

**FRAGILIDADE AMBIENTAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE CONTRIBUIÇÃO DO  
RESERVATÓRIO DA BARRAGEM JURAMENTO, MINAS GERAIS****ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF THE WATERSHEDS CONTRIBUTING TO THE JURAMENTO  
DAM RESERVOIR, MINAS GERAIS**

Flavia Mazzer Rodrigues<sup>1</sup>, Arthur Luiz Araújo Nascimento Júnior<sup>1</sup>, Leandro Pereira de Miranda<sup>1</sup>, Emilly Hemanuely  
Maximo Motoso<sup>1</sup>

e2515461

<https://doi.org/10.33947/geociencias.v25i1.5461>

PUBLICADO: 8/2026

**RESUMO**

A sociedade considera a água como um bem fundamental, e preocupações em como disponibilizar este recurso natural para consumo humano sempre estiveram presentes nas ações civis e públicas. As primeiras barragens surgiram da necessidade de armazenar as águas de chuvas para compensar as deficiências nos períodos de estiagem. Portanto, este trabalho objetivou-se a realização de produtos cartográficos que foram gerados a partir de geotecnologias visando identificar a fragilidade ambiental das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório da Barragem Juramento, Estado de Minas Gerais. Os mapas temáticos apresentam a delimitação das bacias hidrográficas, hipsometria, declividade, solos, precipitação e o uso e ocupação do solo envolvendo a presença da vegetação, na perspectiva de subsidiar as ações que visem o planejamento territorial. As Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento são constituídas pela Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, Bacia Hidrográfica do Rio Juramento e a Bacia Hidrográfica do Rio Saracura. Foi observado a predominância da classe de relevo suave e moderadamente ondulado e possui aproximadamente 48% da área de estudo com a classe de solos Neossolos. De acordo com a sobreposição dos mapas, a fragilidade ambiental de 82,15% da área em estudo, obteve classificação Ligeira a Moderada, indicando média ocorrência de processos erosivos, considerando-se as características topográficas e naturais, assim como as intervenções antrópicas no meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Uso e ocupação do solo. Rede de drenagem. Sistema de informação geográfica.

**ABSTRACT**

Water is considered a fundamental resource by society, and concerns regarding the availability of this natural resource for human consumption have always been present in civil and public actions. The first dams emerged from the need to store rainwater in order to compensate for deficiencies during drought periods. Therefore, this study aimed to develop cartographic products generated through geotechnologies to identify the environmental fragility of the contributing watersheds of the Juramento Dam Reservoir, located in the State of Minas Gerais, Brazil. The thematic maps aimed to present the delimitation of the watersheds, hypsometry, slope, soils, precipitation, and land use and land cover, including the presence of vegetation, with the purpose of supporting territorial planning actions. Based on the analyzed data, it was concluded that the contributing watersheds of the Juramento Reservoir are composed of the Canoas River Watershed, the Juramento River Watershed, and the Saracura River Watershed. A predominance of gently undulating to moderately undulating relief was observed, and approximately 48% of the study area is covered by Neosols. According to the overlay analysis of the thematic maps, 82.15% of the study area presented slight to moderate environmental fragility, indicating a medium occurrence of erosive processes, considering the topographic and natural characteristics, as well as anthropogenic interventions in the environment.

**KEYWORDS:** Land use and land cover. Drainage network. Geographic information system.

**INTRODUÇÃO**

A ocupação de um determinado local pelos seres humanos está diretamente ligada à disponibilidade de elementos essenciais para a sua sobrevivência, o alimento e a água. Por ser de importância vital para

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias (ICA/UFMG), Campus Montes Claros.  
[flamazzer@hotmail.com](mailto:flamazzer@hotmail.com) - <https://orcid.org/0000-0001-5520-1844>, [kbcapm@hotmail.com](mailto:kbcapm@hotmail.com) - <https://orcid.org/0009-0008-2078-7732>, [emillymaximo6@gmail.com](mailto:emillymaximo6@gmail.com) - <https://orcid.org/0009-0001-1776-6438>

os seres humanos, a água, além de ser um dos principais bens para o desenvolvimento econômico a sua não uniformidade explica a tendência de ocupação próximo à corpos hídricos (SAAE, 2012).

A água é símbolo de vida, um bem comum, no entanto, a água que consumimos está em processo de esgotamento. Observa-se que em diferentes lugares do globo o acesso a esse bem natural já apresenta motivações para graves preocupações, seja pela disponibilidade ou pela forma como é distribuído (Wivaldo *et al.* 2018).

Nas últimas décadas, a expansão das atividades agrícolas e pecuárias tem promovido intensas transformações no uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas. O avanço das áreas destinadas à produção agropecuária tem sido identificado, por meio de estudos ambientais, principalmente em zonas ripárias associadas a grandes reservatórios utilizados para abastecimento público e outros usos múltiplos da água. A substituição da vegetação nativa por áreas produtivas no entorno dos corpos hídricos pode comprometer a dinâmica dos ecossistemas aquáticos, contribuindo para processos como erosão do solo, aumento do carreamento de sedimentos e nutrientes e consequente degradação da qualidade da água. A redução ou ausência da mata ciliar exerce papel fundamental nesse processo, uma vez que essa vegetação atua como faixa de proteção natural, promovendo a retenção de sedimentos, a estabilidade das margens e a manutenção do equilíbrio ambiental dos recursos hídricos (Freitas, 2018).

Moreira *et al.*, (2015) também enfatizam que o uso da terra, incluindo o tipo de vegetação e as atividades antropogênicas, afeta a produção de água. Esse fator é dos mais relevantes a ser considerado no manejo de bacias hidrográficas.

O monitoramento do ambiente é de fundamental importância para o planejamento e manejo adequado, principalmente em regiões semiáridas, as quais possuem fatores naturais que aceleram a degradação do solo (Oyama; Nobre, 2004).

O planejamento e gestão ambiental necessitam de ferramentas ou metodologias que lhe apoiem e permitam facilitar seu processo. Uma destas metodologias é a determinação da vulnerabilidade ambiental, que permite avaliar a condição de risco da área em questão à processos geoambientais: erosão; contaminação dos solos; dos recursos hídricos; perda de aproveitamento agrícola; dentre outros (Santos *et al.* 2007).

A fragilidade ambiental, conceituada à luz dos princípios da ecodinâmica de Tricart (1977), destaca-se como um elemento crucial na compreensão dos desafios enfrentados pela bacia. A intensidade da ação antrópica, como a morfogênese do ambiente, influencia diretamente a fragilidade, sendo a cobertura vegetal um agente mitigador essencial dos efeitos da morfodinâmica (Cavalcante *et al.*, 2026).

Portanto, o mapeamento da fragilidade ambiental permite avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, compatibilizando suas características naturais com suas restrições (Kawakubo *et al.*, 2005), tornando-se necessária a aplicação das geotecnologias que auxiliam no planejamento territorial, na perspectiva econômica, social e ambiental.

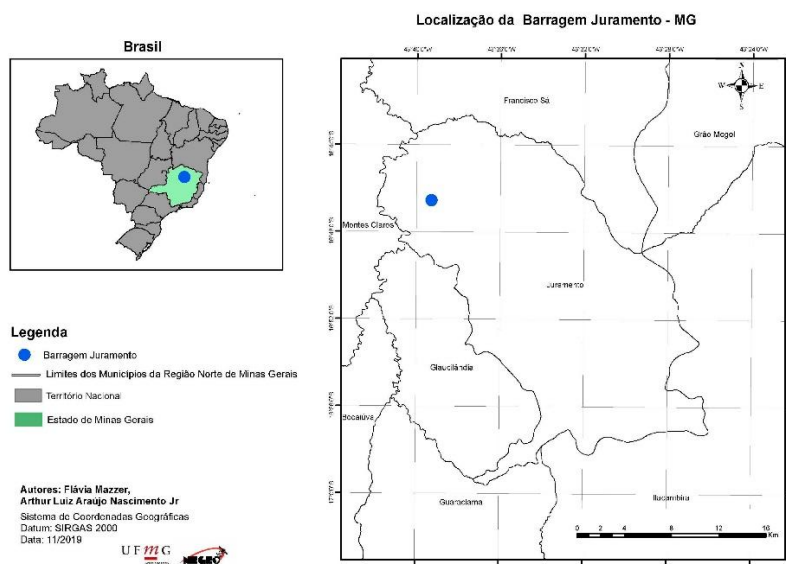
De acordo com Ross (1990) o planejamento não pode ser formulado a partir de uma leitura estática do ambiente, mas inserida no entendimento do processo de ocupação que norteia o desenvolvimento e a apropriação do território e de seus recursos.

Com base neste contexto, o presente trabalho objetivou-se a realização de produtos cartográficos que foram gerados a partir de geotecnologias visando identificar a fragilidade ambiental das Bacias Hidrográficas de contribuição do Reservatório da Barragem Juramento, para subsidiar a gestão de recursos hídricos na perspectiva de auxiliar nas ações, planejamento territorial, orientação e tomada de decisão por parte dos entes públicos e da sociedade civil da área de estudo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado nas Bacias Hidrográficas de Contribuição da Barragem Juramento de propriedade da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA, concluída em 1983, e localizado Município de Juramento (16°46'20"S e 43°39'56"W), na mesorregião Norte de Minas, Estado de Minas Gerais (Figura 1). Este reservatório foi dimensionado para integrar o sistema de abastecimento urbano e industrial de Montes Claros, à 27 km de distância, e atualmente é responsável por 70% do serviço prestado da COPASA na cidade. Os Rios Juramento, Saracura e Canoas, que pertencem a Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande e Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, formam a barragem, que há 18 anos, possuía uma área inundada de 7,63 km<sup>2</sup>, com uma profundidade média de 9,1 m e um volume de água acumulado de 45 bilhões de litros (Dabés *et al.*, 2001).

Figura 1 – Localização do Reservatório da Barragem Juramento, Estado de Minas Gerais.  
*Figure 1 – Location of the Juramento Dam Reservoir, State of Minas Gerais.*



Fonte: Os autores.

O sistema de abastecimento Juramento está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Para fins de planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia do Verde Grande, esta foi subdividida em oito sub-bacias, sendo que o Sistema Juramento está inserido na subdivisão Alto Verde Grande (ANA, 2013).

De acordo com o Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, a subdivisão Alto Verde Grande (AGV) possui uma área de 3.102,2 km<sup>2</sup>, corresponde a 10% da área da bacia, onde se insere os municípios de Montes Claros, Glaucilândia, Juramento e Guaraciama, contemplando rios, como: Rio Verde Grande, Rio Cana-Brava, Ribeirão Boa Vista, Rio Vieira, Rio da Prata, Rio Juramento e Rio Saracura (ANA, 2013).

Segundo a classificação de Köppen, predomina amplamente o tipo Aw, clima tropical quente e úmido com estação seca bem acentuada, enquanto o Cwa, mesotérmico de altitude com verões quentes e chuvosos e inverno seco com temperaturas mais amenas, está restrito às porções mais elevadas da Serra do Espinhaço, na borda oriental (ANA, 2002).

Já em relação à cobertura vegetal natural na área da Barragem Juramento, conforme o Sistema Integrado de Informações Ambientais do Estado de Minas Gerais – SIAM, as coberturas vegetais são: Campo, Campo Cerrado, Cerrado Senso Stricto, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual. Há destaque, também, para a floresta plantada, ou seja, a Silvicultura, representada pelo cultivo de Eucalipto (SIAM, 2016).

A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se na aplicação de geotecnologias para a constituição de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), na organização de dados georreferenciados da área de estudo, no processamento digital de imagens para análise ambiental e na confecção de mapas temáticos que retratam os resultados obtidos. Portanto, o mapeamento de bacias hidrográficas se constitui, especialmente, em um trabalho de interpretação visual de dados, realizado por meio da manipulação e estudo de imagens orbitais.

Para compor a base cartográfica foram utilizadas Cartas Planialtimétricas em formato digital, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1971), referentes à área de estudo. Os procedimentos que compõem as etapas da geração dos mapas temáticos foram: organização da base cartográfica já existente, georreferenciamento, digitalização e delimitação dos limites das bacias hidrográficas e rede de drenagem. Posteriormente a base digital foi exportada para o sistema de informação geográfica, onde as demais informações foram adicionadas, tais como: declividade, hipsometria, classes de solos, precipitação e o uso e ocupação do solo envolvendo a presença da vegetação e elementos pertinente às atividades humanas como a exposição do solo, áreas urbanas, cultivos agrícolas e cursos d'água.

A delimitação das bacias foi realizada, sendo necessário as cenas SE-23-X-A, SE-23-X-B, SE-23-X-C e SE-23-X-D do radar Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), modelo digital de elevação (*The Digital Elevation Model - DEM*) obtido para as bacias hidrográficas do programa da EMBRAPA, produzido pela NASA, NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), DOD (*United States' Department of Defense*) e Agências Espaciais da Alemanha e Itália, e depois refinada pelo Projeto Embrapa Relevo (Miranda *et al.*, 2011).

Na manipulação dos dados, a delimitação automática das Bacias Hidrográficas do Município de Montes Claros e extração da rede de drenagem, foi utilizado o sistema de informação geográfica ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®).

Para a obtenção da fragilidade ambiental foram gerados diversos mapas intermediários. Os atributos utilizados como critério para definição das classes de fragilidade ambiental foram os seguintes temas ou

planos de informação (PI): precipitação média anual (mm/ano), declividade do terreno (%), classes de solo (EMBRAPA, 1999) e uso e ocupação do solo (Imagem de Satélite Sentinel).

Como base, o modelo digital de elevação foi a imagem de entrada e no sistema de informação geográfica gerou, portanto, a hipsometria segundo as cores da legenda hipsométrica para essa camada de elevação das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento.

Para a realização do mapa temático de declividade, que tem influência direta nos processos que condicionam a velocidade de transformação da energia potencial das águas pluviais em energia cinética e, por consequência, na intensidade dos processos erosivos (Crepani *et al.*, 2001), utilizou-se a base o modelo digital (DEM) como imagem de entrada. O valor da inclinação do plano é calculado utilizando-se a técnica da máxima média (Burrough; McDonnell, 1998), ou seja, quanto menor o valor do declive, mais plano é o terreno; quanto mais alto o valor da inclinação, mais íngreme. As definições de cada classe da declividade seguiram os preceitos dos trabalhos realizados na EMBRAPA (1999), que na metodologia descrita por Ross (1994), a declividade é tratada como dado discreto, seguindo uma classificação de fragilidade que varia de 1 (Muito fraca) a 5 (Muito forte) (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes de fragilidade da Variável Declividade.

*Table 1 – Fragility Classes of the Slope Variable.*

| DECLIVIDADE | DESCRIÇÃO DO RELEVO | PONTUAÇÃO |
|-------------|---------------------|-----------|
| 0-3         | Plano               | 1         |
| 3-8         | Suave Ondulado      | 2         |
| 8-20        | Ondulado            | 3         |
| 20-45       | Forte Ondulado      | 4         |
| >45         | Montanhoso          | 5         |

Fonte: Ross (2012).

Em relação ao mapa intermediário das principais ocorrências de solos foram elaboradas de acordo com o Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida da Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras e Fundação Estadual do Meio Ambiente (2010). Para facilitar a interpretação do mapa pedológico foi efetuada a reclassificação com base nos critérios propostos por Crepani *et al.*, (2001), Ross (1994) e Ross (2012) nos quais são designados pesos em função da erodibilidade natural das diferentes classes de solo (Tabela 2).

Tabela 2 – Classes de Fragilidade da Variável Solos.

*Table 2 – Fragility Classes of the Soil Variable.*

| CLASSIFICAÇÃO                | PONTUAÇÃO       |
|------------------------------|-----------------|
| Latossolo Vermelho           | 1 – Muito Baixa |
| Argissolo Vermelho – Amarelo | 1 – Muito Baixa |
| Cambissolo Háplicos          | 4 – Forte       |
| Neossolo Litólico            | 5 – Muito Forte |

Fonte: Ross (2012).

O mapa intermediário de precipitação, seguiu a metodologia apresentada por Ross (2012). Para obtenção deste mapa temático foram considerados dados referentes a nove estações pluviométricas fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Tabela 3), espalhadas ao longo da área de interesse, para um período de 20 anos, a partir de 2000.

Tabela 3 – Localização das Estações Pluviométricas e Precipitação Média de um Período de 20 anos.  
*Table 3 – Location of Rainfall Stations and Average Precipitation Over a 20-Year Period.*

| ESTAÇÃO                         | LAT      | LONG     | PRECIPITACAO (MM) |
|---------------------------------|----------|----------|-------------------|
| ESPINOSA - MG (OMM: 83338)      | -14,9100 | -42,8000 | 618,2             |
| JANAUBA - MG (OMM: 83395)       | -15,8000 | -43,2900 | 734,6             |
| JANUARIA - MG (OMM: 83386)      | -15,4500 | -44,0000 | 929,8             |
| JURAMENTO - MG (OMM: 83452)     | -16,7700 | -43,6600 | 893,5             |
| MOCAMBINHO - MG (OMM: 83389)    | -15,0800 | -44,0100 | 857,0             |
| MONTE AZUL - MG (OMM: 83388)    | -15,1600 | -42,8600 | 732,0             |
| MONTES CLAROS - MG (OMM: 83437) | -16,6800 | -43,8400 | 959,1             |
| CARBONITA - MG (OMM: 83485)     | -17,5300 | -43,0000 | 924,8             |
| PIRAPORA - MG (OMM: 83483)      | -17,3500 | 44,9100  | 912,4             |

Fonte: INMET (2019).

Para a elaboração da distribuição espacial da precipitação foi utilizado o algoritmo interpolador disponíveis na extensão *Spatial Analyst* do Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS, IDW (*Inverse Distance Weighting*). O interpolador IDW assume que a área de influência de cada amostra diminui com o aumento da distância em relação a outra amostra. Durante a interpolação, a ponderação diminui conforme aumenta a distância entre a amostra e o nó da grade a ser estimado, assim os pontos amostrados, próximos ao nó a ser estimado, recebem peso maior do que os pontos amostrados de localização mais distante. Ao calcular o valor de um nó, a soma de todos os pesos atribuídos aos pontos amostrados vizinhos é igual a 1,0, ou seja, é atribuído um peso proporcional à contribuição de cada ponto vizinho (Landim, 2000) (Tabela 4).

Tabela 4 – Classes de Fragilidade da Variável Pluviosidade.  
*Table 4 – Fragility Classes of the Rainfall Variable.*

| CLASSIFICAÇÃO                                                                                                                                                                                                                                                          | PONTUAÇÃO       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Situação com distribuição regular da precipitação ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ano.                                                                                                                                              | 1 – Muito Fraca |
| Situação com distribuição regular da precipitação ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000mm/ano.                                                                                                                                               | 2 – Fraca       |
| Situação com precipitação anual distribuída desigualmente, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno e com maiores intensidades no verão, entre dezembro e março, com volumes de 1300 a 1600 mm/ano.                                                             | 3 – Médio       |
| Situação com precipitação anual distribuída desigualmente, com períodos secos entre 3 e 6 meses, e grande concentração da precipitação no verão, entre novembro e abril, quando ocorre de 70 a 80% do total de precipitação no ano, com volumes de 1600 a 1800 mm/ano. | 4 – Forte       |
| Comportamentos irregulares da precipitação ao longo do ano, com episódios de alta intensidade de chuva e fracos volumes anuais, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).                                                                                           | 5 – Muito Forte |

Fonte: Ross (2012).

Para o mapa intermediário do uso e ocupação do solo nas áreas das Bacias Hidrográficas de Contribuição da Barragem Juramento, foi utilizada a imagem do Satélite Sentinel 2, sensor MSI (*MultiSpectral Instrument*), datada de 24 de setembro de 2019, com resolução radiométrica de 12 bits e resolução espacial de 10 metros, disponibilizada pelo Portal *Earth Explorer da United States Geological*

*Survey* – USGS e sua análise escolha decorreu sem interferências atmosféricas e não houve a necessidade de elaboração de mosaico de imagens.

A identificação do uso e ocupação do solo ocorreu através da classificação automática não supervisionada pelo algoritmo *Iso Cluster Unsupervised Classification* processada no sistema de informação geográfica ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®).

Este algoritmo executa agrupamentos de dados multivariados de resposta espectral semelhante, que se torna dado de entrada para o classificador, que gera um arquivo raster de classificação. Quanto maior o número de classes definidas, maior será o número de distinção entre as mesmas. O prefixo *Iso* é correspondente a *Iso data* atribuído à seu potencial de auto-organização dos dados em classes. O *Iso cluster* realiza a separação dos pixels em classes, com base na proximidade do padrão do pixel de referência com as bandas de entrada (Faria, 2015).

A Tabela 5 apresenta a classificação do mapa de uso e ocupação do solo, de acordo com os critérios propostos por Ross (1994) e Crepani *et al.*, (2001), e a área relativa ocupada por cada classe de uso observada.

Tabela 5 – Classes de Fragilidade Atribuídos às Classes de Uso e Ocupação do Solo.  
*Table 5 – Fragility Classes Assigned to Land Use and Land Cover Classes.*

| CLASSIFICAÇÃO       | PONTUAÇÃO         |
|---------------------|-------------------|
| Vegetação           | 2 – Baixa         |
| Eucalipto           | 1 – Baixa         |
| Cerrado/Pastagem    | 3 – Moderado/Alto |
| Solo Exposto        | 5 – Muito Forte   |
| Afloramento Rochoso | 5 – Muito Forte   |

Fonte: Ross (2012).

Através da inter-relação entre as variáveis ambientais (relevo, tipo de solo, precipitação e uso do solo), modelos computacionais aplicados ao estudo da fragilidade para fins de ordenamento territorial resultam em mapeamentos temáticos, nos quais a área de estudo é classificada segundo uma escala de fragilidade ambiental (Jain; Goel, 2002).

Portanto, o procedimento para mapeamento da fragilidade ambiental consistiu em uma análise multicriterial que teve como base as metodologias propostas por Ross (1994), Crepani *et al.*, (2001) e Jain e Goel (2002). O método proposto realizou um diagnóstico do ambiente através dos atributos do terreno e suas contribuições nos diferentes graus de fragilidade ambiental (Tabela 6). A partir dos mapas intermediários, reclassificados de acordo com as pontuações atribuídas (intensidade pluviométrica, declividade do terreno, solo e uso/ocupação do solo), realizou-se álgebra de mapas para soma das pontuações e obtenção do mapa de fragilidade.

Tabela 6 – Pontuações e Definição das Classes de Fragilidade.

*Table 6 – Scoring and Definition of Fragility Classes.*

| PONTUAÇÃO/FRAGILIDADE | DESCRIÇÃO DAS CLASSES |
|-----------------------|-----------------------|
| 04                    | Muito Baixa           |
| 05-08                 | Baixa                 |
| 09-12                 | Média                 |
| 13-16                 | Alta                  |
| 17-20                 | Muito Alta            |

Fonte: Ross (2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Hidrografia e Bacias Hidrográficas

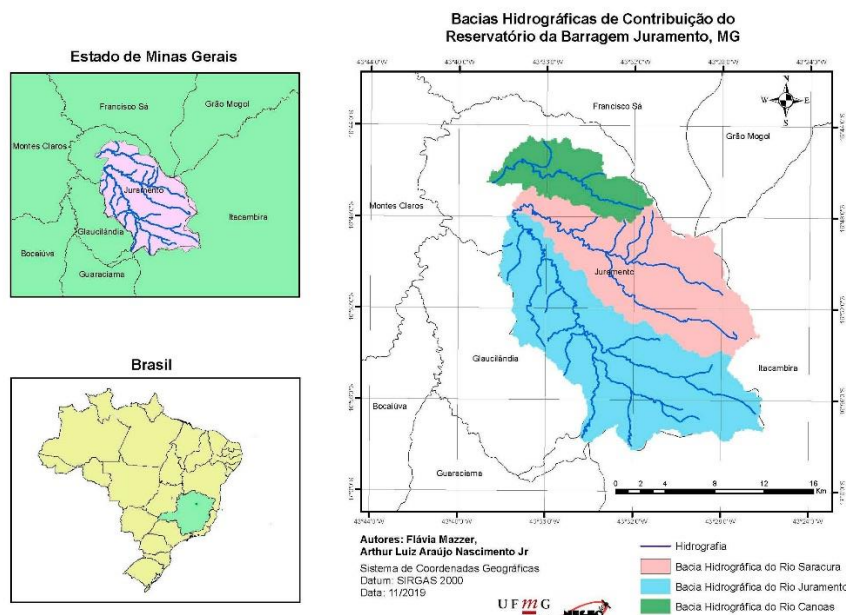
O estudo da hidrografia é fundamental para a identificação dos componentes naturais e antropogênicos envolvidos no fluxo hidráulico. A rede de drenagem foi extraída do Modelo de Elevação Digital do Terreno (MDE).

As Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento são constituídas pela Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, com área de 45,89Km<sup>2</sup>, Bacia Hidrográfica do Rio Juramento, área de 169,97 km<sup>2</sup> e a Bacia Hidrográfica do Rio Saracura com uma área de 122,69Km<sup>2</sup>, totalizando 352,28 km<sup>2</sup> (Figura 2).

As Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande que abrange 35 municípios, sendo 8 na Bahia e 27 em Minas Gerais. Desse total, 26 municípios têm sua sede localizada na Bacia, destacando-se Montes Claros, Jaíba e Janaúba na porção mineira, e Sebastião Laranjeiras e Urandi, na baiana. O Rio Verde Grande tem como principais afluentes os rios situados na margem direita: o Rio Gorutuba (área de drenagem de 9.848 km<sup>2</sup>), que é de domínio estadual (Minas Gerais), e o Rio Verde Pequeno (área de drenagem de 2.715 km<sup>2</sup>), que forma a divisa estadual entre Minas Gerais e Bahia, constituindo, também, um rio de domínio federal (Landau; Guimarães, 2025).

O planejamento consciente do uso dos recursos hídricos deve ser de forma a considerar os múltiplos usos, respeitando as premissas da gestão global, de forma racional, no manejo integrado de bacias hidrográficas, com o objetivo de promover desenvolvimento econômico e social para as respectivas regiões, respeitando-se as características que lhe são peculiares (Rodrigues, 2013).

Figura 2 – Localização do Reservatório da Barragem Juramento, Estado de Minas Gerais.  
*Figure 2 – Hydrographic Map and Contributing Hydrographic Basins of the Juramento Dam Reservoir, State of Minas Gerais.*



Fonte: Os autores.

## Solos

Nos dados observados de Solos nota-se que nas Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento apresenta:

- CXbd5 - CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico A moderado, textura arenosa, cascalhento; fase cerrado, relevo forte ondulado.
- LVAd2 – LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico A moderado, textura argilosa; fase cerrado, relevo plano e suave ondulado.
- PVA d3 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado, textura média/argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico e léptico A moderado, textura siltosa/argilosa, pedregoso e não pedregoso.
- RLd4 – NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A fraco/moderado + AFLORAMENTO ROCHOSO; ambos fase cerrado e caatinga hipoxerófila, relevo ondulado e forte ondulado e montanhoso.
- RLe2 – NEOSSOLO LITÓLICO eutrófico chernossólico e típico, textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico típico A moderado/chernossólico textura média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico típico A moderado/chernossólico textura média/argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO eutrófico típico A moderado/chernossólico textura siltosa/argilosa; todos fase floresta caducifólia, relevo suave ondulado e ondulado e forte ondulado.

Com base na Tabela 7, observa-se que a área de estudo possui aproximadamente 48% da classe de solos Neossolo, localizados na porção central, seguidos dos Latossolos na porção da cabeceira da área de estudo.

Tabela 7 – Unidades de Solos das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento.  
**Table 7 – Soil Units of the Hydrographic Basins Contributing to the Juramento Dam Reservoir, State of Minas Gerais.**

| SEQUÊNCIA         | TIPOS DE SOLOS             | ÁREA (Km²)    | %            |
|-------------------|----------------------------|---------------|--------------|
| CXbd5             | Cambissolo Háplico         | 0,704         | 0,20         |
| LVAAd2            | Latossolo Vermelho         | 129,46        | 37,82        |
| PVAd3             | Argissolo Vermelho-Amarelo | 45,12         | 13,18        |
| RLd4              | Neossolo Litólico          | 71,50         | 20,89        |
| RLe2              | Neossolo Litólico          | 95,43         | 27,88        |
| <b>ÁREA TOTAL</b> |                            | <b>342,24</b> | <b>100,0</b> |

Fonte: Os autores.

## Declividade

A declividade é uma característica que infere no deslocamento de partículas do solo e, portanto, a intensidade do processo erosivo (Rodrigues, 2013).

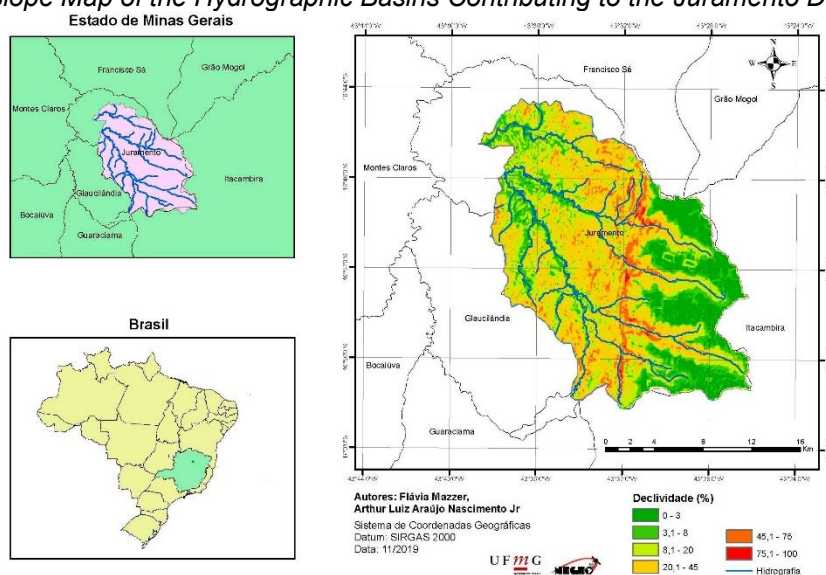
Na área das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório do Rio Juramento, Estado de Minas Gerais tem predominância a classe de relevo suave e moderadamente ondulado, superfície de topografia pouco movimentada, declives suaves, variando de 3 a 20% (Figura 3), de acordo com a classificação EMBRAPA (1999), corroborando com os dados encontrados por De Oliveira *et al.*, (2016) na mesma área de estudo, em que a declividade correspondeu ao ondulado (8–20%), representando 32,71% da área total.

As áreas com declividades intermediárias, entre 8,1–20% e 20,1–45%, aparecem de forma significativa nas porções centrais e leste da bacia. Nessas regiões, a combinação entre relevo mais acidentado, precipitações mais elevadas e uso inadequado do solo aumenta consideravelmente a vulnerabilidade ambiental. O escoamento superficial tende a ser mais intenso, favorecendo erosão laminar, formação de ravinas, transporte de sedimentos e assoreamento dos cursos d'água e do reservatório.

A declividade média de uma bacia hidrográfica é relevante no planejamento, tanto para com o cumprimento da legislação ambiental, quanto para garantir a eficiência das intervenções do homem no meio e influenciando na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo. Esse fator esta relacionado com a mensuração da susceptibilidade à erosão dos solos (Tonello *et al.*, 2006).

Feltran Filho e Lima (2007) e Dinesh (2008) relataram que a declividade influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia em razão, principalmente, da maior velocidade de escoamento superficial das águas das chuvas. Assim, os valores denotam densidade de canais, com mananciais geradores de água a montante, local de maior declividade e, portanto, região necessária da aplicação de melhores práticas conservacionistas.

Figura 3 – Mapa de Declividade das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento.  
*Figure 3 – Slope Map of the Hydrographic Basins Contributing to the Juramento Dam Reservoir.*



Fonte: Os autores.

### Hipsometria

As Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento, Estado de Minas Gerais possui amplitude altimétrica de 617 metros, sendo seu ponto de menor altitude localizado nas fozes dos Rios Juramento, Canoas e Saracura e o ponto de maior altitude situado a nas regiões das nascentes, áreas com uso do Eucalipto. Variações bruscas nas altitudes podem ser constadas na área de estudo, 645 metros com máxima de 1262 metros, áreas fortemente montanhosa ou escarpada, característica típica do relevo da Serra do Espinhaço, presente na área de estudo.

Pode ser observado, de acordo com os dados hipsométricos que aproximadamente 38% da área de estudo encontra-se no intervalo 645-800 metros de altitude.

De acordo com Castro e Lopes (2001), a altitude média influencia a quantidade de radiação que ela recebe fato que influencia na evapotranspiração, temperatura e precipitação. Quanto maior a altitude da bacia, menor a quantidade de energia solar que o ambiente recebe e, portanto, menos energia estará disponível para esse fenômeno.

### Precipitação

Os valores de precipitação variam aproximadamente entre 536 mm e 590 mm anuais, demonstrando um gradiente espacial de aumento das chuvas no sentido norte-sul da bacia hidrográfica. Essa distribuição pode estar associada às características do relevo, à dinâmica atmosférica regional e à influência da altitude sobre os processos de formação das chuvas.

As Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento, Estado de Minas Gerais possui amplitude pluviométrica de 894 a 902 mm, sendo seu ponto de menor precipitação no início do Reservatório da Barragem, nas fozes dos Rios Juramento, Canoas e Saracura e o ponto de maior precipitação, 902 mm

nas regiões das nascentes, áreas com uso do Eucalipto. Pode ser observado, de acordo com os dados que aproximadamente 37% da área de estudo possui precipitação de 900 mm como média anual (Figura 4).

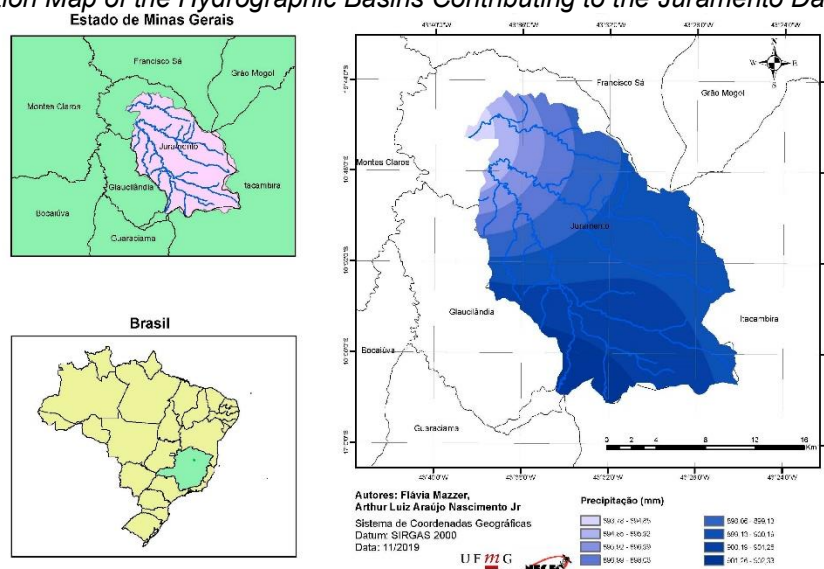
As áreas com maiores índices pluviométricos possuem papel fundamental na recarga hídrica e na manutenção do volume do reservatório, contribuindo diretamente para a disponibilidade hídrica regional. Entretanto, quando associadas a usos inadequados do solo, especialmente em áreas com solo exposto e baixa cobertura vegetal, essas regiões tornam-se mais suscetíveis a processos erosivos, transporte de sedimentos e assoreamento da barragem.

Observa-se ainda que as áreas com maiores índices pluviométricos se concentram justamente em áreas com declividades mais elevadas. Essa relação potencializa os processos hidrológicos e geomorfológicos, tornando essas áreas prioritárias para ações de conservação ambiental, recuperação vegetal e manejo sustentável do solo.

As classes de maior declividade, acima de 45%, embora menos extensas, representam áreas ambientalmente mais frágeis. Essas regiões coincidem, em parte, com setores de maior precipitação identificados no mapa pluviométrico, indicando elevada suscetibilidade à degradação ambiental quando ocorre remoção da vegetação natural. A presença reduzida de cobertura vegetal nativa na bacia, representada por apenas 6,21% de Vegetação e 7,13% de Campo Rupestre, reforça esse cenário de fragilidade.

Por outro lado, as áreas com menores índices de precipitação podem apresentar maior vulnerabilidade hídrica, sobretudo em períodos de estiagem prolongada, o que reforça a importância do planejamento ambiental e da conservação dos recursos naturais nas bacias contribuintes.

Figura 4 – Mapa de Precipitação das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento.  
*Figure 4 – Precipitation Map of the Hydrographic Basins Contributing to the Juramento Dam Reservoir.*



Fonte: Os autores.

## Uso e Ocupação do Solo

As Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento, Estado de Minas Gerais, possui 58,42 km<sup>2</sup> (17,01%) da área sendo utilizado com Eucalipto. A classe de solos expostos, apresentou para o ano de 2019, aproximadamente 50% da área de estudo. Ressalta-se que a ocupação com solo exposto, pode estar representando diferentes cenários, tais como: solo exposto em operações de preparo, cultivo e/ou pastagem em processo deletério ou mesmo áreas degradadas em diferentes estágios de erosão. Pode ser observado, que Cerrado e Pastagem utilizam aproximadamente 20% da área de contribuição do Reservatório Juramento. Justifica-se a junção dos 2 (dois) usos, pelo fato da imagem e metodologia utilizadas não conseguir separá-los adequadamente.

O Cerrado está predominantemente localizado no Planalto Central brasileiro e constitui o segundo maior bioma do país em extensão territorial, abrangendo uma área inferior apenas à Floresta Amazônica. Caracterizado por elevada diversidade ambiental e biológica, o bioma apresenta diferentes tipos fitofisionômicos, cuja classificação baseia-se principalmente em aspectos fisionômicos e estruturais da vegetação, considerando a forma de crescimento das espécies dominantes, a organização dos estratos vegetais e as variações sazonais que influenciam sua dinâmica (Ribeiro; Walter, 2008).

Posteriormente, consideram-se aspectos do ambiente (fatores edáficos) e da composição florística. No caso de tipos fitofisionômicos em que há subtipos, o ambiente e a composição florística, nesta ordem, são os critérios de separação. São descritos 11 tipos principais de vegetação para o Bioma, enquadrados em formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre) (Ribeiro; Walter, 2008).

Neste mapeamento foi utilizado o Campo rupestre, ocupando uma área de 24,40Km<sup>2</sup>, que é um tipo fitofisionômico predominantemente herbáceo - arbustivo, com a presença eventual de arvoretas pouco desenvolvidas de até dois metros de altura. Abrange um complexo de vegetação que agrupa paisagens em micro-relevos com espécies típicas, ocupando trechos de afloramentos rochosos. Geralmente ocorre em altitudes superiores a 900 metros, ocasionalmente a partir de 700 metros, em áreas onde há ventos constantes e variações extremas de temperatura, com dias quentes e noites frias. Esta fitofisionomia ocorre geralmente em Neossolos Litólicos ou nas frestas dos afloramentos (Ribeiro; Walter, 2008).

De forma geral, os resultados evidenciam uma paisagem fortemente antropizada, caracterizada pela expressiva presença de solo exposto e pela redução da vegetação natural. Esse contexto reforça a necessidade de implementação de práticas de manejo e conservação ambiental, especialmente em áreas mais suscetíveis à fragilidade ambiental, visando minimizar processos erosivos, preservar os recursos hídricos e promover maior sustentabilidade no entorno do Reservatório Juramento.

De acordo com De Oliveira *et al.*, (2016), a análise da dinâmica de uso e ocupação do solo na área de drenagem do Reservatório do Rio Juramento evidenciou redução significativa das áreas de Cerrado, principalmente em função da expansão das áreas destinadas ao cultivo de eucalipto e à atividade pecuária extensiva. Os autores destacam, entretanto, um aumento da cobertura vegetal no entorno da barragem, atribuído às ações de conservação e recuperação ambiental promovidas pela concessionária responsável pelo abastecimento de água e esgotamento sanitário do Estado de Minas Gerais. Entre as medidas adotadas, destacam-se a restrição de acesso às áreas de proteção do reservatório e a implementação de ações de revegetação com espécies nativas. Essas intervenções apresentam relevância estratégica, considerando que a área de estudo corresponde à bacia de drenagem do principal reservatório responsável pelo abastecimento hídrico de Montes Claros, município de maior importância econômica e populacional do Norte de Minas Gerais.

De forma geral, a integração entre declividade, precipitação e uso e ocupação do solo evidencia uma bacia hidrográfica com forte influência antrópica e elevada suscetibilidade a processos erosivos. Esses resultados reforçam a importância do planejamento ambiental integrado e da adoção de práticas conservacionistas, especialmente nas áreas de maior declividade e maior concentração de chuvas, visando minimizar impactos ambientais e garantir a sustentabilidade hídrica do Reservatório Juramento.

Tabela 8 – Uso e Ocupação do Solo das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento.  
*Table 8 – Land Use and Occupation in the Hydrographic Basins Contributing to the Juramento Dam Reservoir.*

| USO E OCUPAÇÃO DO SOLO | ÁREA (km <sup>2</sup> ) | %     |
|------------------------|-------------------------|-------|
| Eucalipto              | 58,42                   | 17,07 |
| Campo Rupestre         | 24,40                   | 7,13  |
| Solo Exposto           | 170,18                  | 49,72 |
| Cerrado/Pastagem       | 67,96                   | 19,85 |
| Vegetação              | 21,26                   | 6,21  |
| TOTAL                  | 342,23                  | 100   |

Fonte: Os autores.

### Fragilidade Ambiental

A partir da interpretação de mapas temáticos intermediários foram definidos critérios para a classificação e a hierarquização do grau de fragilidade ambiental, de acordo com a vulnerabilidade de cada área a sofrer processos de degradação do solo por erosão.

De acordo com os dados gerados e a sobreposição dos mapas intermediários, a fragilidade ambiental da área em estudo, pode-se concluir que 82,15% da área das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório da Barragem Juramento, obteve classificação Ligeira a Moderada, indicando média ocorrência de processos erosivos, considerando-se as características topográficas e naturais, assim como as intervenções antrópicas no meio ambiente (Tabela 9, Figura 5). Essa condição está diretamente relacionada à combinação entre o tipo de solo (Latosolo), o grau de declividade (suave – ondulado) e o uso atual do solo (silvicultura – eucalipto).

O produto das interações observadas entre a; topografia (hipsometria e declividade), precipitação média anual dos últimos 20 anos, o uso e ocupação do solo e as características morfológicas dos solos

encontrados na área; pode contribuir para o equilíbrio ambiental da região, trazendo benefícios econômicos e ecológicos.

Tabela 9 – Fragilidade Ambiental das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento.  
*Table 9 – Environmental Fragility of the Watersheds Contributing to the Juramento Dam Reservoir, State of Minas Gerais.*

| FRAGILIDADE AMBIENTAL | ÁREA (km <sup>2</sup> ) | %     |
|-----------------------|-------------------------|-------|
| Ligeira               | 75,75                   | 24,19 |
| Ligeira a Moderada    | 88,70                   | 28,32 |
| Moderada              | 92,84                   | 29,64 |
| Moderada a Alta       | 51,65                   | 16,49 |
| Alta                  | 3,33                    | 1,06  |
| Muito Alta            | 0,84                    | 0,27  |
| Extremamente Alta     | 0,04                    | 0,01  |
| TOTAL                 | 342,23                  | 100   |

Fonte: Os autores.

Na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ, o mapeamento da fragilidade ambiental são capazes de contribuir para a gestão de bacias hidrográficas através da representação do potencial natural para erodibilidade, uso agrícola e florestal e ainda conclui que o aprimoramento dessas ferramentas possibilita um diagnóstico cada vez mais eficiente da fragilidade dos ambientes, através do zoneamento das áreas de expansão urbana e recuperação/preservação de áreas prioritárias (Valle *et al.*, 2016).

Estudos realizados por De Lima Faria e Pisani (2025) evidenciaram, entre os principais resultados, o aumento das concentrações de áreas com maior fragilidade ambiental, especialmente em locais caracterizados pela redução da cobertura vegetal natural, expansão das atividades agrícolas e intensificação das interferências antrópicas sobre o meio ambiente.

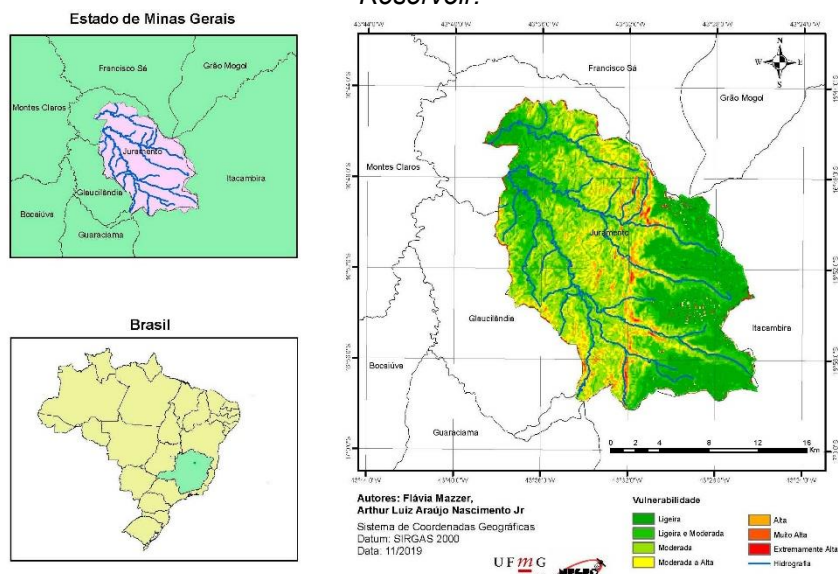
Além disso, esses resultados não ficam restritos ao campo da pesquisa, pois oferecem suporte direto à elaboração de políticas públicas e planos diretores municipais. Ao destacar os setores mais vulneráveis, o estudo desenvolvido por Cavalcante *et al.*, (2026) evidencia as áreas onde os esforços de conservação ambiental e redução de riscos devem ser priorizados.

Nesse contexto, a integração dessas informações à gestão territorial contribui para a diminuição da fragilidade e da vulnerabilidade da bacia hidrográfica, tornando o planejamento mais compatível com a realidade vivenciada pelas comunidades locais.

Assim, o mapeamento da fragilidade ambiental ultrapassa o âmbito teórico e passa a constituir uma ferramenta prática de apoio ao Comitê de Bacia Hidrográfica e aos gestores públicos municipais. A identificação das áreas críticas e a compreensão de sua relação com os diferentes usos e ocupações do solo possibilitam intervenções mais eficientes, capazes de conciliar produção, conservação ambiental e qualidade de vida no contexto da bacia hidrográfica.

Figura 5 – Mapa de Fragilidade Ambiental das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento.

Figure 5 – Environmental Fragility Map of the Hydrographic Basins Contributing to the Juramento Dam Reservoir.



Fonte: Os autores.

## CONCLUSÃO

As Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento são constituídas pela Bacia Hidrográfica do Rio Canoas, com área de 45,89Km<sup>2</sup>, Bacia Hidrográfica do Rio Juramento, área de 169,97 km<sup>2</sup> e a Bacia Hidrográfica do Rio Saracura com uma área de 122,69 km<sup>2</sup>, totalizando 352,28 km<sup>2</sup>.

Na área das Bacias Hidrográficas de Contribuição do Reservatório Juramento, Estado de Minas Gerais tem predominância a classe de relevo suave e moderadamente ondulado, superfície de topografia pouco movimentada, declives suaves, variando de 3 a 20% e 38% da área de estudo encontra-se no intervalo 645-800 metros de altitude.

Em relação à análise da fragilidade da área em estudo, pode-se concluir que 82,15% da área da bacia Hidrográficas de Contribuição do Reservatório da Barragem Juramento MG, foi enquadrada na classe de fragilidade ligeira a moderada. Isso indica média ocorrência de processos erosivos, considerando-se as características topográficas e naturais, assim como as intervenções antrópicas no meio ambiente.

A área de estudo representa grande importância para o abastecimento de recursos hídricos de uma das maiores cidades do Estado de Minas Gerais, Montes Claros, portanto, recomenda-se estudos para monitorar os impactos da silvicultura na área de montante do sistema, haja vista que foi verificado, onde se localizam as nascentes, estão ocupadas pelo cultivo de eucalipto e que auxilie na gestão, planejamento territorial, orientação e tomada de decisão por parte dos entes públicos e da sociedade civil da área de estudo.

**REFERÊNCIAS**

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio verde grande**. Brasília: CEDOC/Biblioteca, 2013. Disponível: [http://arquivos.ana.gov.br/servicos/planejamento/planoderecursos/20150902\\_PRH\\_Verde\\_Grande.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/servicos/planejamento/planoderecursos/20150902_PRH_Verde_Grande.pdf). Acesso: 01 nov. 2025.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco, Sub-projeto 4.2A – Avaliação de mecanismos financeiros para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos da sub-bacia do rio Verde Grande**. Brasília: ANA/GEF/PNUMA/ OEA, 2002. 81p.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Creating continuous surfaces from point data: principles of geographic information systems**. Oxford: University Press, 1998.
- CASTRO, P.; LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84p.
- CAVALCANTE, A. E. D. Q. M.; GRIGIO, A. M.; DIODATO, M. A.; DAMASIO, W. M. B.; DE ARAUJO DANTAS, L. B.. Mapeamento da Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. **Revista Tamoios**, v. 22, n. 1, 2026.
- COPASA – COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. **Gerenciamento Geral de Serviços Técnicos e Correlatos para Implantação e Operação da Barragem de Regularização e Captação do Rio Juramento**. Belo Horizonte: Copasa, 1983.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE. 2001. 103 p.
- DABÉS, M. B. G. S.; SANTOS, G. B.; RATTON, T. F.; MEDEIROS, G. R. Estudo da ictiofauna na barragem do rio Juramento, Juramento/MG - Brasil. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 1, p. 105-116, 2001.
- DE LIMA FARIA, M. V.; PISANI, R. J.. Séries Temporais Aplicadas às Dinâmicas de Fragilidade Ambiental do Município de Brazópolis-MG. **Geofronter**, v. 11, p. e8766-e8766, 2025.
- DE OLIVEIRA, W. F.; SÁ, R. A.; LEITE, M. E.. Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo na Área de Drenagem do Reservatório de Abastecimento do Sistema Juramento/Mg. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 57, p. 92-106. 2016.
- DINESH, S. Computation and characterization of basic morphometric measures of catchments extracted from digital elevation models. **Journal of Applied Sciences Research**, n. 4, v. 11, p. 1488-1495, 2008.
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- ESRI – ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS Professional GIS for the desktop, versão 10.1**. [S. l.]: ESRI, 2012.
- FARIA, R. M. **Classificação Temporal de Imagens Landsat 8 para o Monitoramento das Mudanças do Uso da Terra**. 2015. 52f. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.
- FELTRAN FILHO, A.; LIMA, E. F. Considerações morfométricas da bacia do Rio Uberabinha - Minas Gerais. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 1, p. 65-80, 2007.

FREITAS, M. M. **Caracterização da Zona Ripária e Alteração do Uso e Ocupação do Solo de um Reservatório no Semiárido Tropical**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

IBGE - INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartas topográficas**. Rio de Janeiro: IBGE, 1971.

JAIN, S. K.; GOEL, M. K. Assessing the vulnerability to soil erosion of the Ukai Dam catchments using remote sensing and GIS. **Hydrological Sciences Journal**, v. 47, n. 1, p. 31-40, 2002.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais [...]** São José dos Campos: INPE, 2005.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P. **Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande: caracterização ambiental, demográfica, agrária e socioeconômica**. Brasília, DF: Embrapa, 2025. 162 p. Disponível em: Embrapa – publicação completa. Acesso em: 5 jan. 2026.

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. Rio Claro: DGA, IGCE, UNESP, 2000. Laboratório de Geomatemática, Texto Didático 02, 20 p.

MIRANDA, E. E. de (Coord.). **Brasil em relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 23 maio 2019.

MOREIRA, T. R. *et al.* Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no Município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 141-152, 2015.

OYAMA, M. D.; NOBRE, C. A. A simple potential vegetation model for coupling with the simple biosphere model (SIB). **Rev. Bras. Meteorol.**, v 1, n. 2, p. 203-216, 2004.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora** v. 2. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 2008. 876 p.

RODRIGUES, F. M. **Caracterização Ambiental Da Bacia Hidrográfica Do Córrego Rico, Jaboticabal - SP**. 2013. 97f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do DG-USP**, n. 8, 1994.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. 88p.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. **Revista do DG-USP**, p. 38-51, 2012.

SANTOS, B. V. **Mapeamento do uso e ocupação do solo entre 1995 e 2015 no município de Goianésia, Goiás**. 2018. 27f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade Evangélica de Goianésia, Goiás, 2018.

SANTOS, L. J. C.; FIORI, C. O.; CANALLI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T. da; SILVA, J. M. F. da. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. In: **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4, p. 812-820, 2007.

SERVIÇO DE SANEAMENTO BÁSICO - SAAE. **Curiosidade sobre a água**. [S. l.]: SAAE, 2012.

SIAM. Sistema Integrado de Informação Ambiental, 2016. Disponível: <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/gueb/geosisemanet/versao2/>. Acesso: 19 out. 2025.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. D.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. (Série recursos naturais e meio ambiente).

VALLE, I. C., FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K.. Mapeamento da fragilidade ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 295-308, 2016.

WIVALDO, J. N. S.; MOREIRA, E. O.; SILVA, J. J. C.. Políticas públicas e gestão ambiental para conservação dos recursos hídricos: Reflexões sobre a crise hídrica em Minas Gerais. **Agenda Política**, v. 6, n. 3, p. 54-66, 2018.