline Maria Meiguins de; CORRÊA, José Augusto Martins. Zoneamento da bacia hidrográfica do rio Moju (Pará): usos da água e sua relação com as formas de uso e cobertura do solo. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, v. 12, n. 4, p.680-693, 28 jun. 2017. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2069>.

FREITAS, Eduardo P. *et al.* Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p.443-449, 2013.

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE CARATINGA – FUNEC. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Caratinga-MG**: Diagnóstico técnico participativo dos serviços de saneamento básico. V.3, Caratinga, 2015A. Disponível em: <http://pmsbfunec.com.br/Produtos/Caratinga/Caratinga/P3.pdf>. Acesso em 02 nov. 2018.

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE CARATINGA – FUNEC. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Inhapim-MG**: Diagnóstico técnico participativo dos serviços de saneamento básico. V.3, Inhapim, 2015B. Disponível em: <http://pmsbfunec.com.br/Produtos/Caratinga/Inhapim/P3.pdf>. Acesso em 02 nov. 2018.

GUERRA, A.T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 5.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 439p.1993.

HABER, Wolfgang. SYSTEM ECOLOGICAL CONCEPTS FOR A ENVIRONMENTAL PLANNING. In: KLIJN, Frans. **ECOSYSTEM CLASSIFICATION FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT**. Dordrecht, Holanda: Springer Holanda, 1994. Cap. 3. p. 49-67. (ECOLOGY AND ENVIRONMENT).

HOFF, Rosemary; VACCARO, Sandro; KROB, Alexandre José Diehl. Aplicação de geotecnologias — detecção remota e geoprocessamento — para a gestão ambiental dos recursos hídricos superficiais em Cambará do Sul, RS, Brasil. **Revista de Estudos Politécnicos**, v. 6, n. 10, p.103-127, 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p. (Manuais técnicos em geociências).

JAKOB, Alberto Augusto Eichman. A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 13., 2002, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2002. p. 01-21.

LANDIM NETO, F.O.; GORAYEB, A.; SILVA, E.V. Caracterização ambiental, geomorfológica e hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Guaribas, em São Gonçalo do Amarante – Ceará. In: SILVA, C.N.; BORDALO, C.A.L.; SILVA, E.V. [Org]. **Planejamento, conflitos e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas: experiências e ações**. GAPTA/UFPA, Belém, 2016. 300p.

LANNA, Antônio Eduardo; CÁNEPA, Eugênio Miguel. O Gerenciamento de Bacias Hidrográficas e o Desenvolvimento Sustentável: Uma abordagem Integrada. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p.269-282, 1994.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, v.51, n. 2, p.189-196, 1992. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009>.

MACHADO, Anderson Patric Àvila. **Uso de imagens de satélite sentinel-2 para delimitação de APPs: estudo de caso município de Feliz-RS**. 2018. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2018.

MARTINS, Rodrigo Nogueira *et al.* Fragilidade potencial e emergente na bacia do rio Peruaçu, região norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v. 6, n. 2, p.99-118, 2018.

MEZZOMO, Maristela Moresco; GASPARINI, Géssica Silva. ESTUDO DA ALTERAÇÃO ANTRÓPICA (HEMEROBIA) DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOURÃO – PR. **R. Ra'e Ga**, Curitiba, v. 36, p. 280-301, abr. 2016.

MINAS GERAIS. IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das águas. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Mapas e Bases Cartográficas**. 2010. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/mapas-e-bases-cartograficas>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

MONTAÑO, Marcelo; SOUZA, Marcelo Pereira de. Integração entre planejamento do uso do solo e de recursos hídricos: a disponibilidade hídrica como critério para a localização de empreendimentos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 3, p.489-495, 27 jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016118729>.

NARDINI, Rafael Calore; CAMPOS, Sérgio; RIBEIRO, Fernanda Leite; GOMES, Luciano Nardini; FELIPE, Andrea Cardador; CAMPOS, Mariana de. AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE CONFLITO DE USO EM APP DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO MORRO GRANDE1. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 55, p. 104-113, set. 2015.

NUCCI, João Carlos; BELEM, Anderson Luiz Godinho; KRÖKER, Rudolf. EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DO BAIRRO SANTA FELICIDADE (CURITIBA-PR), COM BASE NO CONCEITO DE HEMEROBIA. **Geography Department University Of Sao Paulo**, [S.L.], v. 31, p. 58, 24 jul. 2016. Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/rdg.v31i0.104279>.

OLIVEIRA, Bruna Andrieli Simões de; FANTINEL, Roberta Aparecida; MARCHESAN, Juliana; PEREIRA, Rudiney Soares. Geotecnologias aplicadas à análise da fragilidade ambiental na sub-bacia hidrográfica do Arroio Pessegueiro – RS. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, S.i, v. 15, n. 1, p. 8-21, 2019.

OSGEO. Equipe de Desenvolvimento do QGIS (2019). **Sistema de Informações Geográficas do QGIS**. Projeto Código Aberto Geospatial Foundation. <http://qgis.osgeo.org>.

PAULA, Makele Rosa de; BENEDETTI, Ana Caroline Paim; PEREIRA FILHO, Waterloo. Influência do Uso e Cobertura da Terra Aliado à Precipitação Pluviométrica na Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Ingaí – RS/Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 32, p.143-152, 2016.

PESSOA, Fabiana da Silva; FAÇANHA, Antônio Cardoso. A Bacia Hidrográfica como unidade geossistêmica e territorial: em questão a Bacia do Parnaíba. **Regne**, Natal, v. 2, n. especial, p.735-744, dez. 2016. Semestral. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10522/7449>>. Acesso em: 31 ago. 2019.

RODRIGUES, Priscyla Maria Silva *et al.* Solos, relevo e vegetação determinam os geoambientes de unidade de conservação do norte de Minas Gerais, Brasil. **Neotropical Biology And Conservation**, v. 10, n. 1, p.32-42, 29 dez. 2015. Pensoft Publishers. <http://dx.doi.org/10.4013/nbc.2015.101.05>.

ROSS, J. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 8, 63-74, 1994A <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>

ROSS, J. Análise e Síntese na Abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Ambiental. **Revista Do Departamento De Geografia**, v. 9, 65-75, 1994B. <https://doi.org/10.7154/RDG.1995.0009.0006>.

SANTOS, Glenio G.; GRIEBELER, Nori P.; OLIVEIRA, Luiz F. C. de. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p.115-123, 2010.

SANTOS, Gilmar O.; HERNANDEZ, Fernando B. T.. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p.60-68, 2013.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SCHNEIDER, Michelli de Oliveira. **Análise das Fragilidades Ambientais da Bacia Hidrográfica do Arroio Lami, município de Porto Alegre e Viamão - RS**. 2010. 81 f. TCC

(Graduação) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SILVA, Mirian de Sousa *et al.* Avaliação da cobertura do solo como indicador de gestão de recursos hídricos: um caso de estudo na sub-bacia do Córrego dos Bois, Minas Gerais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 22, n. 3, p.445-452, maio 2017A. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017149673>.

SILVA, J.L.G.; WEGNER, N.; OSMAN, Y.; ALVES, A.R. **Delimitação de Áreas de Preservação Permanente em Topo de Moro Utilizando o QGIS**. Unioste. Paraná, 2017B. Disponível em: <https://www.clickgeo.com.br/delimitar-app-em-topo-de-morro-usando-qgis/>, acesso em 12 jan. 2019.

SILVA, Cassio Roberto; DANTAS, Marcelo Eduardo. Mapas geoambientais. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 7., 8 - 11 ago. 2010, Maringá, PR. **Anais...** Maringá, PR: SBCGG, ago. 2010.

SILVA, Kaique Brito; AMORIM, Raul Reis; REGO, Neylor Alves Calasans. A Representação dos Geossistemas com Ênfase no Estudo dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Brasil. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 19, n. 67, p.53-67, 2018.

SILVA, Leonardo Martins da. Gestão Ambiental de Recursos Hídricos: Pressupostos Básicos, Conceitos, Modelos e Instrumentos. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 36, p.207-223, 2010.

SILVA, Sandro Heleno Lage da; BRAGA, Francisco de Assis; FONSECA, Alysson Rodrigo. Análise de Conflito entre Legislação e Uso da Terra no Município de Itabira - MG. **Caminhos de Geografia, Uberlândia**, v. 11, n. 34, p.131-144, 2010.

SILVA, Richarde Marques da *et al.* Efeitos de cenários de uso do solo na vazão e produção de sedimentos na bacia do Rio Cobres, Portugal. **Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 4, p.609-622, 2016.

SOARES, Jefferson Paulo Ribeiro; AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de. Análise sistêmica: contribuição teórico metodológica e aplicações no estado do Piauí. **Revista Acta Geográfica**, p.239-255, 2012. <http://dx.doi.org/10.5654/actageo2012.0613.0014>.

SPÖRL, Christiane; ROSS, Jurandy Luciano Sanches. ANÁLISE COMPARATIVA DA FRAGILIDADE AMBIENTAL COM APLICAÇÃO DE TRÊS MODELOS. **Geosp Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004.

TEODORO, V.L.I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.J.L.; FULLER, B.B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20, p.136-157, 2007.

TORRES, Marcélia Vieira; FALCÃO SOBRINHO, José. Compartimentação Geomorfológica e Ambientes de Açudes da Bacia Hidrográfica do Rio Coreau no Ceará. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 26, n. 2, p.144-159, 2014.

TRENTIN, Romario; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza. Metodologia para Mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande Do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 11, p.3606-3615, 05 – 06 set. 2005, São Paulo, SP, **Anais...** USP, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2010A.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais: Legenda Expandida**. Belo Horizonte: Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2010B.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (EUA) (NASA). Copernicus Programm: Sentinel 2.. Washington, DC, 2019. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 31 Ago. 2019.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (EUA) (NASA). Shuttle Radar Topography Mission. Washington, DC, 2000. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 31 mai. 2019.

VALLE, Ivana Cola; FRANCELINO, Márcio Rocha; PINHEIRO, Helena Saraiva Koenow. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 23, n. 2, p. 295-308, 1 abr. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.107714>.

VANZELA, Luiz S.; HERNANDEZ, Fernando B. T.; FRANCO, Renato A. M.. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p.55-64, 2010.

VIEIRA, Paulo Márcio Souza; STUDART, Ticiania Marinho Carvalho. Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidro- Ambiental de Áreas Serranas no Semiárido Brasileiro - Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará. **RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 14, n. 4, p.125-136, 2009.

WINGE, M. et. al. 2001 - 2019 2019. **Glossário Geológico Ilustrado**. Disponível <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>. Acesso em 25 out. 2019.

## APÊNDICE

### Acervo fotográfico da visita realizada na BHCSS

**Figura 26 – Residências rurais (ao centro) e agricultura (cafeicultura ao fundo e cultivo de banana à frente) na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23 k 796.236,64 m E; 7.817.065,65 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 27 – Limite entre uma área utilizada para cafeicultura e um fragmento de vegetação na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23 k 796.125,49 m E; 7.816.750,68 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 28 – Área utilizada para a pecuária apresentando sinais de erosão na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23 k 795972.22 m E; 7816357.83 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 29 – Terreiro e área utilizada para cafeicultura e cultivo de banana na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23 k 797.126,21 m E; 7.820.030,75 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 30 – Curral e área utilizada para pecuária na parte alta da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23 k 794.330,21 m E; 7.821.304,72 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 31 – Limite entre uma área utilizada para cafeicultura na BHCSS e um fragmento de vegetação na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23 k 795.262,60 m E; 7.824.210,60 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 32 – APP desprotegida, reservatório artificial de água, agricultura (cafeicultura, cultivo de banana e pimentão) e pastagem na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 795.949,89 m E; 7.826.187,49 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 33 – Residências rurais, agricultura (cafeicultura e cultivo irrigado de taioba), fragmentos de vegetação e pastagem localizados na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 795.360,22 m E; 7.830.307,80 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 34 – Uso do solo para agricultura (em APP de curso d'água) e silvicultura na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 796.117,69 m E; 7.826.897,43 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 35 – Fragmento de vegetação, residências rurais, pastagem e agricultura gerando conflitos de uso e ocupação do solo com APPs de curso d'água na parte média da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 795.395,98 m E; 7.826.831,25 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 36 – Área com sinais de degradação (feições erosivas) utilizada para pecuária gerando conflitos de uso e ocupação do solo e APPs na parte baixa da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 798.382,73 m E; 7.837.275,08 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 37 – Pastagem ocupando APP de curso d'água localizada na parte baixa da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 798.109,43 m E; 7.837.712,12 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 38 – Áreas utilizadas pela agricultura e pecuária e fragmento de vegetação localizados na parte baixa da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 797.798,93 m E; 7.834.018,80 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 39 – Residências rurais, pecuária agricultura e fragmentos de vegetação localizados na parte baixa da BHCSS (coordenadas UTM: zona 23k 796.933,97 m E; 7.833.169,16 m S)**



Fonte: Autor (2019).

**Figura 40 – Sede do município de Inhapim, próximo à foz do Córrego São Silvestre  
(coordenadas UTM: zona 23k / 801.704,13 m E / 7.835.714,81 m S)**



Fonte: Autor (2019).