



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Agrárias
Campus Regional Montes Claros

ICA
INSTITUTO DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AGRONOMIA

**POTENCIALIDADES E USOS NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO ARAÇUAÍ, MINAS GERAIS.**

ISABELA SALDANHA CHINA



Isabela Saldanha China

**POTENCIALIDADES E USOS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ARAÇUAÍ, MINAS GERAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Flavia Mazzer Rodrigues

Montes Claros
Instituto de Ciências Agrárias – UFMG 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ICA - COLEGIADO DE AGRONOMIA

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA/TCC

Aos 23 dias do mês de agosto de 2024, às 15 h 00 min, o/a estudante Isabela Saldanha China, matrícula 2019001700, defendeu o Trabalho intitulado "Potencialidades e Usos na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, Minas Gerais." tendo obtido a média (92,00) noventa e dois.

Participaram da banca examinadora os abaixo indicados, que, por nada mais terem a declarar, assinam eletronicamente a presente ata.

Nota: 92,00 (noventa e dois)

Orientador(a): Prof^ª Dr^ª Flavia Mazzer Rodrigues

Nota: 92,00 (noventa e dois)

Examinador(a): Prof. Dr. Flavio Pimenta de Figueiredo (ICA/UFMG)

Nota: 92,00 (noventa e dois)

Examinador(a): Prof^ª Dr^ª Izabela Aparecida da Silva Mendes (Geógrafa)



Documento assinado eletronicamente por **Flavia Mazzer Rodrigues da Silva, Professora do Magistério Superior**, em 26/08/2024, às 11:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Izabela Aparecida Da Silva Mendes, Usuário Externo**, em 26/08/2024, às 14:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flavio Pimenta de Figueiredo, Professor do Magistério Superior**, em 27/08/2024, às 11:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 3493023 e o código CRC 27641F69.

A Jesus, por ter me concedido a fé.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todo o amor e misericórdia, que me conduziram até aqui, não permitindo que eu desistisse. Agradeço aos meus pais, Isabel e Valdevino, pelos valores transmitidos, que me ajudaram a tomar as decisões corretas ao longo da minha vida. Aos meus irmãos, Diego e Henrique, que me ensinaram a lutar pelos meus sonhos.

Às minhas amigas Thais e Josilaine, que começaram como colegas de apartamento e se tornaram amigas para a vida, obrigada por tornarem os meus dias mais leves com suas boas risadas.

À minha orientadora, Prof^ª. Dr^ª. Flávia Mazzer, sou imensamente grata por todo o apoio e incentivo na realização deste trabalho.

Ao Crea Jr-MG, minha gratidão por abrir as primeiras portas, proporcionando-me a experiência e a confiança necessárias para o mercado de trabalho.

Por fim, à Fundação Universitária Mendes Pimentel, que foi um verdadeiro suporte durante os cinco anos de graduação. Serei sempre grata.

“Porque dele, e por ele, e para ele são todas as coisas”

(Romanos 11:36)

RESUMO

As bacias hidrográficas são unidades de planejamento fundamentais para conservação dos recursos naturais, entender sua complexidade apoia o desenvolvimento sustentável. Para isto, o Potencial de Uso Conservacionista (PUC), é uma proposta de zoneamento que tem como técnica a estimativa de dados utilizando ponderações e álgebra de mapas, permitindo a análise integrada e espacial das bacias hidrográficas com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas. Portanto, o trabalho tem como objetivo identificar e analisar a relação do Potencial do Uso Conservacionista e o Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, Estado de Minas Gerais embasado em um estudo integrado e com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). De acordo com os dados obtidos o PUC Médio é o de maior expressão, em área, e estão associadas, na maioria, a relevo forte ondulado e de solos pouco desenvolvidos pedogeneticamente, principalmente a classe dos Cambissolos. As classes do PUC Alto e Muito alto possuem aproximadamente 36,27% da área total, e apresentam predominância do relevo suave ondulado e moderadamente ondulado que favorecem ao maior tempo de concentração da água no solo, viabilizando a infiltração da água, e consequentemente maior recarga hídrica. A Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí apontou uma extensa área de floresta presente na classificação PUC Muito baixo e um aumento expressivo das áreas com uso de Pastagem, Silvicultura e Café. Por fim, observa-se a análise integrada da área em conjunto com a iniciativa de organização e planejamento de estratégias são extremamente benéficos como subsídio à tomada de decisões para uma adequação do uso do solo e preservação dos recursos naturais em harmonia com a lucratividade das atividades econômicas.

Palavras-chave: Uso do Solo. Unidade de Planejamento. Manejo Sustentável. Sistema de Informação Geográfica.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Unidades de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha, MG.....	19
Figura 2: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	25
Figura 3: Biomas da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	39
Figura 4: Climas da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	40
Figura 5: Hidrografia da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	42
Figura 6: Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	44
Figura 7: Reclassificação da Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	46
Figura 8: Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	48
Figura 9: Reclassificação dos Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, Minas Gerais....	49
Figura 10: Litologias da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	53
Figura 11: Reclassificação das Litologias da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	54
Figura 12: Potencial de Uso Conservacionista para a Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	56
Figura 13: Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Municípios e áreas ocupadas na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	26
Tabela 2: Pesos atribuídos às classes de declividade.....	32
Tabela 3: Pesos atribuídos às classes de litologia.....	33
Tabela 4: Pesos atribuídos às classes de solo.....	34
Tabela 5: Intervalos de abrangência e cores das classes para representação do PUC.....	35
Tabela 6: Classes do Uso e Ocupação do Solo, de acordo com o Projeto MapBiomias.....	37
Tabela 7: Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	43
Tabela 8: Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	47
Tabela 9: Litologia da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	51
Tabela 10: Intervalos de abrangência e cores das classes para representação do PUC.....	55
Tabela 11: Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	58
Tabela 12: Matriz de Potencial de Uso Conservacionista da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS

APP	–	Área de Preservação Permanente
BHRJ	–	Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha
IBGE	–	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA	–	Instituto de Ciências Agrárias
IGC	–	Instituto de Geociências
INPE	–	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	–	Modelo Digital de Elevação
PUC	–	Potencial de Uso Conservacionista
SdEM	–	Serra do Espinhaço Meridional
SIG	–	Sistema de Informação Geográfica
UFMG	–	Universidade Federal de Minas Gerais
UPH	–	Unidade de Planejamento Hídrico
ZAP	–	Zoneamento Ambiental e Produtivo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Bacias Hidrográficas	13
2.2 Uso e Ocupação do Solo e as Geotecnologias	15
2.3 Breve Histórico da Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha	17
2.4 Potencial de Uso Conservacionista - PUC	20
2.5 Projeto MapBiomias	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Caracterização da Área de Estudo	24
3.2 Coleta e Análise dos Dados	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Caracterização do Bioma e Clima da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí	38
4.2 Mapeamento de Hidrografia	41
4.3 Potencial de Uso Conservacionista (PUC)	43
4.4 Mapa de Uso e Ocupação do Solo	57
4.5 Uso e Ocupação do Solo x Potencial de Uso Conservacionista	61
5. CONCLUSÃO	65
6.REFERÊNCIAS	66

1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são consideradas unidades territoriais de planejamento quando abrangem suas características em referências de gestão e tomada de decisão (Mendes, 2022). Essa organização espacial pode vir a ultrapassar limites territoriais, alterando o domínio político de gestão. Dessa forma, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997), preconiza que o planejamento territorial viesse a ser efetuado no âmbito das bacias hidrográficas, com o propósito de exercer uma gestão conjunta, que dissolve com os limites políticos dos territórios e tornasse as áreas das bacias ajustadas com seus respectivos usos, protegendo-as contra a intensificação da degradação (Costa *et al.*, 2019).

Complementarmente, o monitoramento, gerenciamento e conservação dos recursos naturais, o uso de geotecnologias apresenta-se como uma alternativa viável para melhor compreensão e gestão do espaço. Além da redução de tempo e custos, os dados e informações espaciais podem fornecer informações mais precisas e confiáveis, favorecendo na elaboração de planejamentos ambientais estratégicos (Mendes, 2022).

Neste contexto, evidenciando o solo que é um recurso finito e propende a perder estruturação devido às ações de agentes erosivos, como nos processos eólicos, hídricos e no impacto gerado pela atividade agrícola, resultando na diminuição das terras cultiváveis no planeta, torna-se necessário revisar o método de produção nos campos agrícolas (FAO e ITPS, 2015).

Dessa forma, é importante obter conhecimento dos meios físicos para disciplinar o uso do solo, já que zoneamentos territoriais são instrumentos que permitem a compatibilização do desenvolvimento econômico com a proteção ambiental contribuindo para a gestão do território (Seyedmohammadi *et al.*, 2019).

Além do mais, a *Food and Agriculture Organization of the United Nations e o Intergovernmental Technical Panel on Soils – FAO/ITPS*, (2015), corrobora que é necessário analisar como os solos irão reagir às mudanças climáticas, visto que desempenham um papel fundamental na regulação de processos físicos no solo, como o fluxo e a transferência de massa e energia entre a atmosfera, a biosfera, a hidrosfera e a litosfera. A FAO e ITPS (2015) também destacam que a produção agrícola precisará ser impulsionada, uma vez que as projeções indicam que haverá aproximadamente 9,6 bilhões de seres humanos no planeta Terra em 2050, impactando diretamente na extração de recursos.

Sendo assim, o aumento populacional associado à produção agrícola exigirá mudanças no uso do solo pela agricultura, tendo em vista a segurança alimentar como uma das

principais preocupações inseridas na agenda global. Para tanto, o manejo conservacionista surge como uma resposta a essa necessidade, visando proporcionar um manuseio correto do solo com o mínimo de perdas possíveis, gerando uma agricultura sustentável que visa a manutenção do meio e conseqüentemente, a intensificação das atividades produtivas (Gonçalves, 2018).

Desde 2014, o Estado de Minas Gerais utiliza o Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) de Bacias Hidrográficas para adequar socioeconomicamente e ambientalmente estas áreas. No entanto, essa análise exige conhecimento técnico e possui etapas que precisam ser realizadas manualmente, o que permite interpretações subjetivas e de difícil replicabilidade (Costa *et al.*, 2017). Para minimizar essa subjetividade e permitir um uso mais eficaz do ZAP, foi desenvolvido o Potencial de Uso Conservacionista (PUC), método alternativo que possibilita estimar dados por meio de ponderações e álgebra de mapas, a fim de realizar análise espacial da bacia hidrográfica, indicando as áreas que possuem estruturas que possibilitam a atividade conservacionista. Dessa forma, o PUC viabiliza a classificação e segmentação, considerando locais com potenciais hídricos e resistência à erosão (Costa *et al.*, 2019). De certa maneira, a gestão integrada dos recursos hídricos tem impacto direto em melhorias, sejam econômicas ou sociais, uma vez que viabiliza a coordenação do solo e da água, visando a sustentabilidade (Maciel, 2021).

Em trabalho realizado por Costa *et al.*, (2019), observou-se que o Potencial de Uso Conservacionista (PUC) da Bacia Hidrográfica do Córrego Guavirá, Estado do Paraná, apresentou classe Muito Alto em aproximadamente 81% da área total de estudo, demonstrando que a bacia apresenta boas condições para recarga hídrica, uso agropecuário e resistência a processos erosivos. No entanto, ao relacionar os resultados do PUC com o uso e ocupação atual do solo, verificaram-se que parte do alto potencial da bacia não tem sido aproveitado devido a inadequada gestão dos recursos naturais e ausência de estratégias eficazes.

Neste cenário, em referência a região mineira da Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha, além de ser extremamente importante em termos ambientais, sociais e econômicos, é também palco de diversos conflitos e pressões ambientais (Carvalho, 2020).

De acordo com Pereira, Almeida e Leite (2003) os principais problemas ambientais, sobretudo no município de Araçuaí, tiveram origem com a intensa atividade antrópica, tendo como exemplos o desmatamento, as carvoarias e florestamento com espécies exóticas, além do mau gerenciamento dos solos, que conduz a uma erosão acelerada, com a formação de ravinas e voçorocas. Os autores também observaram que na área que abrange o Ribeirão

Calhauzinho, afluente do Rio Araçuaí e próximo a foz no Rio Jequitinhonha, houveram focos de erosão linear e laminar, e nas proximidades da barragem, construída para perenizar o rio, os solos encontravam-se expostos e bastante degradados pela agricultura irrigada e pela pecuária.

Portanto, a realização de estudos que abordem os aspectos de alterações temporais no uso e ocupação do solo possibilitam a análise integrada e estratégias de manejo sustentáveis, fundamentais para subsidiar a gestão com políticas públicas na área (Carvalho, 2020).

Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho é identificar e analisar a relação do Potencial do Uso Conservacionista e o Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, Estado de Minas Gerais embasado em um estudo integrado e com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), com a finalidade de subsidiar a tomada de decisões e orientar o planejamento e execução de estratégias adequadas ao poder público na gestão do espaço geográfico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Bacias Hidrográficas

A complexa relação entre sociedade e natureza têm conduzido a diversos questionamentos sobre os elementos que integram o meio natural, frente às diferentes formas de interferência antrópica (Nascimento e Fernandes, 2017).

Para tanto, o entendimento da bacia hidrográfica como uma unidade de gestão e planejamento territorial, apesar de possuir limites naturais, implica em um intenso trabalho no sentido de enfrentar os desafios na criação de um modelo de governança hídrica que compreenda as características ambientais, sociais e políticas dessa área (Aquino *et al.*, 2020).

De acordo com Valle Júnior *et al.*, (2010), tal perspectiva carece de uma reorganização do ambiente, um melhor planejamento do uso do solo agricultáveis e o gerenciamento dos recursos naturais. Para tanto, as bacias hidrográficas têm se tornado objetivo de incontáveis estudos devido a sua importância socioeconômica e ambiental, uma vez que garantem água de qualidade para a população em seu entorno e participa efetivamente da renovação dos recursos hídricos (Carvalho Neto, 2020). Sendo assim, as definições propostas para bacia hidrográfica assemelham-se ao conceito dado por Christofolletti (1980), no qual considera que as bacias hidrográficas são compostas por um conjunto de canais de escoamento de água, sendo uma unidade física limitada pelos divisores de água. Também compreendida como rede hidrográfica é uma unidade natural que recebe a influência da região que drena, sendo um

receptor de todas as interferências naturais e antrópicas que ocorrem na sua área tais como: topografia, vegetação, clima e uso e ocupação do solo.

Vilaça *et al.*, (2009) ratifica que a delimitação desse território elaborada a partir de divisores de águas, permite analisar de forma ordenada, elementos e relações ambientais, sociais e econômicas a partir de demandas e ofertas existentes em sua área. Neste sentido, esta configuração espacial tem sido adotada na gestão hídrica como unidades físicas de reconhecimento, caracterização e avaliação, a fim de facilitar a abordagem sobre os recursos hídricos.

De acordo com WMO (1992), Porto e Porto (2008) e Castro (2012), esta concepção de unidade territorial para o planejamento de recursos hídricos obteve estímulo à frente das políticas hídricas no Brasil, mais notadamente, a partir do início dos anos de 1990, mediante os Princípios definidos na Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente de 1992 e, acordados em reunião preparatória à Rio-92, apresentou-se como diretriz para uma nova abordagem de gestão. E assim, a partir apenas da promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, a bacia hidrográfica é definida como a unidade de planejamento e gestão das águas, considerando a integração e a influências dos diversos elementos componentes desse espaço.

Adicionalmente, os componentes das bacias hidrográficas coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais e de natureza antrópica, o que afeta os ecossistemas como um todo (Nascimento e Fernandes, 2017). O que justifica a necessidade constante e indispensável de estudos em bacias hidrográficas para fundamentar a exploração sustentável dos recursos naturais (Vasco *et al.*, 2011).

Segundo Carvalho, Brumatti e Dias (2012), às bacias hidrográficas permitem analisar ecossistemas por possuírem características próprias que contribuem para a indicação de efeitos do uso do solo no ecossistema analisado através de suas inter-relações, permitindo assim, um planejamento com fundamento científico. A partir desse ponto, o manejo nessas regiões pode ser moldado de maneira que permita um uso eficaz dos recursos. Portanto, Santos *et al.*, (2021) afirmam que a gestão dos recursos hídricos, juntamente com o monitoramento do uso e ocupação do solo, é uma necessidade atual, e constitui um mecanismo de grande importância para o gerenciamento da bacia hidrográfica. Nesse sentido, complementarmente, Rosa (2018) considera o mapeamento e a caracterização ambiental, subsídios para adequação das estratégias e uma contribuição para a gestão ambiental.

2.2. Uso e Ocupação do Solo e as Geotecnologias

A degradação do solo é uma adversidade ambiental que afeta o bem-estar de 1,5 bilhão de pessoas em todo o mundo (Li *et al.*, 2021; Albaladejo *et al.*, 2021). Este processo está relacionado à perda de longo prazo da dinâmica do ecossistema que beneficia a sociedade e o desenvolvimento econômico, sendo um dos maiores desafios da atualidade (Nkonya *et al.*, 2016; Mekuria *et al.*, 2018; Chappell *et al.*, 2019).

Investigações científicas relacionadas à avaliação da degradação do solo são fundamentais para o desenvolvimento de ações de mitigação dos impactos ambientais negativos. Apesar disso, embora muitos estudos sejam realizados sobre a degradação de ambientes, poucos se dedicam a compreender a fragilidade ambiental das paisagens (De Jesus França e Mucida, 2022). Para tanto, o conjunto das características físicas de uma área deve ser a base primária para o planejamento do uso e manejo adequado. Pinto (2007) ressalta que, para uma ocupação espacial, deve-se considerar o bem-estar coletivo humano, bem como o equilíbrio ambiental. A análise do espaço é, portanto, a condição inicial para a compreensão das relações de uso e ocupação do solo e posteriormente o estabelecimento dos critérios adequados de gestão (Costa *et al.*, 2017).

Em adição, o conhecimento das áreas de uso de uma determinada região, além de possibilitar o direcionamento adequado do tipo de manejo, permite identificar possíveis problemas acarretados pelo efeito das ações antrópicas sobre essas áreas, tendo relação direta com a conservação e a exploração sustentável dos recursos naturais. Ao mesmo tempo, o planejamento adequado do solo deve ser realizado constantemente para que a degradação não ocorra ou, ao menos, seja diminuída, principalmente nas áreas de preservação permanente (Silveira *et al.*, 2014).

Em estudos realizados por Santos e Nascimento (2021), observaram-se que a Bacia Hidrográfica do Rio de Janeiro, localizada na região do extremo Oeste do Estado da Bahia, e que corresponde a 5,1% do total da área de abrangência da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, que é o último grande tributário da margem esquerda do Rio São Francisco e um dos principais para a manutenção da sua vazão nos períodos de estiagem, passou por uma intensa alteração nos últimos 40 anos, com a supressão de aproximadamente 54% de área de vegetação nativa, o que influenciou de maneira significativa o aumento das perdas de solo na área, recomendando-se a utilização de práticas conservacionistas nas áreas agrícolas.

Neste contexto, a aplicação das geotecnologias está auxiliando no diagnóstico ambiental permitindo a recuperação e conservação dos recursos naturais, pois facilitam a localização das áreas protegidas por lei, o uso do solo de forma precisa para que ocorra

adequadamente uma ampliação das atividades agropecuárias com ações ambientais preventivas e mitigadoras (Souza, 2020).

As geotecnologias constituem o conjunto de tecnologias que permitem a realização de coleta de dados, processamento, além da análise da informação georreferenciada, e consequentemente auxiliam na tomada de decisões. O uso dessas geotecnologias possibilita uma análise integrada de modo a compreender como as alterações ambientais ocorrem no espaço, sendo este um dos pontos fortes que viabiliza com que o ambiente seja estudado em partes, mas entendido como um todo (Pires *et al.*, 2012).

Para tanto, as técnicas do Sensoriamento Remoto dispõem de tecnologia para monitoramento em áreas ambientais, possibilitando aquisição de informações geocodificadas para análises e diagnósticos com um rápido processamento, praticidade e custo relativamente baixo (Novais *et al.*, 2011).

A aplicação do Sistema de Informação Geográfica - SIG detêm de alta eficiência devido à produção de informações específicas através de mapas temáticos que auxiliam na interpretação do ambiente e consequentemente fornece subsídios na tomada de decisões (Fitz, 2008).

Neste cenário, Câmara (2004) contribui para esta temática ao mencionar que o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para manipular dados digitais e obter informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também proporcionar dados temáticos, interrelacionados sobretudo com a localização geográfica.

Entretanto, para utilizar-se da geotecnologia SIG é necessário inicialmente determinar procedimentos de coleta e armazenamento de dados, bem como definir critérios para a análise espacial, como mensuração das propriedades e relacionamentos com base na localização espacial do fenômeno (Câmara, 2004; Fitz, 2008).

Dentre as técnicas de análise espacial para estudos que envolvem grande volume de dados, destaca-se a álgebra de mapas que conforme Câmara (2004) consiste em um conjunto de procedimentos de análise espacial que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas.

Em síntese, o emprego do Sistema de Informação Geográfica (SIG) facilita a maneira de como o uso do solo pode ser monitorado, permitindo a avaliação pontual e temporal, reparação e readequação do meio a um custo aceitável. Uma questão importante na adoção das técnicas de SIG para o planejamento do uso do solo é o conhecimento da atividade agrícola predominante na área da bacia hidrográfica (Pelegrin, 2001).

Por fim, conclui-se que as ferramentas do Sistema de Informação Geográfica (SIG) têm sido manipuladas com êxito em trabalhos que visam o mapeamento, o zoneamento, o monitoramento e a proposta de redução de impactos ambientais negativos em bacias hidrográficas, além de auxiliar os órgãos regulamentadores no combate ao uso descontrolado de recursos naturais (Aranda; Dos Santos e Dourado, 2023).

2.3. Breve Histórico da Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha

Minas Gerais é um estado que ocupa uma área de 588.384 km², representando aproximadamente 7% do território nacional. Devido ao seu tamanho e a localização geográfica, o estado abrange parte dos Biomas do Cerrado (57% do território mineiro), da Mata Atlântica (41%) e da Caatinga (2%) e as zonas de transição que apresentam heterogeneidade (Hermann, 2012).

O Semiárido mineiro abrange o Norte de Minas e o Vale do Jequitinhonha, com mais de três milhões e meio de pessoas, segundo a Articulação do Semiárido Brasileiro em Minas Gerais (ASA-MG, 2012).

A Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha possui uma área de aproximadamente 69.479,39 km² e uma população atual estimada de 815.084 habitantes, distribuídas entre 69 municípios do Estado de Minas Gerais e 5 municípios da Bahia (IBGE, 2022). Os municípios que fazem parte da bacia hidrográfica estão distribuídos nas mesorregiões mineiras do Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Norte de Minas e Região Metropolitana de Belo Horizonte e nas mesorregiões do Sul Baiano e Centro-Sul Baiano (Meirelles *et al.*, 2023).

Resende, Castro e Almeida (2020) informam que apesar da região ser reconhecida com uma cultura muito rica, composta de música, poesia e artesanato sofisticado, em 1974 a Organização das Nações Unidas (ONU) rendeu ao Jequitinhonha o título de “vale da miséria”, após a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) considerar a região como uma das mais pobres do mundo.

Neste contexto, a Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha ou Vale do Jequitinhonha, desde os anos 1970 é associada pelo senso comum e pelos programas públicos à migração, ao atraso e à seca (Silva *et al.*, 2020).

A respeito do termo “Vale do Jequitinhonha”, ele foi criado quando a Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha foi delimitada e organizada com base em diagnósticos, que selecionaram parte dos municípios que fazem parte dessa bacia. Os diagnósticos e conseqüentemente o termo, nasce com a criação da Comissão de Desenvolvimento para o Vale do Jequitinhonha (CODEVALE), estabelecida em 1964.

A partir desse momento, essa região surgiu com o objetivo de proporcionar um desenvolvimento e integrá-la à dinâmica econômica nacional, impulsionada pela industrialização e urbanização. Essas ações estavam organizadas com a construção de um projeto nacional, conduzido pelo poder público (Souza, Stocco e Sulzbacher, 2024).

Nesta perspectiva, o Vale do Jequitinhonha é caracterizado por Ribeiro e Galizoni (2003) como a região onde o Rio Jequitinhonha atravessa da Serra do Espinhaço em direção ao litoral sul da Bahia, sendo periodicamente afetado por secas e apresentando a seguinte divisão da região:

- Alto Jequitinhonha: predomínio do Cerrado, unidades familiares agrícolas com posse de terra pulverizada e baixo dinamismo econômico.

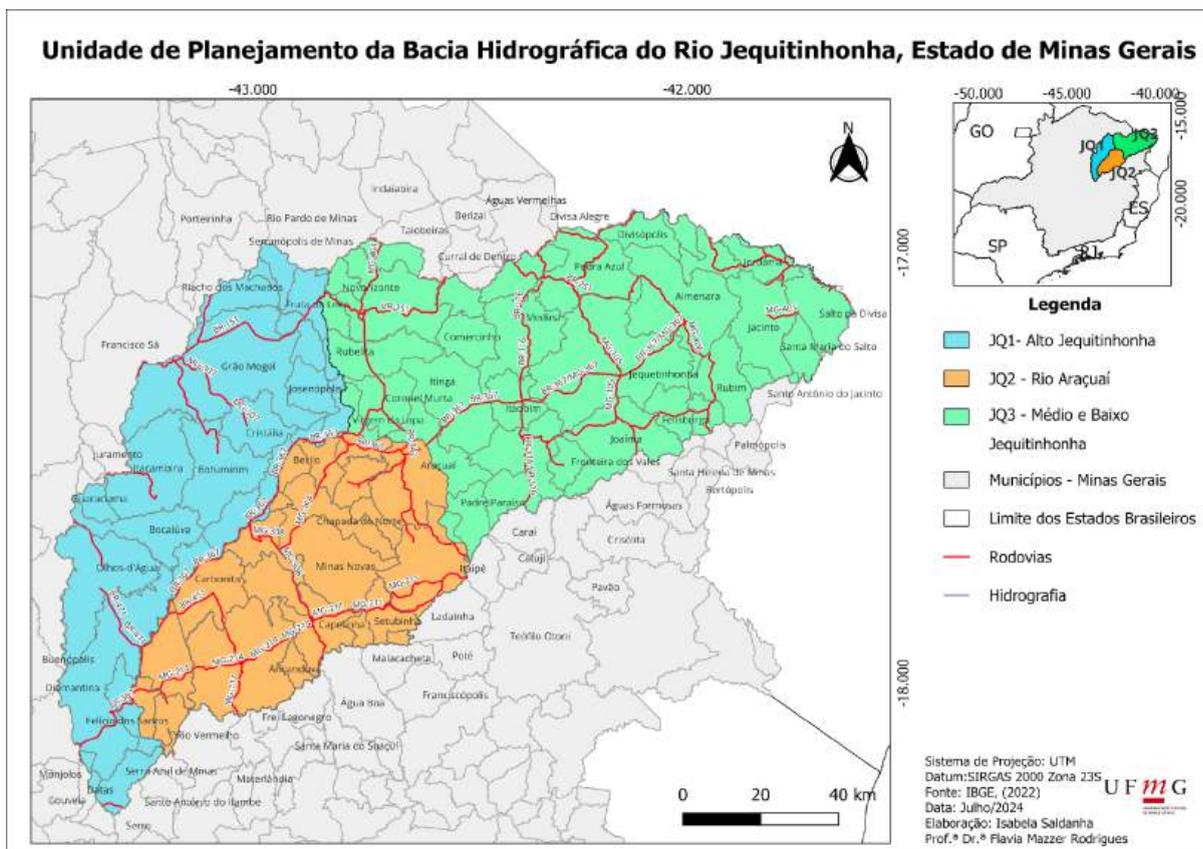
- Médio e Baixo Jequitinhonha: áreas de Caatinga e Mata Atlântica, respectivamente, caracterizadas por fazendas de gado e redutos camponeses de trabalhadores autônomos dentro das fazendas.

De acordo com a Deliberação Normativa CERH-MG N°. 06, de 04 de outubro de 2002 (Minas Gerais, 2002), instituiu três Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH, sendo: Alto Jequitinhonha (UPGRH-JQ1), Rio Araçuaí (UPGRH-JQ2), Médio e Baixo Jequitinhonha (UPGRH-JQ3) (Figura 1). A porção baiana não apresenta comitê instalado e não existe comitê federal da bacia (Meirelles *et al.*, 2023).

O processo de ocupação do Vale do Jequitinhonha ocorreu de forma intensa, em um primeiro momento, em torno da exploração mineral, sobretudo nas regiões do Alto e Médio Jequitinhonha, dando início ao nascimento de diversos povoados e vilas. Já a região do Baixo Jequitinhonha, começou a ser ocupada aproximadamente um século posterior, de forma lenta, com a expansão da pecuária oriunda do litoral baiano (Souza, 2010).

Souza (2010) também destaca a importância do Rio Jequitinhonha, a partir do século XIX, principalmente na consolidação da cidade de Araçuaí como o principal centro comercial da região e principal rota de escoamento de produtos entre o Norte de Minas e Belmonte, promovendo o surgimento de cidades como: Almenara, Itinga, Itaobim e Jequitinhonha.

Figura 1 – Unidades de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha, MG.



Fonte: Do Autor, 2024.

A nascente do Rio Jequitinhonha está localizada no município de Serro, planalto da SDEM (Serra do Espinhaço Meridional), a sul da cidade de Diamantina, na localidade denominada Capivari, e recebe diversos afluentes e pequenos riachos drenando as litologias do Supergrupo - Espinhaço. O Rio Jequitinhonha avança em direção ao norte, encaixando-se no contato entre a Serra do Espinhaço Meridional e o Grupo Macaúbas. Dessa forma, as drenagens da região estão posicionadas, dissecando as litologias do Supergrupo Espinhaço e da faixa Araçuai, carregando assim, os sedimentos da vertente diretamente para a calha do Rio Jequitinhonha (Dias, 2020).

As porções norte e central do alto Rio Jequitinhonha e a Bacia Hidrográfica do Rio Araçuai, regiões de planaltos, apresentam altitudes situadas entre 750 a 1.500 m, com manchas de relevo fortemente ondulado entremeadas por áreas suavemente onduladas dos relevos tabulares das chapadas. Em porções do médio e baixo Rio Jequitinhonha, com relevos que vão de planaltos do Rio Jequitinhonha a planaltos mais dissecados na direção leste da bacia, encontram-se altitudes menores, não ultrapassando à 1.000 metros, com relevo variando de ondulado a forte ondulado. Em áreas localizadas ao longo do vale do Rio

Jequitinhonha, em alguns dos seus afluentes e no baixo Jequitinhonha em direção ao oceano Atlântico - porções de depressões na bacia - as altitudes são relativamente mais baixas, sendo estas, menores que 750 m, com relevos planos a ondulados (Maciel, 2021).

O comportamento climático da porção mineira da Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha varia de cenários de clima úmido a semiárido. Apresenta chuvas mais concentradas de outubro a março e os demais meses demarcam a seca (abril a setembro). Essa característica aponta para uma sazonalidade bem definida, onde ocorre durante o ano um período com menores índices de chuvas e temperaturas mais amenas e outro chuvoso com temperaturas mais elevadas (Maciel, 2021).

O Vale do Jequitinhonha apresenta aproximadamente 176.656,02 hectares de povoamentos de eucalipto, localizados em 17 municípios da região (Borges *et al.*, 2018), uma vez que o estado de Minas Gerais tem a maior área com plantios de eucalipto do Brasil, em torno de 28% (1.920,329 hectares) (Ibá, 2020).

A vegetação na Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha é caracterizada basicamente pelos Domínios Fitoecológicos Floresta Estacional, Savana e Caatinga. Nas cabeceiras do Rio Jequitinhonha observa-se a ocorrência dos campos rupestres e campos de altitude na Serra do Espinhaço com o predomínio dos estratos herbáceo e arbustivo (Ferreira, 2007).

Na Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha, a dificuldade de acesso à água é menos evidente na microrregião do Alto Jequitinhonha. Silva *et al.*, (2020) trazem que as secas mais severas ocorrem no Médio e Baixo Rio Jequitinhonha.

Por fim, Dias, (2020) observou que nas regiões do Alto e Médio Jequitinhonha, as atividades minerárias estão ocasionando grandes erosões, carregando-se os sedimentos e consequentemente um assoreamento extensivo em todo o leito do Rio Jequitinhonha.

2.4. Potencial de Uso Conservacionista - PUC

No Estado de Minas Gerais, no período de 2000 e 2018, houve uma expansão de 52,41% (17.348 km²) e 55,33% (7.032 km²) da área agrícola e de silvicultura respectivamente, o segundo maior incremento absoluto entre os estados brasileiros (IBGE, 2021). Verificou-se neste intervalo uma significativa substituição de vegetação campestre por áreas agrícolas, silvicultura, pastagem com manejo e mosaicos campestres e a expansão da agricultura sobre áreas anteriormente ocupadas por pastagem com manejo (IBGE, 2021).

As análises ambientais, realizadas até a década de 70, possuíam uma característica majoritariamente econômica e os interesses eram relacionados à proteção das atividades humanas, não oferecendo uma perspectiva ambientalista definida. Em decorrência da

Conferência de Estocolmo em 1972, o direito ambiental foi consolidado e a visão econômica foi ampliada, passando-se a adotar então, a preservação e melhoria da qualidade ambiental como princípio essencial para o bem-estar e para o direito à própria vida (Lira, 2013). No contexto brasileiro, a partir de então, as discussões foram direcionadas aos recursos hídricos, alcançando, no ano de 1997, a promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) que declara a bacia hidrográfica como a unidade territorial de planejamento (Costa *et al.*, 2017).

O Estado de Minas Gerais foi um dos pioneiros no estabelecimento de uma política estadual de recursos hídricos. Com grande diversidade biológica, física e socioeconômica, o estado abriga cinco grandes bacias hidrográficas, que drenam cerca de 90% do seu território: Bacias Hidrográficas dos Rios: São Francisco, Grande, Paranaíba, Doce e Jequitinhonha. A partir dos anos 2000, estimularam a criação e fortalecimento dos comitês de bacias, possibilitando a elaboração dos planos hídricos (Costa *et al.*, 2017).

Neste contexto, o Estado de Minas Gerais, tem desenvolvido diversos instrumentos de gestão para auxiliar no planejamento ambiental. Dentre esses, o Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP) que originou com o encaminhamento do Plano Estadual de Agricultura Irrigada de Minas Gerais – PAI/MG, na perspectiva de auxiliar na elaboração e acompanhamento de planos de adequação socioeconômica e ambiental na escala de sub-bacia hidrográfica (Costa *et al.*, 2019).

A aplicação dessa ferramenta, como apresentada inicialmente, abrange três grandes etapas: Diagnóstico da Disponibilidade Hídrica, o Levantamento do Uso e Ocupação do Solo e, por fim, a Definição de Unidades de Paisagem (SEMAD/SEAPA, 2016). A etapa denominada Unidades de Paisagem é avaliada conforme proposto por Fernandes *et al.*, (2013), delimitadas manualmente através da análise de curvas de nível, podendo gerar interpretações subjetivas. Para tanto, Costa *et al.*, (2017) propuseram um método denominado Potencial de Uso Conservacionista (PUC), que investiga por critérios técnicos e objetivos, as potencialidades e limitações do meio físico como subsídio ao ordenamento e planejamento do uso do solo em bacias hidrográficas.

O PUC é um modelo semiautomatizado, com técnicas de geoprocessamento desenvolvido pelo Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Segundo Costa *et al.*, (2017), o PUC é produto da álgebra entre os mapas de solos, de litologia e de declividade da área, que permite estratificar as áreas de bacias hidrográficas quanto ao seu potencial natural de uso de forma sustentável. Ao considerar essas variáveis físicas, também pode indicar a suscetibilidade dos solos para o aproveitamento agrícola, que

por meio da ponderação de valores atribuídos às diferentes classes de solo, de litologia e de declividade, em uma escala que vai de 1 a 5, com 1 para os valores de menor contribuição e 5 para os valores mais favoráveis, encaminha para o uso conservacionista garantindo o equilíbrio entre as necessidades humanas e a proteção do ambiente.

A partir destes pesos, aplica-se a equação PUC a qual foi definida por Costa *et al.*, (2019) somando os valores das variáveis e dando a importância de 50% para a declividade, 39% para os solos e 11% para litologia, gerando o mapa final do PUC.

O resultado final é um mapa com cinco classes de potencial de utilização, que variam PUC Muito Baixo, cujas condições estão associadas a locais de maior restrição, dado pela maior dissecação do relevo e presença de solos pouco evoluídos, à PUC Muito Alto, que representa áreas mais estáveis, de relevo suave e solos profundos. O PUC permite reconhecer os locais mais adequados para a utilização e desenvolvimento das atividades humanas, bem como aqueles mais restritivos e que necessitam de maior atenção em sua utilização (Costa *et al.*, 2018).

Conforme Mucida *et al.*, (2022), o método PUC fornece informações importantes no que se refere aos fatores relacionados à conservação do solo e da água, além da indicação de áreas potenciais para atividades econômicas, sobretudo com aptidões agrícolas. Aquino *et al.*, (2020) destacam que as informações obtidas a partir das análises do PUC se mostraram extremamente valiosas como subsídio às ações que precisam ser tomadas para uma melhor adequação do uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, localizada na porção leste do Estado do Rio Grande do Sul. Segundo os autores o método se destaca como inovador no que diz respeito à gestão territorial em bacias hidrográficas.

Por fim, Da Silva, Gass e Ribeiro (2023) em estudo realizado nos Municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis, localizados na porção leste do Estado do Rio Grande do Sul concluíram que o PUC não apenas contribui para a determinação de áreas com maior ou menor fertilidade provável, mas também oferece informações sobre como utilizar os recursos disponíveis de forma benéfica. Além disso, a espacialização dessas aptidões auxilia no conhecimento dos fenômenos ocorridos na estrutura fundiária.

2.5. Projeto MAPBIOMAS

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil é uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos do solo, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação que emprega processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma *Google Earth*

Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso do solo do Brasil (MapBiomias, 2023).

O Projeto - MAPBIOMAS surgiu em um seminário realizado em março de 2015 onde especialistas em sensoriamento remoto e mapeamento de vegetação se reuniram em São Paulo para verificar a possibilidade de produzir mapas anuais de cobertura e uso do solo para todo o Brasil de forma significativamente mais barata, rápida e atualizada, comparativamente aos métodos e práticas atuais, e que possibilitem recuperar o histórico das últimas décadas. O MapBiomias é uma iniciativa do SEEG/OC (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima) e é produzido por uma rede colaborativa de co-criadores formado por ONGs, universidades e empresas de tecnologia organizados por biomas e temas transversais (MapBiomias, 2023).

Desde então, o MapBiomias produziu oito conjuntos de mapas digitais anuais de cobertura e uso do solo, denominadas Coleções. A classificação da imagem do satélite *Landsat* métodos e algoritmos para cada coleção evoluíram ao longo dos anos. Coleção 1, publicado em 2016, consistiu na primeira etapa do processo de mapeamento, abrangendo o período de 2008 a 2015 e possuindo sete classes: floresta, agricultura, pastagem, plantação florestal, mangue e água. Coleção 2, lançada em 2017, mediante aplicação classificação empírica da árvore de decisão, abrangendo o período de 2000 a 2016 e incluiu 13 classes com subclasses de floresta, savana, pastagem, mangue, praia, infraestrutura urbana e muito mais. A atual Coleção 8 possui 29 classes e está incluída: floresta inundável e óleo de palma, além de acrescentar melhorias na cobertura do solo e na classificação (MapBiomias, 2023).

Os algoritmos desenvolvidos para pré-processamento e classificação de imagens *Landsat* prometem revolucionar a produção de mapas de Uso e Ocupação do Solo. Com base no *Google Earth Engine* e à tecnologia de código aberto, é possível acessar e processar conjuntos de dados de imagens orbitais em grande escala. A iniciativa MapBiomias se expandiu para outras regiões como Amazônia, Chaco, Pampa, Mata Atlântica e Indonésia. Além disso, a equipe do MapBiomias continuará melhorando as coleções seguintes nos anos subsequentes. O MapBiomias de acesso aberto proporcionou diversas publicações científicas no Brasil e no exterior (MapBiomias, 2023).

Gomes *et al.*, (2017) e Lima *et al.*, (2017) apresentam aplicações dessa ferramenta para analisar o uso e cobertura dos solos de Petrolândia e Brejinho, Pernambuco, respectivamente, no período de 2000 a 2016.

Francisco *et al.*, (2023) em estudo realizado com o objetivo de avaliar dados temporais da cobertura e uso do solo do Estado da Paraíba no período de 1985 a 2021, concluíram que a

utilização de uma série do Projeto MapBiomias proporcionou resultados com rapidez e precisão além da simplicidade e com boa qualidade dos dados obtidos em relação a outras metodologias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

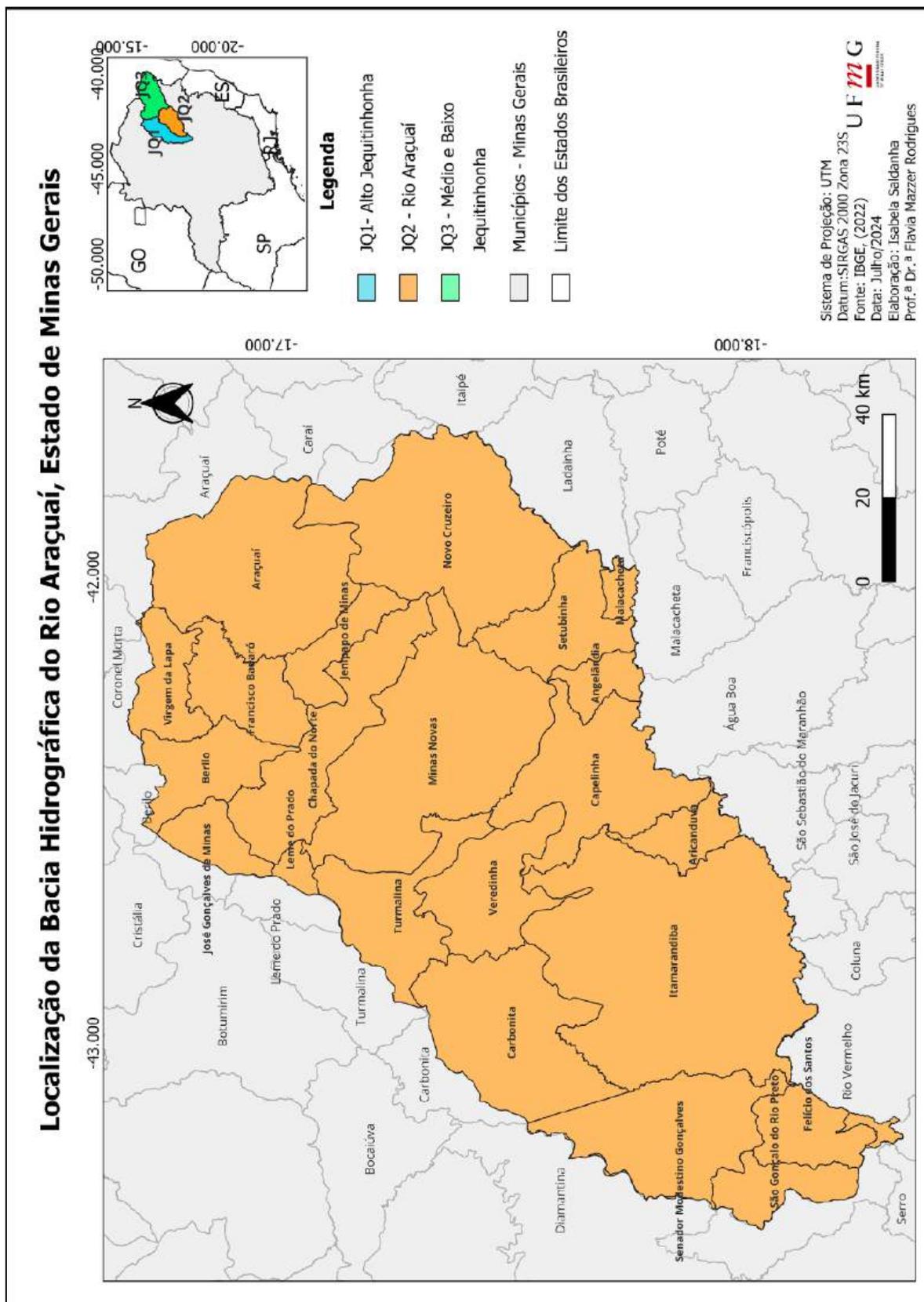
3.1 Caracterização da Área de Estudo

Para a realização deste trabalho, foi definida como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí (JQ2), a qual é considerada uma Unidade de Planejamento Hídrico (UPH), pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha (BHRJ), com uma área de aproximadamente 70.315 km², sendo a maior parte localizada no nordeste do estado de Minas Gerais (66.319 km²) e o restante no estado da Bahia (3.996 km²). A sul, a BHRJ é limitada pela Bacia Hidrográfica do Rio Doce; a sudeste, por divisores do Mucuri e bacias independentes menores; pela serra do Espinhaço juntamente com a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, a oeste; a norte, pela Bacia Hidrográfica do Rio Pardo; passa do limite entre Minas Gerais e Bahia no município de Salto da Divisa, e segue rumo ao Oceano Atlântico, a leste (IBGE, 1997).

A área da BHRJ abrange três mesorregiões de Minas Gerais, o Vale do Jequitinhonha, o Norte de Minas e o Vale do Mucuri. Com orientação dominante SW-NE, o Rio Jequitinhonha tem nascente na Serra do Espinhaço, a aproximadamente 1.300 m de altitude. No território mineiro, o rio percorre uma extensão de cerca de 760 km e outros 160 km na Bahia. A região possui ocupação humana relativamente dispersa, e possui uma ampla diversidade no que se refere à geologia, morfologia, climatologia e ecologia (Ronque, 2022).

Neste trabalho a área a ser considerada compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí (Figura 2), localizada na região Nordeste de Minas Gerais, entre os paralelos 16°40'S e 18°20'S e meridianos 41°50'W e 43° 25'W. O Rio Araçuaí apresenta extensão de 250 km e é um dos principais afluentes da margem direita do Rio Jequitinhonha, com vazões médias de 134,9 m³/s (Diniz *et al.*, 2001).

Figura 2 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Araçaúai, MG.



Fonte: Do Autor, 2024.

Abrangendo um total de 23 municípios, com 21 sedes municipais em seu território de abastecimento e apresentando uma área de drenagem de aproximadamente 16.296,3495 km², a bacia possui uma população estimada de 290.325 habitantes, incluindo a população urbana e rural (IGAM, 2019) (Tabela 1).

Tabela 1 - Municípios e áreas ocupadas na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.

Municípios	Área (%)
Angelândia	0,89
Araçuaí	10,80
Aricanduva	1,17
Berilo	2,83
Capelinha	4,66
Carbonita	7,03
Chapada do Norte	4,01
Felício dos Santos	1,72
Francisco Badaró	1,52
Itamarandiba	2,23
Jenipapo de Minas	13,22
José Gonçalves de Minas	1,37
Leme do Prado	1,84
Malacacheta	1,35
Minas Nova	3,51
Novo Cruzeiro	8,76
Rio Vermelho	8,23
Rio Gonçalves do Rio Preto	4,76
Senador Modestino	2,58
Setubinha	4,60
Turmalina	5,57
Veredinha	3,05
Virgem da Lapa	4,20

Fonte: Do Autor, 2024.

A Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí compreende quatro feições geomorfológicas: as serras ao sul, com cotas entre 1.000 e 1.300 m, os planaltos a sudeste, com cotas entre 600 e

800 m, as chapadas, com cotas entre 800 e 1.200, na margem esquerda do Rio Araçuaí e as depressões, com cotas entre 300 e 600 metros, no restante da área (Diniz *et al.*, 2001).

De acordo com Rocha e Oliveira (2017), no tocante a rede de drenagem, na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí foi possível identificar 6.190 nascentes, que se desencadeiam os afluentes de primeira ordem. O Rio Araçuaí, inteiramente perene, dispõe-se paralelamente ao curso do rio Jequitinhonha, desaguando neste rio próximo à cidade de Araçuaí. Suas águas geralmente claras contrastam com as águas barrentas do Jequitinhonha. Dentre os principais formadores do Araçuaí pela margem direita estão os rios Itacambira, Grande Itanguá, São João, Fanado, Capivari, Gravatá e Setúbal, e os ribeirões Santo Antônio, São Lourenço e Calhauzinho. Os principais tributários da margem esquerda são os ribeirões Soledade, do Atlas e dos Afonsos, o córrego Água Limpa e o rio Preto (Monteiro *et al.*, 2005).

Segundo o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (2019), atualmente, enfrenta-se grandes problemas hídricos relacionados com o agravamento da qualidade das águas do Rio Araçuaí, principalmente devido ao lançamento de esgotos sanitários sem o tratamento prévio, atividades agropecuárias, lançamento de cargas difusas ao longo do rio, processos erosivos e assoreamentos.

De acordo com trabalho realizado pelos autores Martins, Couto e Marques (2021), o município que mais deteriora a qualidade do Rio Araçuaí, no que se diz respeito ao parâmetro de demanda bioquímica de oxigênio, é Itamarandiba, em virtude da maior população, se comparado com os outros que lançam o esgoto diretamente no Rio Araçuaí, além disso, o município não dispõe de serviço de tratamento de esgoto.

A Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí localiza-se na borda do Cráton do São Francisco (CSF) na interface com a Província Costeira (Almeida, 2017). De acordo com Uhlein (1991), o CSF é coberto, em sua maior parte, por metassedimentos de idade Paleo a Neoproterozoica, além de sedimentos cenozoicos. As rochas de idade Proterozoica encontram-se dobradas, estruturas definidas durante a Orogênese Brasileira (Neoproterozoico) (Diniz *et al.*, 2001).

Por sua vez, rochas do Neoproterozoico ocupam grande parte da bacia e são representadas, principalmente, pelo Grupo Macaúbas, aflorante nos vales e depressões do Rio Araçuaí e seus principais afluentes. Segundo Pedrosa Soares *et al.*, (1996) esse Grupo é constituído, da base ao topo, pelas Formações Salinas, Chapada de Acauã e Nova Aurora. Na área, a Formação Salinas é composta por metagrauvaca, metapelito e metaconglomerado, depositados em ambientes turbidíticos (Santos *et al.*, 2009).

De maneira geral, os solos pertencentes a Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí apresentam uma propensão à erosão variando de natural a reduzida (IGAM, 2010). As áreas

de propensão à erosão grave ocorrem associadas às bordas das serras e a solos mais susceptíveis à erosão (Argissolos e Cambissolos) (Ferreira e Lacerda, 2010).

Na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí a vegetação é caracterizada pelo cerrado, campo cerrado, além de florestas decíduais e semidecíduais. As áreas que possuem a ocorrência da vegetação natural são marcadas pela topografia, principalmente nos topos das serras e chapadas, onde o acesso e ocupação antrópica é mais restrita (Gama, 2010).

No que se refere aos aspectos socioeconômicos, a Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí é uma das menos favorecidas do Estado de Minas Gerais e do Brasil. A região convive com diversos problemas ambientais, requerendo soluções que garantam alternativas de sobrevivência para a população residente (Silva, 2002).

De acordo com Galizoni *et al.*, (2016) a região é caracterizada pela predominância de unidades familiares na agricultura, posse da terra pulverizada, baixo dinamismo econômico, alta taxa de migração tanto sazonal quanto definitiva e agricultura extrativista baseada em um sistema de pousio. Essas comunidades rurais na maior parte das vezes são constituídas de conjuntos de parentescos e de vizinhança na junção de córregos e grotas.

Por fim, a bacia apresenta baixa densidade populacional com população distribuída ao longo dos cursos d'água tendo a agropecuária e a silvicultura como principais atividades econômicas. Esse sistema de produção deslumbra pouca mão de obra, o que pressiona a população local a migrar para outras regiões à procura de emprego (PLANVALE, 1997).

Diante disso, se faz cada vez mais necessário o diagnóstico ambiental para um planejamento com ações estratégicas, a fim de mitigar os impactos negativos na região.

3.2. Coleta e Análise dos Dados

A metodologia utilizada neste trabalho consiste na aplicação de geotecnologias para a constituição de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), na organização de bases georreferenciadas da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, 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.

Considerado o objetivo proposto, o presente trabalho utilizou como base cartográfica a Carta Planialtimétrica em formato digital, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1971).

Na manipulação dos dados orbitais foi utilizado o QGIS, um programa computacional que, desenvolvido pela *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), permite manipular os dados espaciais e suporta vários formatos de imagens e vetores. Dentre os vários programas que permitem a manipulação de dados geoespacializados, o QGIS se destaca pela sua versatilidade e acessibilidade, já que é um programa computacional gratuito e livre, ou seja, é disponibilizado sem custo algum e possui código aberto para que programadores contribuam, desenvolvendo atualizações e correções, aprimorando cada vez mais seu desempenho (Bruno, 2017).

A delimitação da bacia hidrográfica e a extração da rede de drenagem foram realizadas, utilizando o *OpenTopography*, desenvolvido pela comunidade científica e mantido pela *OpenTopography Facility*, uma organização sediada na Universidade da Califórnia, San Diego. A missão do *OpenTopography* é fornecer acesso aberto e fácil a dados topográficos e recursos relacionados para a comunidade científica, pesquisadores e o público em geral. A plataforma *OpenTopography* oferece dados topográficos, como modelos digitais de elevação (MDE), imagens e perfis topográficos. Esses dados são essenciais para estudos de geologia, análise de riscos naturais, modelagem hidrológica, planejamento urbano, entre outros (Opentopography, 2024).

No QGIS, o plugin *OpenTopography* possibilitou selecionar o modelo digital de elevação o *Copernicus Global* - (DEM), lançado em 2019, produzido por organizações governamentais europeias. É um modelo digital de elevação que representa a superfície da Terra, incluindo edifícios, infraestrutura e vegetação. Este modelo é resultado da Composição do conjunto de dados *WorldDEM*TM preenchido localmente com os seguintes MDE: ASTER, SRTM90, SRTM30, SRTM30plus, GMTED2010, TerraSAR-X Radargramétrico MDE, ALOS *World 3D-30m* e MDE Nacional da Noruega (ESA, 2022). A fonte dos dados primária é o *WorldDEM*, da missão espacial de radar de abertura sintética (InSAR) em banda X da missão TanDEM-X e TerraSAR-X entre os anos de 2011 e 2015, sendo financiado por uma parceria público-privada entre o governo alemão, representado pelo Agência Aeroespacial Alemã (DLR) e a *Airbus Defence and Space* (Cremon *et al.*, 2022).

O Copernicus é um projeto mais recente que o SRTM, ASTER e ALOS. A versão utilizada neste trabalho tem resolução espacial média de 30 metros. O MDE COP-30 pode ser adquirido pelo repositório de dados por meio da ferramenta *Planetary Data Access* (PANDA) da *European Space Agency* (ESA) ou ainda pelo repositório *OpenTopography* (ESA, 2021).

O Modelo Digital de Elevação (MDE) é uma representação matemática de elementos presentes na superfície terrestre, caracterizadas por um plano cartesiano (x, y) de uma região de uma superfície, com o diferencial de possuírem uma terceira informação, a altitude (z) (Yogi e Stanganini, 2023). Para Iorio *et al.*, (2012) Faithy *et al.*, (2019), Littidej e Buasri (2019) e Ye *et al.*, (2019) dados de relevo e drenagem são produtos cartográficos obtidos destes modelos e estão bem difundidos entre os estudos hídricos.

Nesta etapa foi utilizado a interface do QSWAT, isto é, o modelo SWAT acoplado ao software livre de geoprocessamento *Quantum Geographic Information System* (QGIS), desenvolvido pelo *Agricultural Research Service do United States Department of Agriculture* (USDA), *Blackland Research and Extension Center da Texas A&M University*. Segundo Srinivasan e George (2019), o modelo utiliza o *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM) como componente principal para realizar o delineamento de bacias hidrográficas.

Oliveira e Paradella (2008) ressalta que a identificação dos interflúvios e do contorno da bacia hidrográficas através de dados oriundos dos MDEs são vantajosos, uma vez que pode se definir forma automatizada das áreas de drenagem da bacia, permitindo um traçado padronizado.

Para a realização do mapa temático de declividade, que é a inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, ou seja, a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos, expressos em porcentagem, utilizou-se como base o MDE, com 30 metros de resolução espacial, disponibilizados pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) no repositório *Earthdata*, sendo tais imagens constantes do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). As cenas SRTM adquiridas foram mosaicadas, recortadas para a área de estudo e no sistema de informação geográfica – QGIS versão 3.38, foi gerado a declividade utilizando uma rampa de cores específica para cada classe de acordo com os trabalhos realizados na EMBRAPA (2018):

Plano: superfície de topografia onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.

Suave Ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 a 100 m), apresentando declives suaves, variando de 3 a 8%.

Moderadamente Ondulado: superfície de topografia moderadamente movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros apresentando declives moderados, variando de 8 a 13%.

Ondulado: superfície de topografia movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros apresentando declives moderados, variando de 13 a 20%.

Forte Ondulado: superfície de topografia movimentada, formada por outeiros ou morros (elevações de 50 a 100 metros e de 100 a 200 metros de altitude relativas) e raramente colinas com declives fortes, variando de 20 a 45%.

Montanhoso: superfície de topografia movimentada com declives fortes, maiores que 45%.

A identificação dos solos ocorreu tendo como base no Mapeamento de Solos de Minas Gerais, atualizado em 2010, na escala de 1:650.000 é realizado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal de Viçosa (UFV). Para a confecção do mapa fez-se a extração de cada tipo de solo existente dentro dos limites da bacia seguido da indicação das tipologias correspondentes em cada polígono (UFV *et al.*, 2010).

A análise da litologia da área de estudo foi realizada a partir de um levantamento bibliográfico em relação às suas características regionais e locais. Para a confecção do mapa de unidades geológicas foi utilizado como base o Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, elaborado Serviço Geológico do Brasil (RIGeo), ano de 2020, na escala de 1:1.000.000 (Brasil, 2003).

O mapa temático de Biomas na área da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí foi gerado a partir dos dados disponibilizados pelo Mapa Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil, compatível com a escala 1:250.000, ano de 2019, publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE que considera os biomas continentais do território brasileiro: Bioma Amazônia, Bioma Mata Atlântica, Bioma Caatinga, Bioma Cerrado, Bioma Pantanal e Bioma Pampa e o Sistema Costeiro-Marinho.

A classificação climática tem como objetivo definir regiões com características biogeográficas relativamente homogêneas/semelhantes (Almeida, 2016). Um dos modelos para classificação climática foi criado por Köppen em 1918, para identificar o clima de forma simplificada, que baseava-se na vegetação natural como o melhor indicativo para expressar as características do clima de um determinado local. O modelo teve grande avanço ao identificar as regiões de todo globo terrestre, mediante estudo da vegetação, associado às medidas de temperatura do ar e precipitação pluvial (Almeida, 2016; Ynoue *et al.*, 2017). Para tanto, no mapa temático de Climas para a área de estudo foi utilizado como referência os dados disponibilizados pelo Centro de Estudos da Metrópole (CEM) que é um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPIDS), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de

São Paulo (FAPESP). Sediado na Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP) e no Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (CEBRAP), que representa as zonas climáticas conforme classificação Köppen, em 9 polígonos, ano de 2021.

No PUC a atribuição de pesos às variáveis (solos, litologia, declividade) por Costa *et al.*, (2017) foi baseada na revisão de literatura científica considerando as características de cada atributo no que concerne ao potencial de recarga hídrica, de uso agropecuário e da resistência à erosão, sendo, portanto, de grande importância para o planejamento e gestão ambiental da região. A sua interpretação permite identificar áreas prioritárias para conservação e preservação dos recursos naturais da região.

O método PUC foi aplicado sequencialmente, de acordo com a metodologia proposta por Costa *et al.*, (2017):

- a) pré-processamento das bases cartográficas;
- b) atribuição de pesos às variáveis ambientais (declividade, solos e litologias);
- c) execução da álgebra de mapas e definição das classes de PUC.

No pré-processamento foi realizada a padronização do sistema de coordenadas dos dados vetoriais e matriciais a partir do processo de conversão para a projeção plana Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 23S e Datum SIRGAS2000, possibilitando cálculos de área com maior confiabilidade. Por fim, foi dada a ponderação dos pesos de Potencial de Uso Conservacionista atribuídos às classes de declividade, ao primeiro nível categórico dos solos e às litologias.

A reclassificação do *raster* de declividade, com atribuição dos pesos às classes presentes em cada variável ambiental, foi realizada conforme proposto por Costa *et al.*, (2017). Segundo estes autores, foram atribuídos pesos para os potenciais de recarga de aquífero, de uso agropecuário e de resistência à erosão. Para a recarga hídrica foi considerado que a declividade tem uma relação direta com a velocidade de escoamento e o tempo de oportunidade de infiltração de água. Quanto maior a declividade, maior a velocidade da água e menor o tempo para a infiltração da água (Bertoni e Lombardi Neto, 1990). Além disso, a declividade afetará o tipo de fluxo do escoamento hídrico (laminar ou em sulco) e a sua direção (Pereira *et al.*, 2003). Assim, o relevo montanhoso recebeu peso 1 e o relevo plano, peso 5, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Pesos atribuídos às classes de declividade.

Declividade (%)	Fases do Relevo	Peso
0 - 3	Plano	5
3 - 8	Suave Ondulado	4
8 - 20	Moderadamente Ondulado a Ondulado	3
20 - 45	Forte Ondulado	2
> 45	Montanhoso a escarpado	1

Fonte: Do Autor, 2024 a partir dos dados de Costa *et al.*, (2017) e Embrapa (2018).

O ordenamento dos pesos referentes a litologia (Tabela 3) indica que rochas com elevada resistência à erosão e baixa capacidade de suprimento de nutrientes, como os quartzitos, receberam os menores pesos. As regiões dominadas por estas rochas, como a Serra do Espinhaço, apresentam cristas quartzíticas que resistiram a um longo período de exposição ao intemperismo, ao passo que seus solos associados, apresentam em geral baixa fertilidade, resultando em baixo potencial agropecuário e potencial mais adequado para fins de preservação ambiental. Por outro lado, rochas de baixa resistência ao intemperismo e grande potencial de suprimento de nutrientes, como os calcários, receberam os maiores pesos (Costa *et al.*, 2017).

Tabela 3 – Pesos atribuídos às classes de litologia.

Litologia	Peso
Quartzito	1
Arenito / Conglomerado	1,1
Arcósio / Diamictito / Formação Ferrífera / Itabitiro / Meta-arenitos / Metadiamictito / Metagrauvaca / Sedimentos Clásticos / Sedimentos Inconsolidados / Siltito	1,2
Argilito / Grauvaca / Metassiltito / Milonitos / Xisto	1,3
Agalmatolito / Ardósia / Filito / Meta-argilito / Metapelitos	1,4
Granito / Metaconglomerados / Monzogranito / Pelito	1,5
Quartzomonzonito	1,6
Gnaisse / Granodiorito / Ortognaisse / Paragnaisse / Quartzo-Diorito	1,7
Folhelho / Riolito / Nefelinasielito	1,8
Monzonito / Tonalito	1,9
Enderbito / Sienito / Traquito	2
Dacito / Fonolito / Granulito	2,1
Diorito	2,3
Anortositos / Rochas Ultramáficas Alcalinas	2,4

Andesitos / Brechas Vulcânicas / Metaultramáfica / Rocha Metaultramáfica	2,5
Kimberlito / Peridotito	2,6
Anfibolito / Dunito / Gabro / Migmatitos	2,7
Metabásicas / Metavulcânicas	2,8
Diabásio / Estauroлита	2,9
Basalto	3,1
Piroxenito	3,2
Dolomito	3,9
Evaporito	4
Calcário	4,1
Mármore	4,2
Calxisto	4,9
Marga	5

Fonte: Do Autor, 2024 a partir dos dados de Costa *et al.*, (2017).

Os resultados dos valores de pesos das classes de solos quanto ao potencial de recarga hídrica, quanto ao potencial de uso agropecuário e quanto à sua resistência à erosão são apresentados na Tabela 4. De acordo com a Proposta (PUC), Costa *et al.*, (2017) observaram que os principais solos para recarga hídrica são os Latossolos e o Nitossolos, por suas características físicas e morfológicas mais favoráveis ao processo de percolação da água. Áreas com solos com argilas expansivas 2:1, como os Vertissolos, por outro lado, têm baixo potencial de recarga, mesmo em relevo plano, por sua baixa condutividade hidráulica. Algumas classes possuem uma variabilidade muito alta, como os Cambissolos e os Neossolos, e o resultado é um valor médio, que exige uma avaliação mais detalhada de cada caso, para fins de planejamento.

Tabela 4 – Pesos atribuídos às classes de solo.

Solo	Peso
Espodossolo	1
Neossolo	1,2
Organossolo	1,2
Planossolo	1,6
Vertissolo	1,9
Gleissolo	2
Luvissolo	2,3
Chernossolo	2,4
Plintossolo	2,4

Cambissolo	2,6
Argissolo	4
Latossolo	4,7
Nitossolo	5

Fonte: Do Autor, 2024 a partir dos dados de Costa *et al.*, (2017).

Costa *et al.*, (2019) ilustram o PUC quanto à ponderação das variáveis ambientais por meio do *Analytic Hierarchy Process* (AHP), (Saaty, 1980), em que os valores de importância variam de 1 a 9, sendo 1 para a variável com igual importância e 9 indica que a variável tem importância absoluta sobre a outra. Os resultados são expressos cartograficamente por meio da álgebra de mapas com pesos para a confecção do PUC conforme a Equação 1.

$$\text{PUC} = (\text{D} \cdot 0,50) + (\text{L} \cdot 0,11) + (\text{SOL} \cdot 0,39) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

PUC = Potencial de Uso Conservacionista;
D = Mapa de declividade reclassificado;
L = Mapa de litologia reclassificado;
SOL = Mapa de classes do solo reclassificado.

Na equação 1, observa-se que o valor de ponderação 0,50 representa que aproximadamente 50% do potencial de uso conservacionista pode ser explicado por essa variável, uma vez que representa a forma do terreno, determina o movimento do fluxo de escoamento superficial e o grau de acesso à área. O valor de ponderação 0,39 representa que aproximadamente 39% do PUC pode ser explicado pela variável solos, tendo em vista que ela determina a capacidade de armazenamento de água na camada efetiva do solo, o grau de fertilidade natural e a resistência ou a vulnerabilidade aos processos erosivos. E o valor de ponderação 0,11, representa que aproximadamente 11% do PUC pode ser explicado pela variável litologia, que relaciona a composição química e mineralógica das rochas com a resistência à denudação (Costa *et al.*, 2019).

Em seguida, o *raster* foi novamente reclassificado de acordo com intervalos obtidos a partir da Equação 1 e para cada classe do PUC foi atribuída uma simbologia representativa, em cores, a fim de padronizar os resultados na produção cartográfica (Costa *et al.*, (2019); Mendes, (2022)).

Tabela 5 – Intervalos de abrangência e cores das classes para representação do PUC.

Classes	Intervalos	Cores
Muito baixo	1,0 a 1,8	Vermelho
Baixo	1,8 a 2,6	Laranja

Médio	2,6 a 3,4	Amarelo
Alto	3,4 a 4,2	Verde
Muito alto	4,2 a 5,0	Azul

Fonte: Do Autor, 2024 a partir dos dados de Costa *et al.*, (2019).

Neste trabalho foi realizada uma tabela matriz através do cruzamento dos dados das classes do PUC com o uso e ocupação do solo. Com base nesses dados, foi possível observar e sinalizar como estão definidas na espacialidade o PUC de forma percentual da área de cada classe de uso do solo na bacia hidrográfica.

No mapeamento do uso e ocupação do solo foi utilizado dados do projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil - Coleção 8, para o recorte da área de estudo. Ao acessar a plataforma do projeto, na parte superior tem-se o menu de Mapas e Dados, onde apresenta-se as opções de: cobertura e uso do solo, e posteriormente a partir da ferramenta de pesquisa, é possível se fazer a consulta para a área de estudo.

O acesso aos dados pode ser diretamente no *Google Earth Engine*, quando for necessário fazer cortes territoriais ou temporais específicos e também acessar os dados do Mosaico *Landsat* e os mapas de transição (MapBiomias, 2023).

O Projeto Mapbiomas na Coleção 8 utilizou mosaicos de recursos pré-processados gerados a partir das coleções de arquivos *Landsat* (*Landsat 5*, *Landsat 7* e *Landsat 8*). (resolução espacial de 30 metros), elaborados a partir da mediana do conjunto de imagens anuais, onde foram retiradas nuvens e sombras. Assim, cada pixel em cada ano foi classificado de acordo com a quantidade de observações disponíveis, podendo ter de 0 a 23 observações por ano. A análise de avaliação de precisão foi baseada na aquisição de 85.000 amostras independentes por ano, de 1985 a 2022. As transições e estatísticas de cada classe foram derivadas dos mapas anuais de uso e ocupação do solo. A análise estatística abrangeu diferentes categorias espaciais, como bioma, estado, município, bacia hidrográfica e áreas protegidas. A Coleção 8 resultou não apenas em uma longa série temporal, adicionando o ano de 2022, mas também em mapas anuais de uso e ocupação do solo do Brasil mais consistentes espacial e temporalmente. Melhorias consideráveis foram feitas na Coleção 8, aprimorando a classificação por floresta aleatória, como a suavização de transições nas variações de área de cada classe ao longo da série temporal (MapBiomias, 2023). As classes utilizadas na área de estudo estão descritas na Tabela 6.

No Projeto MapBiomias foi possível exportar dados de cobertura do solo, a fim de acompanhar as alterações nos anos de 1992 e 2022. Após o *download* da área do estado de Minas Gerais, no sistema de informação geográfica ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI

ArcGIS 10®) foi realizado na opção *Extract by Mask* o recorte do limite da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí e como as informações de uso e ocupação do solo foram obtidas em um arquivo raster, houve a necessidade da conversão para o formato vetor (polígono), visando a realização dos cálculos de cada área de uso pertencentes a bacia hidrográfica de estudo.

Destaca-se que após uma observação da série histórica da área foram definidos os anos de 1992 e 2022 por apresentarem dados relevantes de alterações de uso e ocupação do solo.

Todos os mapas temáticos gerados foram atualizados para o Datum Horizontal SIRGAS2000, com projeção UTM, Fuso 23S.

Tabela 6 - Classes do Uso e Ocupação do Solo, de acordo com o Projeto MapBiomias.

Classe Nível 1	Classe Nível 2 e 3	Descrição
Floresta	Formação Florestal	- Tipos de vegetação com predomínio de espécies arbóreas, com formação de dossel contínuo (Mata Ciliar, Mata Seca e Cerradão), além de florestas estacionais semidecíduais. - Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista e Floresta Estacional Semi-Decidual, Floresta Estacional Decidual e Formação Pioneira Arbórea.
	Formação Savânica	- Formações savânicas com estratos arbóreo e arbustivo-herbáceos definidos (Cerrado Sentido Restrito: Cerrado denso, Cerrado típico, Cerrado ralo e Cerrado rupestre). - Savanas, Savanas-Estépicas Florestadas e Arborizadas.
Formação Natural não Florestal	Campo Alagado e Área não pantanosa	- Vegetação com predomínio de estrato herbáceo sujeita ao alagamento sazonal (ex. Campo Úmido) ou sobre influência fluvial/lacustre (ex. Brejo). Em algumas regiões a matriz herbácea ocorre associada às espécies arbóreas de formação savânica (ex. Parque de Cerrado) ou de palmeiras (Vereda, Palmeiral).
	Formação Campestre	- Formações campestres com predominância de estrato herbáceo (campo sujo, campo limpo e campo rupestre) e algumas áreas de formações savânicas como o Cerrado rupestre. - Savanas-Estépicas Parque e Gramíneo-Lenhosa, Estepe e Pioneiras Arbustivas e Herbáceas.
	Afloramento Rochoso	- Rochas naturalmente expostas na superfície terrestre sem cobertura de solo, muitas vezes com presença parcial de vegetação rupestre e alta declividade.
Agropecuária	Pastagem	- Áreas de pastagem predominantemente plantadas, diretamente relacionadas à atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural, por sua vez, são predominantemente caracterizadas como formações campestres ou campo alagado, podendo ser submetidas ou não a práticas de pastejo.
	Lavoura Temporária / Soja	- Áreas cultivadas com a cultura da soja.
	Outras Lavouras Temporárias	- Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.

	Lavoura Perene / Café	- Áreas cultivadas com a cultura do café.
	Outras Lavouras Perenes	- Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de ciclo vegetativo longo (mais de um ano), que permitem colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio.
	Silvicultura	- Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus, eucalipto, araucária).
	Mosaico de Usos	- Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
Área não Vegetada	Área Urbanizada	- Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.
	Outras Áreas Não Vegetadas	- Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes e regiões de solo exposto em área natural ou em áreas de cultura em entressafra.
Corpos d'Água	Rio, Lago, Oceano	- Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água

Fonte: Do Autor, 2024.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do Bioma e Clima da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí

Os biomas arbóreos são reconhecidos na área, com predominância de Cerrado e Mata Atlântica, (Figura 3), ecorregiões prioritárias para conservação mundial (Scarano e Ceotto, 2015). A região montante caracteriza-se por fitofisionomias do Cerrado, com destaque para as formações campestres, em especial do Campo Rupestre, notadamente no contexto da Serra do Espinhaço (Amaral *et al.*, 2004).

De acordo com Ferri (1977), a vegetação do Cerrado é constituída por dois grupos essencialmente opostos: o das espécies permanentes, que reúnem árvores e muitos arbustos, e o das espécies efêmeras que compreende inúmeras plantas herbáceas.

Em geral, segundo Ab'Sáber (2003), o domínio dos Cerrados comporta uma família de ecossistemas dispostos areolarmente (Cerrados, Cerradões e Campestres), linearmente (Matas de Galeria, Cordilheiras e Veredas) e pontualmente (Capões de matas biodiversas e touceiras de cactáceas).

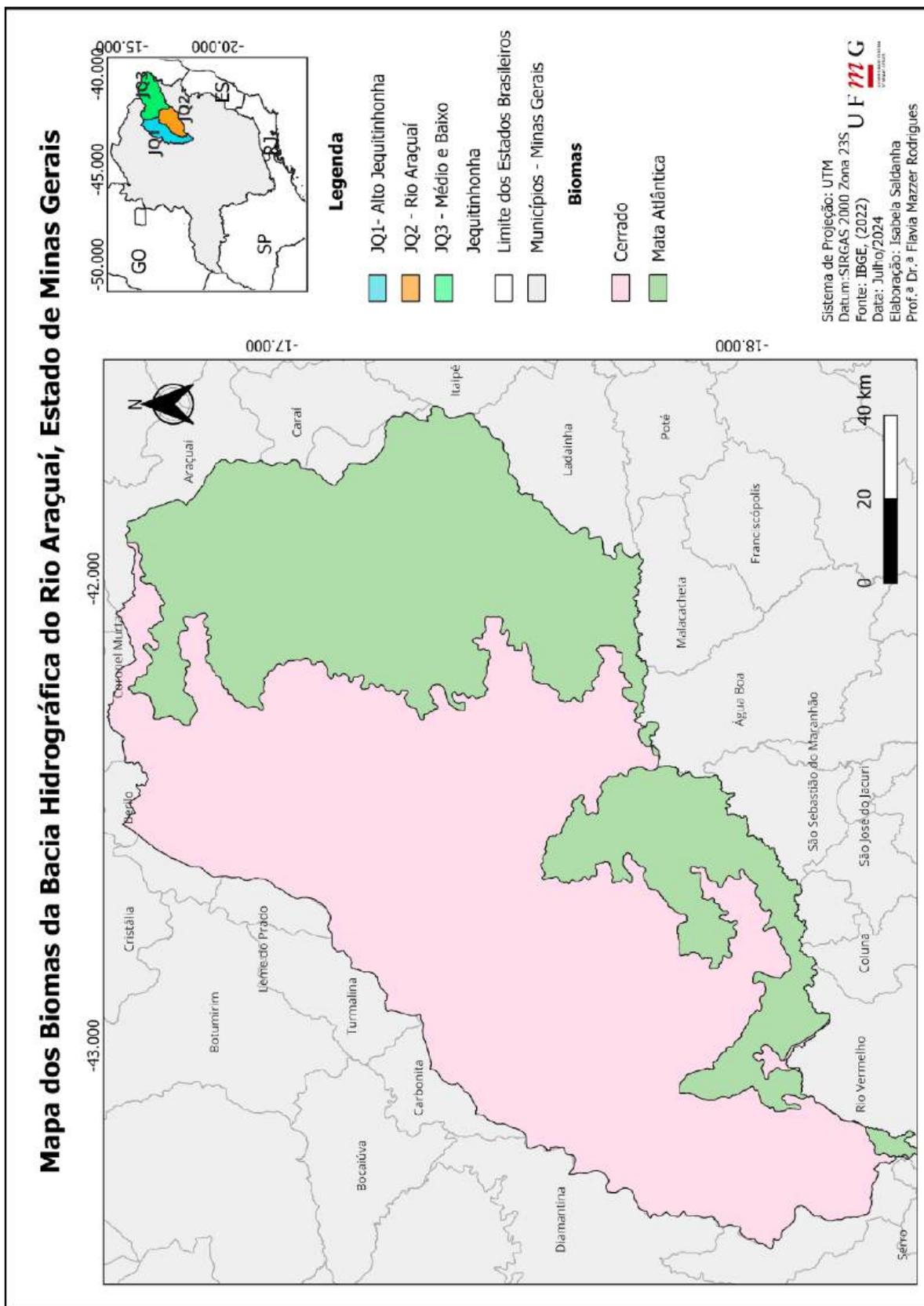
No Estado de Minas Gerais, a Mata Atlântica tem a predominância do tipo vegetacional nomenclaturado de Floresta Estacional Semidecidual, onde o clima dominante é o tropical estacional, com seca de 3-4 meses, coincidindo com os períodos de outono/inverno. Ocorre em altitudes que variam entre 700 e 1000 m acima do nível do mar. A temperatura média dessa formação florestal oscila entre 22° C e 26° C, chuvas concentradas no verão, com médias de pluviosidade entre 1.000 mm a 1.800 mm anuais (Coutinho, 2016).

O clima é um dos principais fatores que influenciam a dinâmica global, na agricultura, atua diretamente nos níveis de produtividade agrícolas, principalmente quando associado à

disponibilidade hídrica (Rolim, 2007). Assim, os sistemas de classificação climáticas são fundamentais para identificação espacial, contribuindo para estudos de Zoneamentos (Bolzan, 2018).

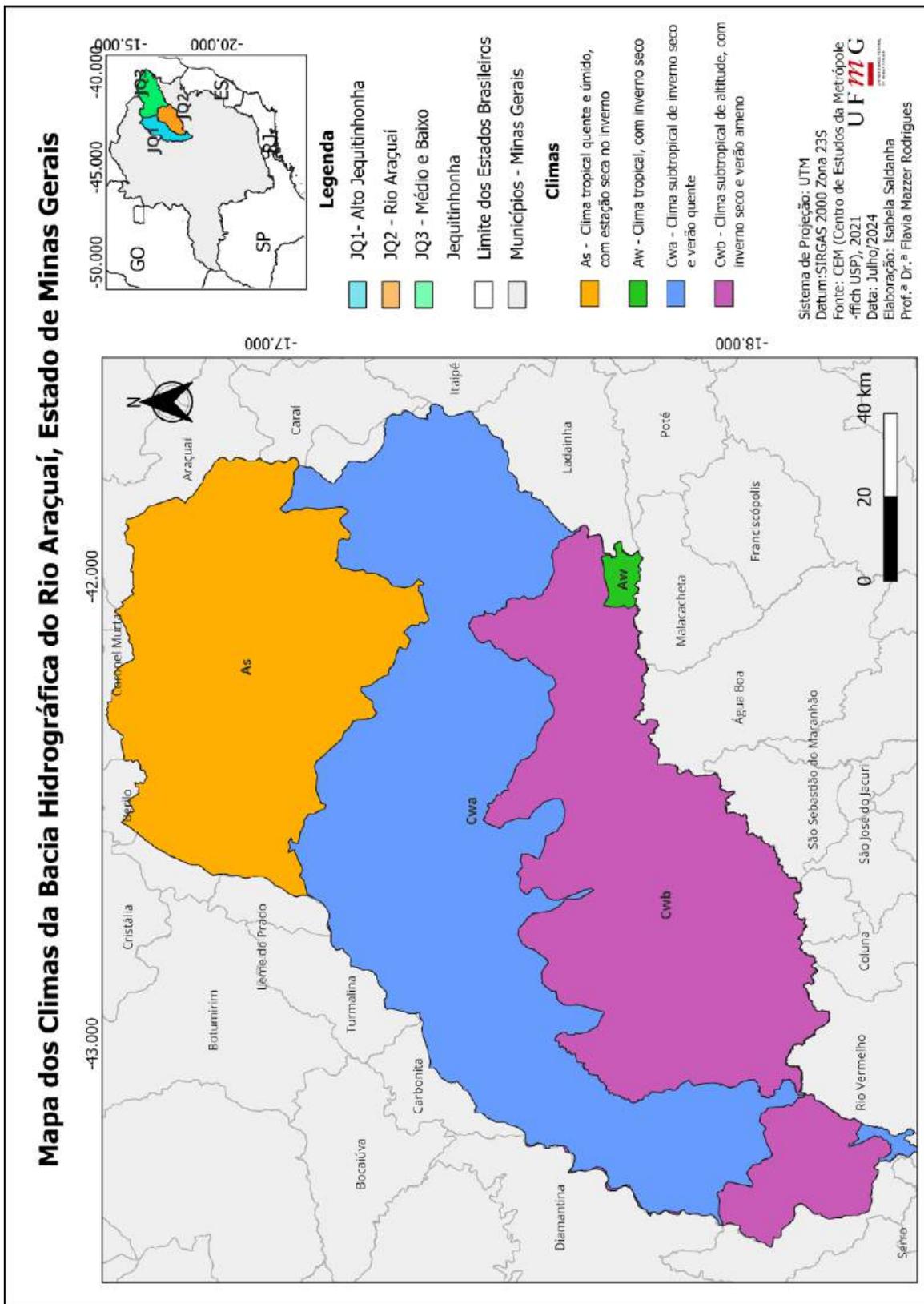
Na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí o clima é classificado como Tropical Continental de Transição, com áreas úmidas nas nascentes e tendência à semiaridez na foz (Figura 4). O trimestre mais chuvoso é o de novembro, dezembro e janeiro, com valores entre 400 e 750 mm, representando 49 a 59 % do valor precipitado. A região nordeste de Minas Gerais, onde se localiza a bacia, possui um déficit hídrico entre 100 a 700 mm com taxa de evapotranspiração de 900 a 1300 mm. Os excedentes possuem valores entre 0 e 300 mm, da foz em direção às nascentes de dezembro a janeiro (Pereira *et al.*, 2001). A região apresenta temperaturas médias, nos meses mais quentes, superiores a 20°C e mínimas de 18°C, nos meses mais frios (IGAM, 2010).

Figura 3 - Biomas da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.



Fonte: Do Autor, 2024.

Figura 4 - Climas da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.



Fonte: Do Autor, 2024.

4.2 Mapeamento de Hidrografia

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 Digital de Elevação do Terreno (DEM) (Figura 5) e apresentou-se densa em toda a sua extensão.

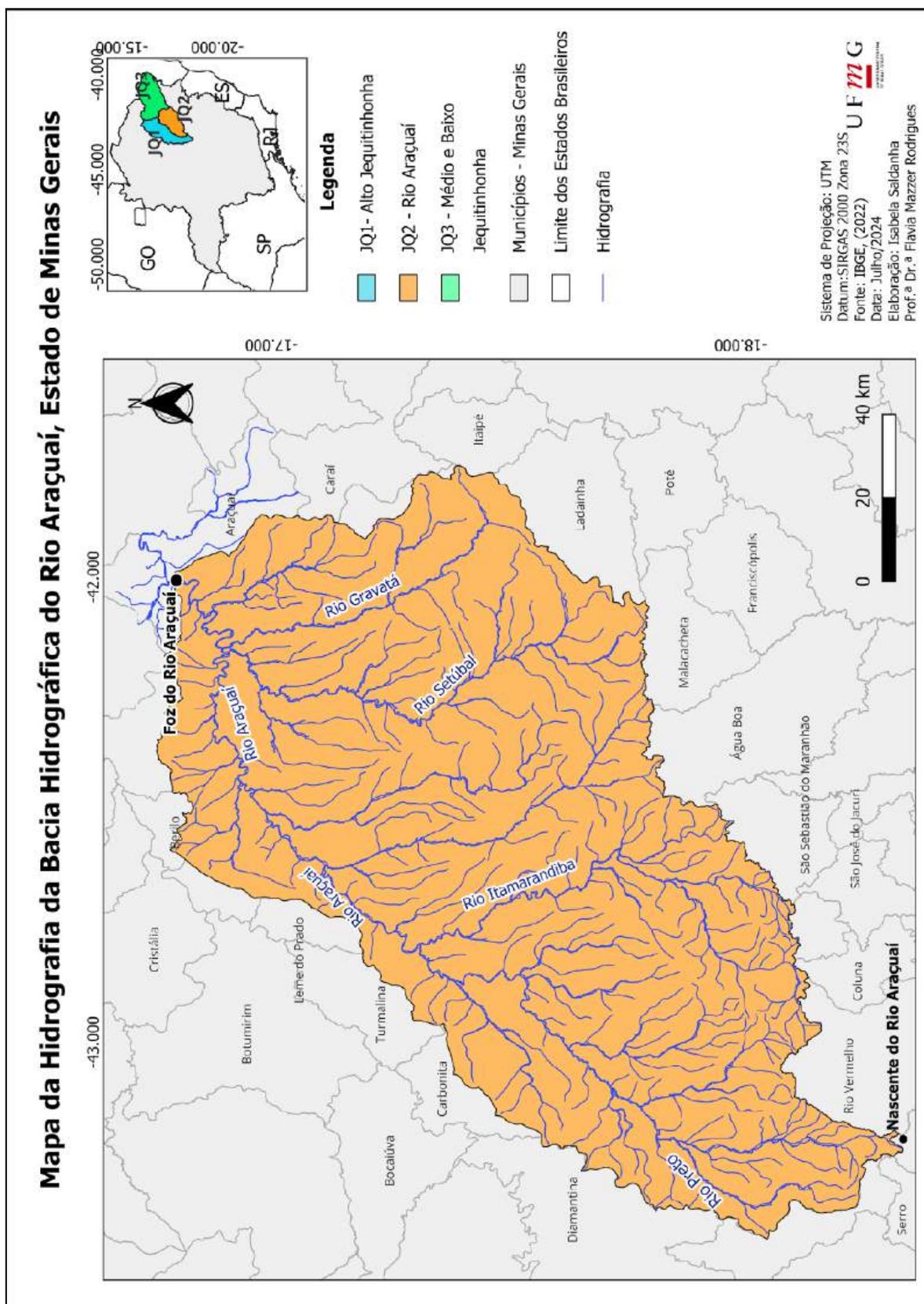
O Rio Araçuaí, com uma extensão de aproximadamente 250 km, inteiramente perene, dispõe-se paralelamente ao curso do Rio Jequitinhonha, desaguando próximo à cidade de Araçuaí. Dentre os principais formadores do Araçuaí pela margem direita estão os rios Itacambira, Grande Itanguá, São João, Fanado, Capivari, Gravatá e Setúbal, e os ribeirões Santo Antônio, São Lourenço e Calhauzinho. Os principais tributários da margem esquerda são os ribeirões Soledade, do Atlas e dos Afonsos, o córrego Água Limpa e o rio Preto. (Gonçalves, 1997).

As principais fontes de poluição dos recursos hídricos da região da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, além dos esgotos domésticos, estão relacionadas às atividades de agricultura e pastagem que geram processos erosivos, assoreamento dos rios e carreamento de agrotóxicos e fertilizantes, alterando assim a qualidade da água dos mananciais. Um fator preocupante é o desenvolvimento de atividades de extrativismo mineral, que contribuem para o acréscimo de processos de assoreamento e a contaminação decorrente do uso indiscriminado de mercúrio nas lavras garimpeiras de ouro (ANA, 2006).

Apesar da qualidade de suas águas ainda serem consideradas satisfatórias, recentemente, o IGAM declarou situação crítica de escassez hídrica superficial nas porções hidrográficas, no Rio Araçuaí e sua bacia de contribuição, na região do vale do Jequitinhonha. A escassez hídrica pode vir a comprometer a situação da qualidade das águas por aumento na concentração de poluentes (IGAM, 2019).

Em estudo realizado por Vieira (2021), na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, foi observado pontos críticos de qualidade da água nos rios Fanado e Araçuaí, ambos sob maior influência de áreas urbanas. Esses cursos d'água apresentaram maiores valores de condutividade elétrica, nitrato, nitrogênio amoniacal e total, sólidos e fósforo, parâmetros associados ao lançamento de efluentes domésticos e industriais. Nos rios Gravatá e Setúbal verificou-se maior influência da ocupação agrícola, indicadas pela baixa representatividade da demanda bioquímica de oxigênio e maior influência do fósforo nessas regiões.

Figura 5 - Hidrografia da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.



Fonte: Do Autor, 2024.

4.3 Potencial de Uso Conservacionista (PUC)

A variável de Declividade da área da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí que possui uma área de aproximadamente 16.296,34 km², apresentou predominância da classe de relevo moderadamente ondulado a ondulado, com declives moderados, variando de 8 a 20% (Figura 6), de acordo com a classificação Embrapa (2018), seguido do suave ondulado (17,05%) e o de menor abrangência, montanhoso a escarpado, compreende aproximadamente 0,13% (21,18 km²) da área de estudo (Tabela 7).

Os dados corroboram com Santos Neto (2017) que demonstrou em regiões mais próximas à foz do rio Araçuaí e em áreas de chapada (planaltos) o predomínio de relevo plano e suave ondulado e nas imediações à nascente em escarpas de serras, as classes ondulado e forte ondulado.

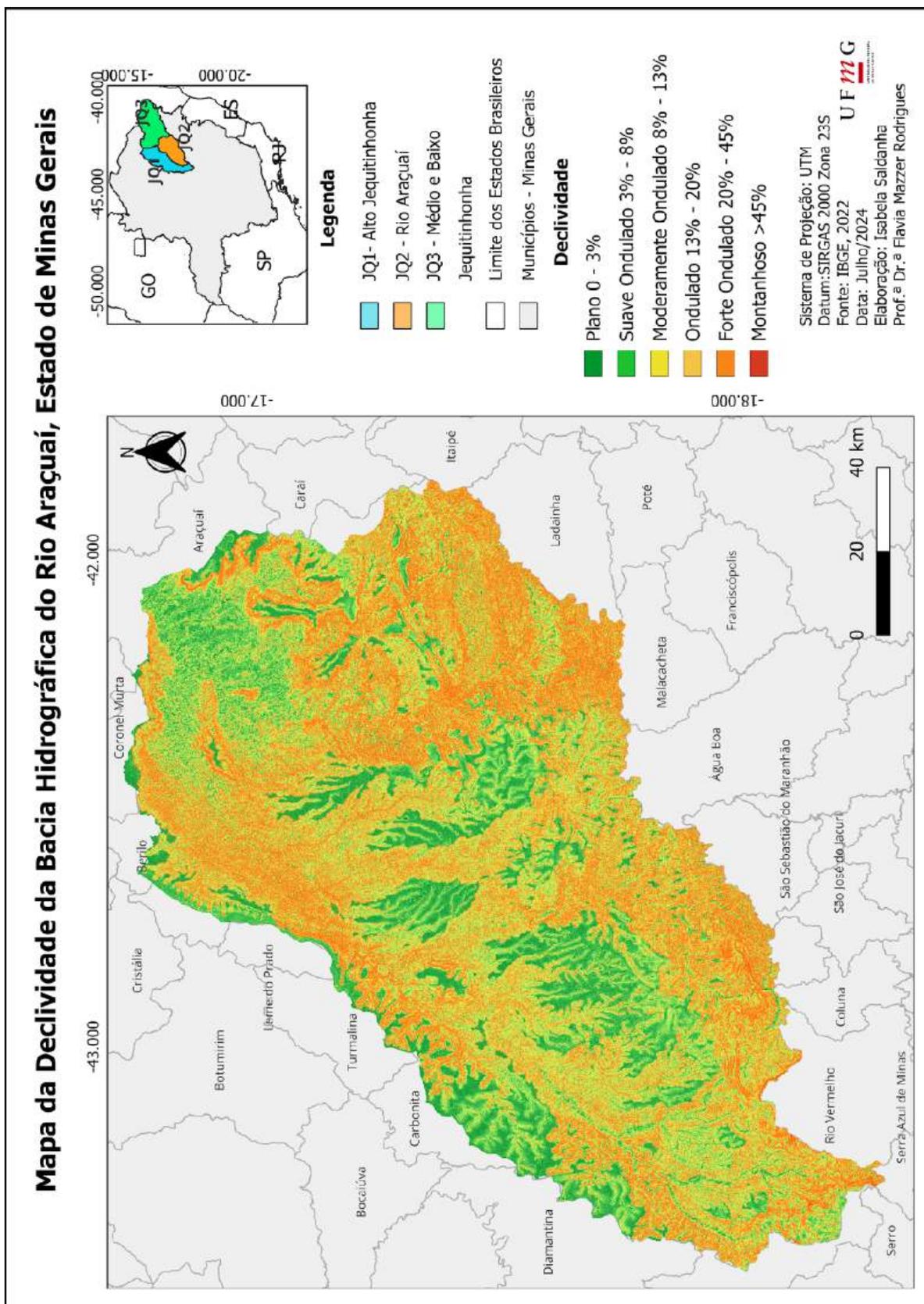
Tabela 7 – Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.

Declividade (%)	Fases do Relevo	Área ocupada na Bacia (%)	Pesos PUC
0 - 3	Plano	6,06	5
3 - 8	Suave Ondulado	17,05	4
8 - 13	Moderadamente Ondulado	36,36	3
13 - 20	Ondulado	37,57	3
20 - 45	Forte Ondulado	2,80	2
> 45	Montanhoso a escarpado	0,13	1

Fonte: Do Autor, 2024.

A declividade compreende o gradiente de inclinação do terreno, condicionado por fatores como formas de relevo e erosão. Pode ser expressa pela influência do gradiente de inclinação na taxa de erosão, que difere para as condições de vales, mais planas, e vertentes, menos planas (Fox e Bryan, 2000). Portanto, condiciona potencialidades para uso agrícola, restrições para ocupação antrópica, necessidade de manejos e práticas conservacionistas (Neves, 2022).

Figura 6 - Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.

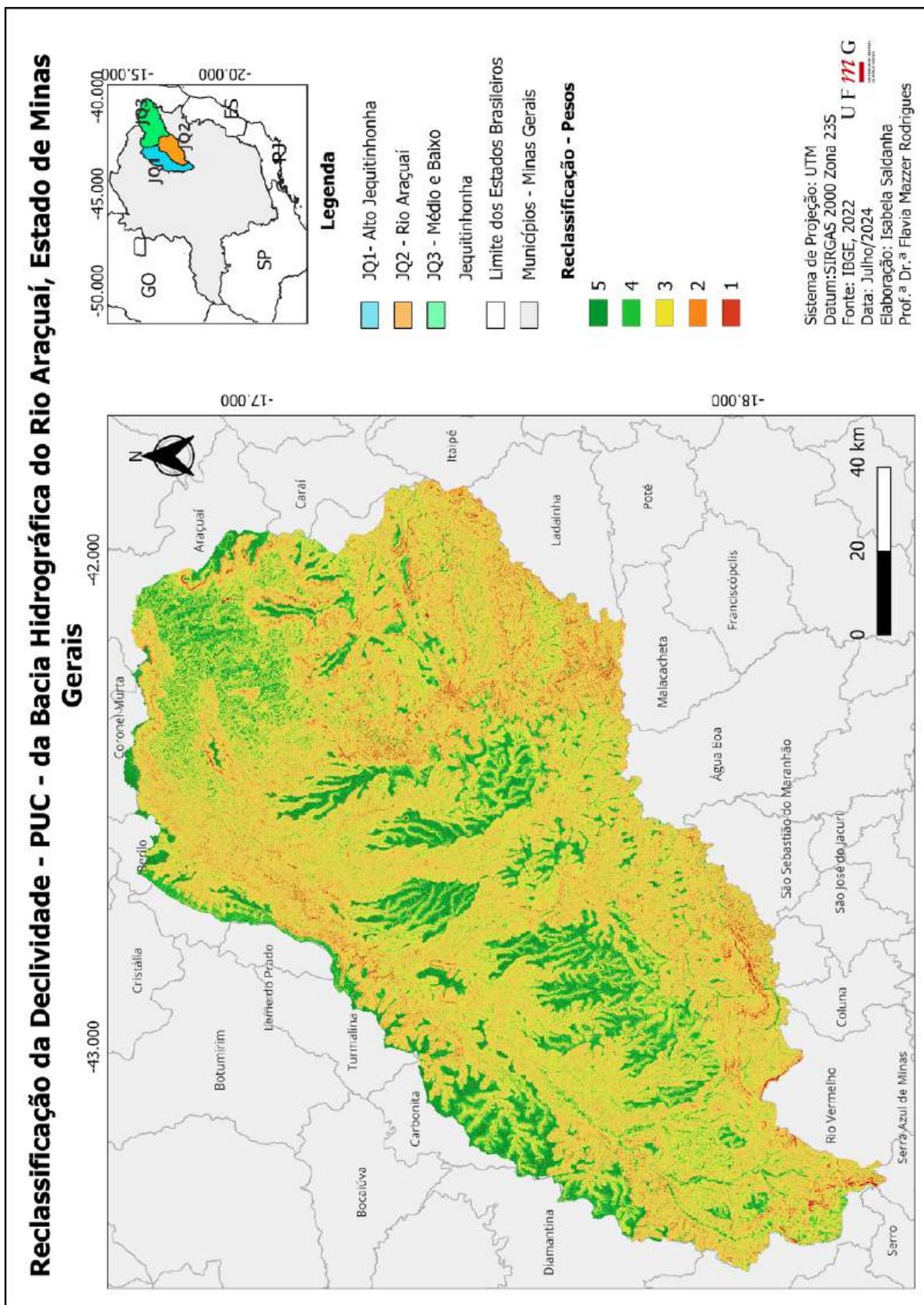


Fonte: Do Autor, 2024.

Cardoso *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 rica, com mananciais geradores de água a montante, local de maior declividade e, portanto, região necessária da aplicação de melhores práticas conservacionistas.

Posteriormente foi realizada a reclassificação do *raster* de declividade, com atribuição dos pesos às classes, de acordo com a proposta de Costa *et al.*, (2017) (Figura 7). Observa-se uma predominância do peso 3, aproximadamente 74% (12.047,9 km²) da área da bacia hidrográfica. Isso pode comprometer a velocidade de escoamento e o tempo de infiltração de água (Costa *et al.*, 2019; Tenenwurcel *et al.*, 2020), dificultar o manejo agropecuário, além de favorecer processos erosivos (Dominati; Patterson; Mackay, 2010).

Figura 7 – Reclassificação da Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.



Fonte: Do Autor, 2024.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí a classe de solo de maior abrangência é a dos Latossolos, representando aproximadamente 44,75% (7.292,61 km²) da área total (Figura 8). Esta corresponde à primeira classe de solo de maior peso do PUC (4,7) (Tabela 8), indicando solos com boas condições físicas, tais como profundidade, estrutura e drenagem que favorecem o potencial de uso conservacionista, juntamente com os Nitossolos e Argissolos. Também estão presentes na área, solos de menor potencial, como os Cambissolos (29,71%) que, por serem mais frágeis, necessitam de maior atenção às práticas de manejo e conservação dos solos.

Tabela 8 – Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.

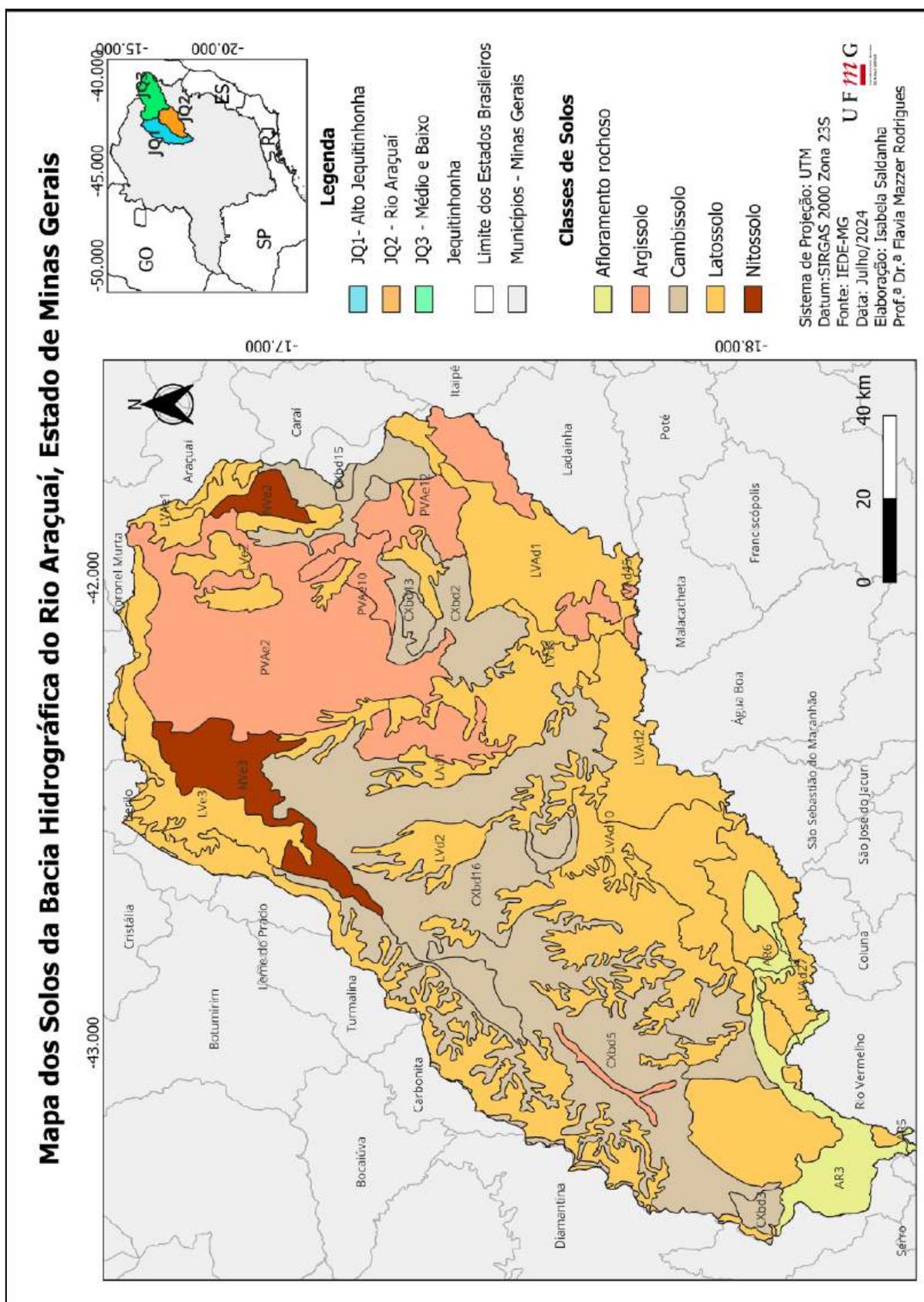
Solo	Área (km²)	Área ocupada na Bacia (%)	Pesos PUC
Afloramento de Rochas	591,55	3,63	0
Argissolo	2944,75	18,07	4
Cambissolo	4841,65	29,71	2,6
Latossolo	7292,62	44,75	4,7
Nitossolo	622,52	3,82	5

Fonte: Do Autor, 2024.

De acordo com os dados, pode-se observar que os Argissolos estão localizados principalmente na porção mais próxima a foz da bacia hidrográfica, com superfícies menos suaves. Os Latossolos encontram-se melhor distribuídos ao longo da área, tendo uma maior concentração na margem direita do Rio Araçuaí. Os Cambissolos têm sua maior ocorrência na porção central. E por fim, os Nitossolos são mais presentes próximo à margem esquerda do rio principal. Os Afloramentos de Rochas (591,55 km²) é possível verificar nas proximidades da nascente na área de estudo, associados a relevos fortes ondulados a montanhoso.

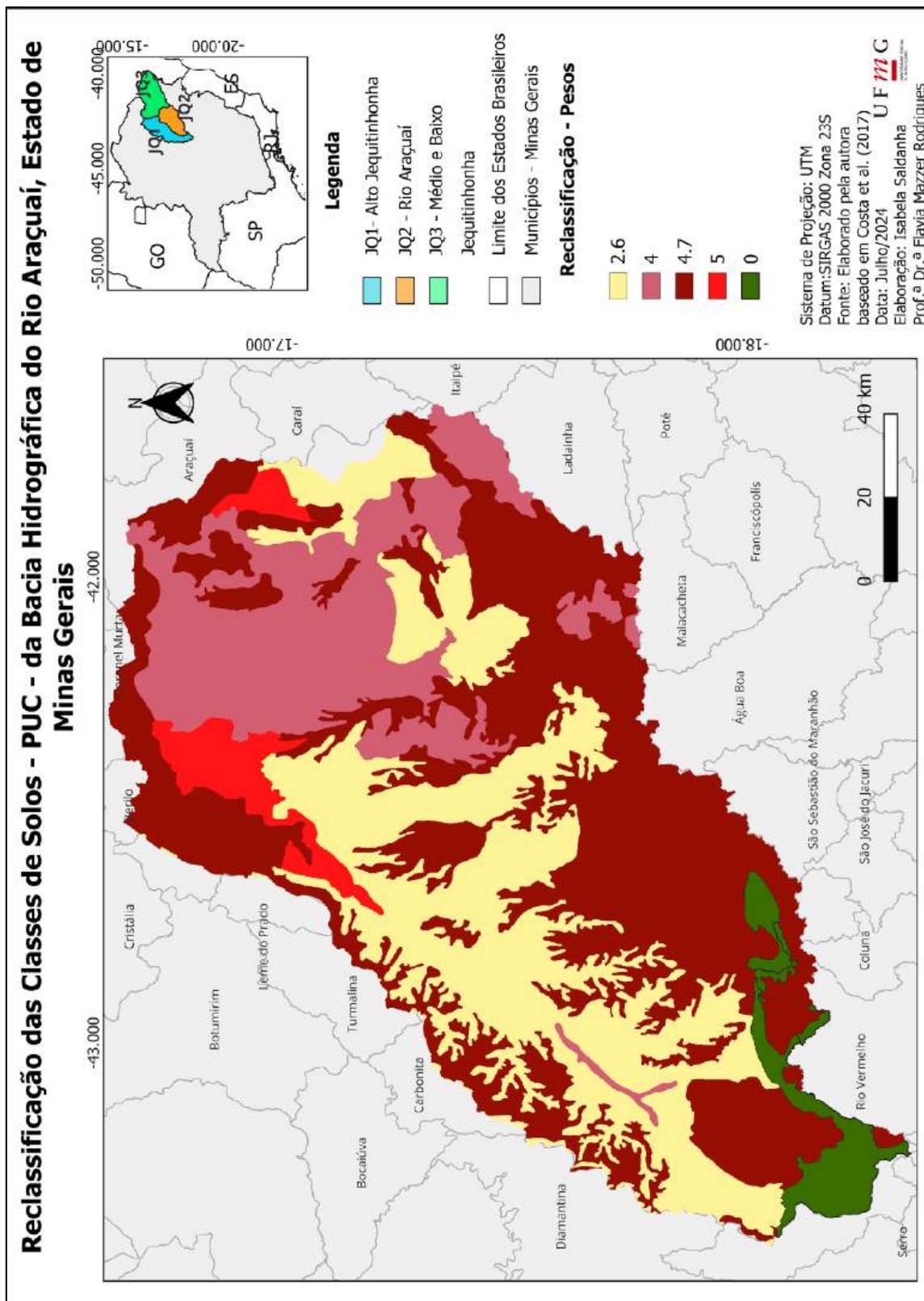
Em seguida, foi aplicado a reclassificação do solo, com atribuição dos pesos às classes presentes em cada variável ambiental, quanto ao potencial de recarga hídrica, quanto ao potencial de uso agropecuário e quanto à sua resistência à erosão, de acordo com a proposta de Costa *et al.*, (2017) (Figura 9), e é possível observar uma predominância dos pesos 4,7, indicando solos de maior potencial e 2,6, solos que carecem de práticas de manejo que visem a sua conservação. Os Nitossolos, principalmente os de maior fertilidade natural e de maior profundidade, apresentam alto potencial para o uso agrícola. Já em ambientes de relevo mais declivosos, apresentam alguma limitação para uso agrícola relacionada à restrição à mecanização e à susceptibilidade à erosão (Embrapa, 2018).

Figura 8 - Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.



Fonte: Do Autor, 2024.

Figura 9 – Reclassificação dos Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.



Fonte: Do Autor, 2024.

A Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí localiza-se na borda do Cráton do São Francisco com uma pequena parte contida na Província Costeira (Almeida, 2017). O Cráton do São Francisco tem a maior parte de sua área coberta por metassedimentos com idades que vão do Paleoproterozóico ao Neoproterozóico e sedimentos oriundos da era Cenozóica, sendo que a maior parte da cobertura proterozóica apresenta-se na forma dobrada, devido ao efeito da zona de deformação da orogênese brasileira, que localiza-se às margens do Cráton e define o seu contorno (Uhlein, 1991).

Na área de estudo, verifica-se uma predominância de xistos, quartzitos e rochas calco silicatadas, granitos, gnaisses e pegmatitos as quais pertencem à Formação Salinas do Grupo Macaúbas, supergrupo São Francisco além de coberturas detríticas cenozoicas da Formação São Domingos (Pedrosa Soares e Saadi, 1989).

Rochas do Neoproterozoico registram importantes processos geológicos ocorridos no Grupo Macaúbas, tais como:

- Formação Serra do Catuni (metadiamicrito), que aflora na região de Couto de Magalhães de Minas e se estende para norte, na borda oeste do Bloco Porteirinha;

- Formação Nova Aurora (metadiamicrito, localmente de matriz ferruginosa), que ocorre principalmente em áreas dos municípios de Fruta de Leite, Grão Mogol, Novorizonte, Cristália e Rio Pardo de Minas, e detém grandes jazidas de ferro (Vilela, 2010);

- Formação Chapada Acauã Inferior (metadiamicrito, metarenito, metabasalto), que se distribui uma faixa estreita entre o norte de Diamantina e Fruta de Leite, abrangendo parte dos municípios de Turmalina, Carbonita, Padre Carvalho, Josenópolis, José Gonçalves de Minas, entre outros (Kuchenbecker, 2018).

Com base neste contexto, observa-se que os metadiamicritos representam o litotipo mais abundante do Grupo Macaúbas e possuem clastos de quartzo, quartzito, carbonato, filito, gnaiss e granitoide (Santos *et al.*, 2009).

De acordo com as observações nas litologias da área de estudo foram especificados onze diferentes litotipos, as quais foram atribuídos pesos que variam de 1 a 1,7 (Tabela 9). Os pesos atribuídos são classificados como muito baixos e menor susceptibilidade aos processos do intemperismo, o que implica em menor potencial nestas áreas. Assim, rochas com elevada resistência à erosão e baixa capacidade de suprimento de nutrientes, como os quartzitos, receberam os menores pesos.

Tabela 9 – Litologia da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.

Litologia	Área (km²)	Área ocupada na Bacia (%)	Pesos PUC
Quartzito	1378,67	8,46	1
Metaultramáfica	3,25	0,02	2,5
Gnaisse	1390,08	8,53	1,7
Granodiorito Mercê	405,77	2,49	1,7
Granito	849,04	5,21	1,5
Xisto verde	156,44	0,96	1,3
Sedimentos clásticos	3808,46	23,37	1,2
Metagrauvacas	493,77	3,03	1,2
Metadiamicrito	990,81	6,08	1,2
Metaconglomerados	6784,17	41,63	1,5
Sedimentos Inconsolidados	24,44	0,15	1,2

Fonte: Do Autor, 2024.

A classe de litologia de maior representação espacial na área de estudo é a Metaconglomerados, a qual representa 41,63% da área, seguida pelos Sedimentos Clásticos (23,37%).

De acordo com Diniz *et al.*, (2001), as chapadas são as formas predominantes do relevo da margem esquerda do rio Araçuaí e constituem a Formação São Domingos cobertas por sedimentos detríticos cenozoicos, porosos e permeáveis, integrando importantes aquíferos freáticos. Estes sedimentos estão sobrepostos às rochas do Grupo Macaúbas, do Supergrupo São Francisco, datadas como sendo do Neoproterozoico, e constituídas por quartzitos, quartzo-xistos, meta-diamictitos, filitos e xistos verdes. Os autores ainda concluem que devido às características geológicas das coberturas cenozoicas, a infiltração, durante o período de chuvas, é intensa e permite o acúmulo da água nos aquíferos freáticos.

Para Gradim *et al.*, (2005), os xistos verdes na região do Alto Rio Araçuaí, que se prolongam em direção norte, pertencem ao magmatismo básico da abertura da Bacia Macaúbas, com no máximo em torno de 1,16 Ga (Giga Ano) de idade.

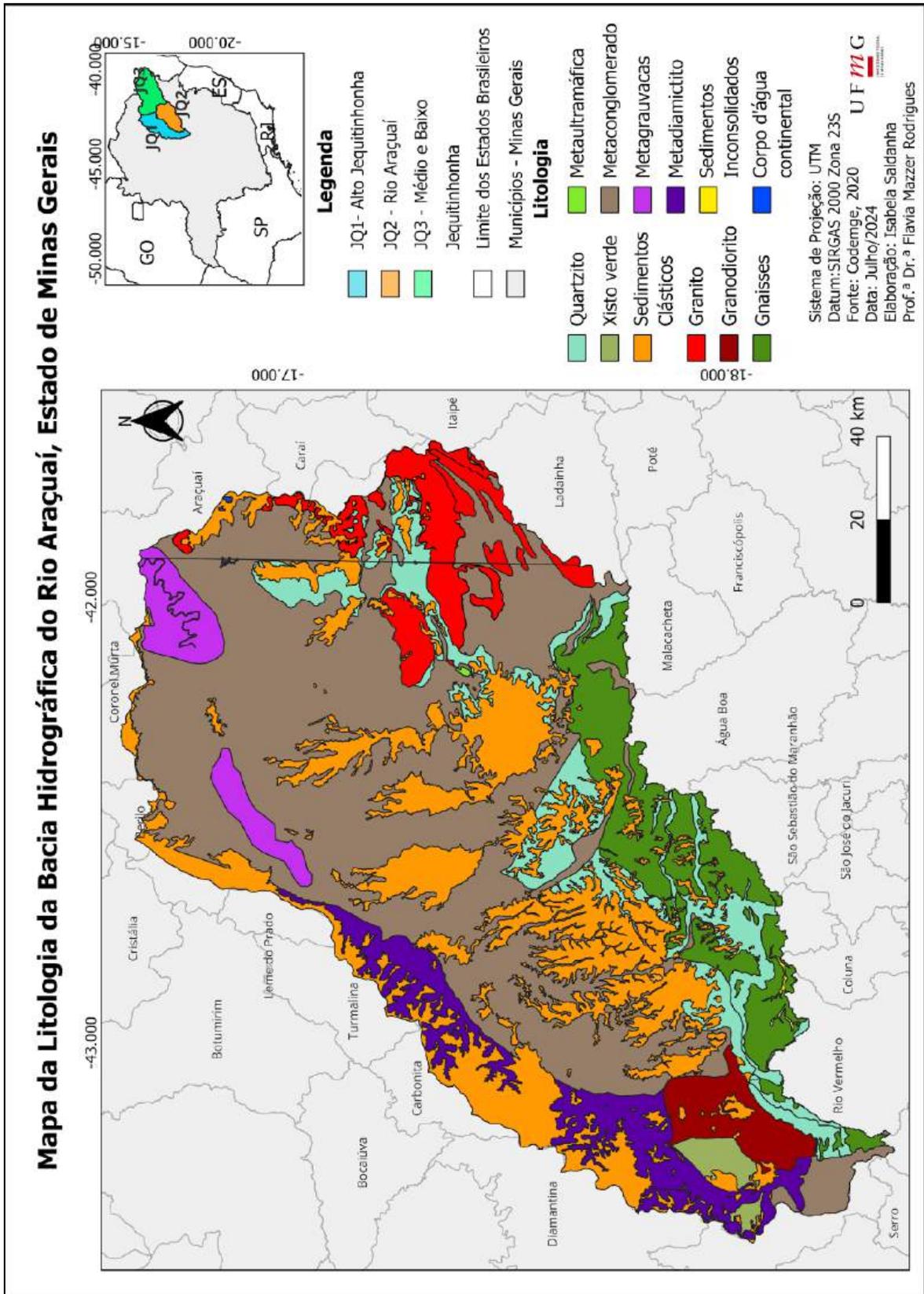
Na Era Paleozoico, a sedimentação ocorrida durante a fase colisional do Orógeno Araçuaí é registrada pela Formação Salinas composta por metagrauvaca, metapelito (quartzito-mica xistos) e metaconglomerado. Os metaconglomerados são o litotipo menos abundante da formação e afloram ao longo de uma faixa de direção geral NS, na porção central da área estudada. Seus contatos com os demais litotipos mostram-se irregulares e são, provavelmente, de caráter erosivo (Santos *et al.*, 2009).

No entanto, litologias importantes, com material parental de solos de grande potencial agropecuário, mais notória em reduzida quantidade na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí

foram as rochas máficas, como a metaultramáfica, em uma área de aproximadamente 3,25 km² (Figura 10).

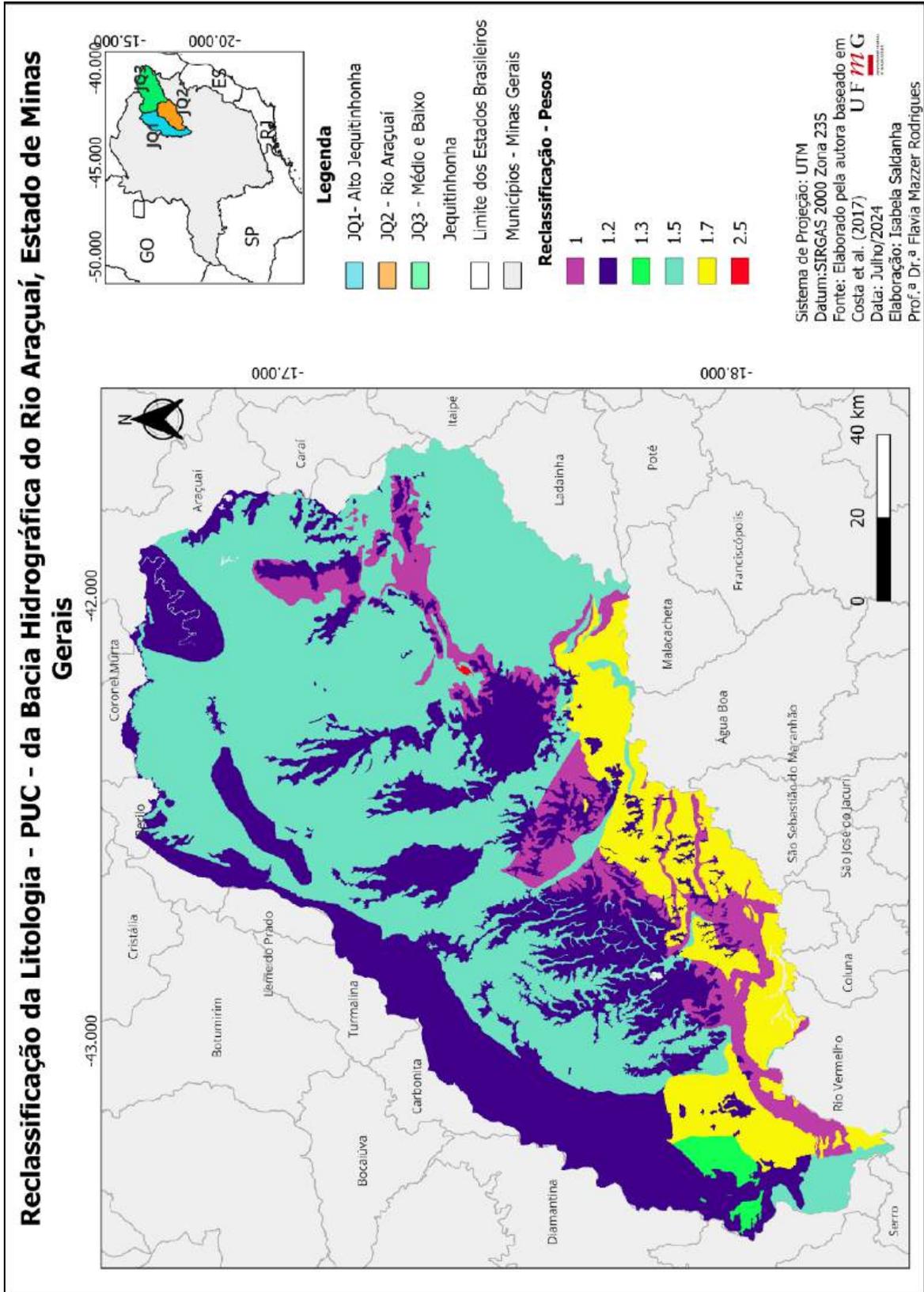
Em seguida, foi aplicado a reclassificação da litologia, com atribuição dos pesos às classes presentes em cada variável ambiental, quanto a resistência à denudação das rochas e de fornecimento de nutrientes, de acordo com a proposta de Costa *et al.*, (2017) (Figura 11), e é possível observar uma predominância dos pesos 1,2 (5.293,04 km²) e 1,5, representado pela litologia do granito e metaconglomerados.

Figura 10 - Litologias da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.



Fonte: Do Autor, 2024.

Figura 11 – Reclassificação das Litologias da Bacia Hidrográfica do Rio Araçaí, MG.



Fonte: Do Autor, 2024.

Por fim, o potencial de uso conservacionista (PUC) foi calculado partindo de três camadas de informações: litologia, classe de solo e declividade. Em seguida, aplicou-se a equação às variáveis, considerando pesos de 50% para declividade, 39% para classe de solo e 11% para litologia (Costa *et al.*, 2017, 2019). O PUC apresentou os cinco níveis de potencialidade quanto ao uso conservacionista: Muito baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito alto. A Figura 12 apresenta o mapa resultante da interação entre as variáveis e a Tabela 10 os dados quantitativos.

Tabela 10 – Intervalos de abrangência e cores das classes para representação do PUC.

Classes	Intervalos	Área (%)	Cores
Muito baixo	1,0 a 1,8	0,67	Vermelho
Baixo	1,8 a 2,6	13,56	Laranja
Médio	2,6 a 3,4	49,31	Amarelo
Alto	3,4 a 4,2	31,61	Verde
Muito alto	4,2 a 5,0	4,66	Azul
TOTAL	-	100	

Fonte: Do Autor, 2024.

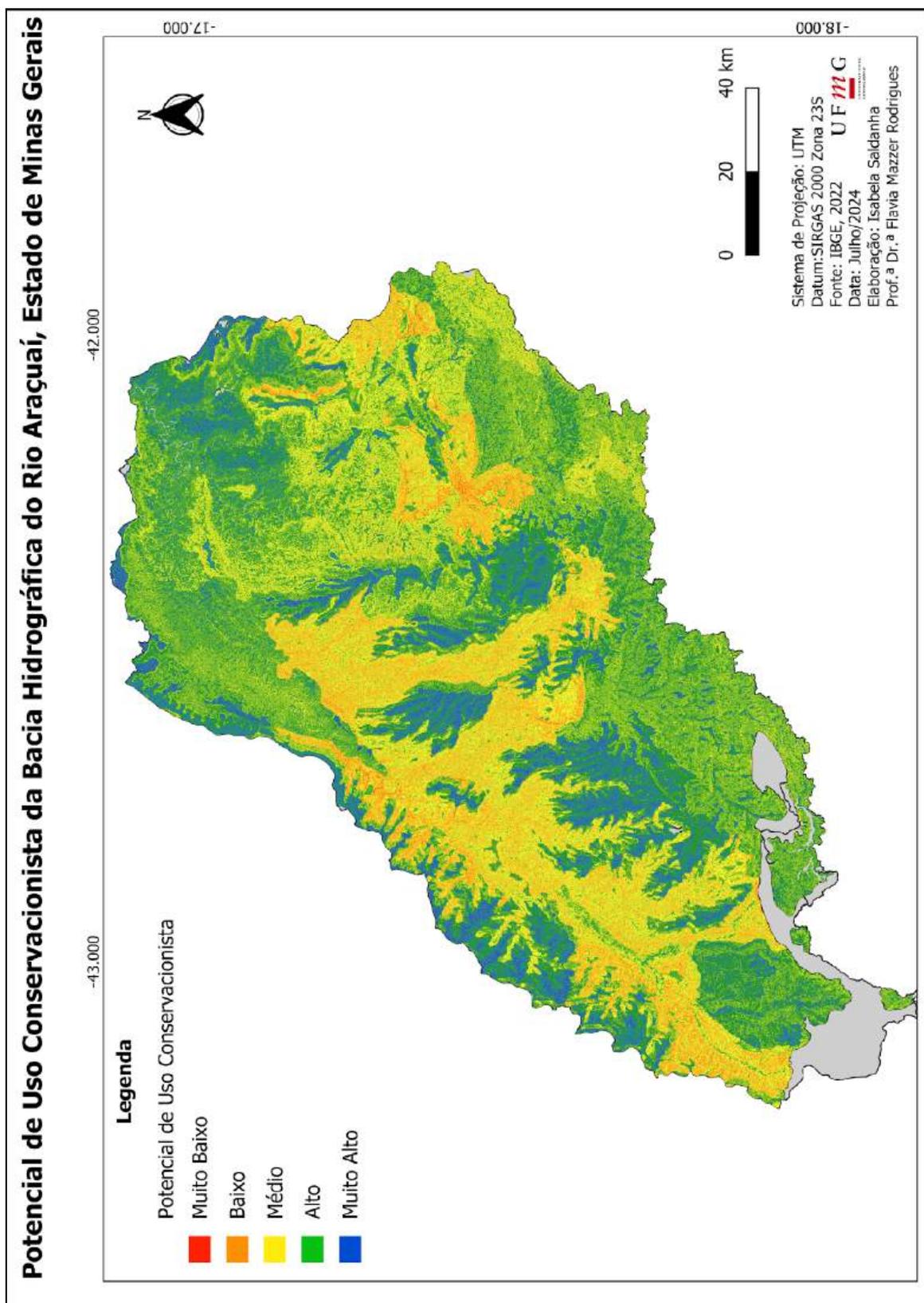
Os dados obtidos revelam que as áreas classificadas como Muito Baixo e Baixo, somam 14,23%, equiparado às outras classes, é a porcentagem mais baixa encontrada na área de estudo. O potencial Médio está presente por toda dimensão, com 49,31% sendo mais predominante na porção central e oeste da bacia. E por fim, os potenciais Alto e Muito alto, revelam sua predominância nas áreas com relevo suave ondulado e moderadamente ondulado da bacia, constituindo 36,27% da área total.

As classes de PUC Muito Baixo e Baixo são as com maiores limitações de uso, localizando-se, majoritariamente, na porção próxima ao exutório do Rio Araçuaí. Estas áreas são compostas predominantemente por Cambissolo Háplico e Argissolo Vermelho Amarelo, moderadamente drenados, e com litologia dominante de granito e quartzito. Estas características, associadas ao relevo mais movimentado, conferem resistência mecânica e restrições para recarga hídrica.

De acordo com Bonna (2011) os Cambissolos desenvolvem-se, em sua maioria, em relevo declivoso favorecendo a gravidade que, por sua vez, possibilita o desenvolvimento de movimentos de massa e dificulta a infiltração da água no solo, processos erosivos consequentes.

Nesta classe de abrangência do PUC Muito baixo e Baixo há também áreas de Afloramento rochoso, o que justifica a baixa aptidão agrícola para a região próxima a nascente do rio Araçuaí.

Figura 12 – Potencial de Uso Conservacionista para a Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.



Fonte: Do Autor, 2024.

As classes de PUC Médio se distribuem na porção oeste da bacia, ao longo da bacia (Figura 12). E estão associadas, na maioria, a relevo forte ondulado com predomínio de declives entre 20- 45%, e de solos pouco desenvolvidos pedogeneticamente, principalmente a classe dos Cambissolos.

Santos Neto (2017) em estudos realizados na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí observou que em relação à vulnerabilidade dos solos, infere-se maiores potenciais de perdas na parte central e nordeste da bacia, onde se localizam os Argissolos Vermelho Amarelos e os Cambissolos Háplicos. Esses solos, por suas características, necessitam de cuidados especiais e jamais devem ser expostos a ação pluvial.

Os resultados para classe PUC Alto e Muito Alto ocupam as áreas centrais ao longo da bacia, próximo ao Rio Araçuaí e próximo ao exutório na porção oeste, com solos de classes do Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho e Argissolo Vermelho Amarelo com textura média/argilosa. No PUC os Latossolos recebem peso de 4,7 devido serem solos profundos, bem drenados e bastante desenvolvidos pedogeneticamente (Costa *et al.*, 2017). O alto potencial nestes locais também se deve às condições de relevo suave ondulado que favorece ao maior tempo de concentração da água no solo, viabilizando a infiltração da água (Minella e Merten, 2012), e conseqüentemente maior recarga hídrica. Nesse sentido, a destinação destas áreas para usos agrícolas se torna viável, desde que observadas práticas de manejo e conservação do solo e a legislação vigente, além de ser viável a destinação de áreas de preservação de recursos naturais.

Em referência aos Nitossolos, localizados em áreas mais planas, principalmente os de maior fertilidade natural e de maior profundidade, apresentam alto potencial para o uso agrícola (Embrapa, 2018).

4.4 Mapa de Uso e Ocupação do Solo

No mapeamento do uso e ocupação do solo foram utilizados dados do projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Ao acessar a plataforma do projeto foi realizado o *download* da área do Estado de Minas Gerais e no sistema de informação geográfica, foi gerado o recorte do limite da nas áreas da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí. As ocorrências e distribuições do uso e ocupação do solo foram classificadas em: Formação Florestal, Formação Savânica, Campo Alagado e Área Pantanosa, Formação Campestre, Afloramento Rochoso, Pastagem, Soja, Outras Lavouras Temporárias, Café, Outras Lavouras Perenes, Silvicultura, Mosaico de Usos, Área Urbanizada, Outras Áreas não Vegetadas, Rio,

Lago e Oceano. No Projeto MapBiomias foi possível exportar dados de cobertura do solo, a fim de acompanhar as mudanças nos anos de 1992 e 2022.

Com base nos dados analisados e no mapa temático gerado, para o ano de 1992 observou-se na análise de uso e ocupação do solo, a ocupação predominante é a Formação Savânica, representando aproximadamente 32% da área de estudo; seguido da Formação Florestal com aproximadamente 26% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí (Tabela 11). Na área ocorre o uso da Pastagem com 13,28%. Não foi observado o uso com Soja no referido ano de análise. O afloramento rochoso é possível verificar bem próximo a nascente do Rio Araçuaí com aproximadamente 12.032,82 hectares.

Tabela 11: Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.

Uso e Ocupação do Solo	1992		2022	
	Área (ha)	% Área	Área (ha)	% Área
Formação Florestal	437.745,96	26,86	399.018,69	24,49
Formação Savânica	521.996,76	32,03	420.694,11	25,82
Campo Alagado	604,80	0,03	1.398,69	0,09
Formação Campestre	4.498,20	0,27	5.588,1	0,34
Afloramento Rochoso	12.032,82	0,73	13.182,03	0,81
Pastagem	216.552,78	13,28	361.255,86	22,17
Soja	-	-	11,79	0,001
Outras Lavouras Temporárias	6,03	0,0004	291,42	0,02
Café	4.128,00	0,25	7.210,08	0,44
Outras Lavouras Perenes	37,71	0,002	162,09	0,01
Silvicultura	88.411,59	5,42	206.078,49	12,65
Mosaico de Usos	336.357,09	20,64	203.200,47	12,47
Área Urbanizada	2.023,2	0,12	5.377,14	0,33
Outras Áreas não Vegetadas	886,68	0,05	3.203,46	0,20
Rio, Lago, Oceano	4.323,33	0,26	2.962,53	0,18
ÁREA TOTAL	1.629.634,95	100	1.629.634,95	100

Fonte: Do Autor, 2024.

Nas áreas de relevo plano a suave ondulado há um predomínio do uso com Silvicultura, aproximadamente 5% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí.

De acordo com os dados analisados, no ano de 2022, houve uma diminuição de área ocupada com Formação Florestal e Savânica e um aumento nas áreas com os usos Pastagem e Silvicultura. A área com Pastagem aumentou aproximadamente, no período de 30 anos, de 216.552 hectares para 361.255 hectares. Foi possível observar no conjunto de dados um aumento significativo na Área Urbanizada, localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí (Figura 13).

A expansão urbana oferece uma perspectiva de solos impermeáveis, redução na capacidade de infiltração de água, redução da recarga hídrica, aumento dos fluxos de enxurrada, dentre outras alterações (Costa *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2018).

Pacheco (2021) observou que no município de Araçuaí, região próxima a foz da bacia hidrográfica, a classe vegetação nativa apresentou redução de 1,49% da área total do município, entre o período de 2000 e 2019. Esta redução, ainda que seja pouco significativa, pode ser justificada a pretexto da expansão das atividades agrícolas e pecuária, que oportunizam a supressão da vegetação nativa.

Ademais, o município de Araçuaí possui baixo índice pluviométrico, com uma extensa estação de deficiência hídrica atingindo forte aridez entre os meses de agosto a novembro (Nimer, 1989). Portanto é uma região que tem enfrentado sérios problemas com a estiagem, e conforme Pereira *et al.*, (2003), os rios têm sido afetados por processos erosivos acarretados por causas naturais e antrópicas (mineração, agropecuária), ocasionando o assoreamento e a redução de vazão.

Segundo Costa *et al.*, (2012) o mapeamento do uso e ocupação do solo das áreas da bacia hidrográfica, associado a estudos da declividade e capacidade suporte do solo podem auxiliar no planejamento das áreas de riscos de erosão. A partir do uso das geotecnologias é possível prevenir a instauração de grandes processos erosivos que geram prejuízos ambientais, sociais e econômicos para a população local.

4.5 Uso e Ocupação do Solo x Potencial de Uso Conservacionista

A Matriz PUC, consiste na sobreposição das faixas PUC com as classes de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica Rio Araçuaí, evidenciando as atividades que ocupam as áreas de baixo potencial, e quais encontram-se nas faixas de alto potencial de respostas para práticas conservacionistas (Mendes, 2021). Para isso, foram convertidos em polígonos os mapas: Potencial de Uso Conservacionista (Figura 12) e Uso e Ocupação do Solo, anos 1992 e 2022 (Figura 13). A partir disso, por meio do algoritmo Interseção encontrado no QGis, as feições foram sobrepostas, disponibilizando assim, dados sobre as classes de uso em relação a cada faixa PUC (Tabela 12).

Tabela 12: Matriz de Potencial de Uso Conservacionista da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, MG.

Uso e Ocupação do Solo	Classes - Potencial de Uso Conservacionista (%)									
	1992					2022				
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Formação Florestal	10,96	23,42	18,47	20,03	24,20	7,66	21,69	16,27	18,62	20,98
Formação Savânica	47,53	24,56	21,93	25,87	17,51	30,59	23,06	19,56	21,76	13,64
Campo Alagado	0,18	0,03	0,10	0,10	0,10	0,33	0,23	0,33	0,34	0,70
Form. Campestre	0,34	0,93	0,54	0,30	0,03	0,41	1,02	0,71	0,44	0,13
Aflor. Rochoso	0,04	0,60	0,41	0,12	0,16	0,08	0,79	0,55	0,17	0,23
Pastagem	4,71	13,42	12,51	14,65	21,58	7,60	16,58	13,02	21,29	33,54
Soja	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	-
Lav. Temporárias	-	-	0,00	0,00	0,00	-	0,02	0,04	0,04	0,05
Café	0,16	0,37	0,78	0,51	0,62	0,64	0,42	0,93	0,80	1,25
Lavouras Perenes	-	0,00	0,02	0,01	0,00	-	0,03	0,08	0,05	0,01
Silvicultura	20,91	2,91	4,66	5,03	0,34	45,33	7,52	7,81	7,80	4,42
Mosaico Usos	14,75	32,95	39,64	32,53	34,04	6,94	27,90	39,51	27,44	23,87
Área Urbanizada	0,10	0,08	0,08	0,12	0,09	0,25	0,13	0,12	0,23	0,29
Áreas não Veg.	0,02	0,14	0,20	0,15	0,06	0,14	0,29	0,66	0,55	0,10
Rio, Lago e Oceano	0,32	0,59	0,67	0,60	1,26	0,04	0,29	0,41	0,48	0,78

Fonte: Do Autor, 2024.

Na Matriz de Potencial de Uso Conservacionista (Tabela 12), a ocupação com Formação Florestal é possível observar o equilíbrio nas distribuições de área entre as classes PUC, com as variações relativamente baixas, à exceção do PUC Muito Baixo que se difere em ambos os anos, com 10,96% em 1992, e 7,66% em 2022.

A Formação Savânica possui predominância nas regiões onde as classes PUC têm valores menores. Em 1992, 47,53% de sua área apresentou-se na classe Muito baixo e 24,56% na classe Baixo, totalizando 72,09%. Já em 2022, esse valor foi de aproximadamente 53%. No PUC Alto e Muito Alto, a redução também ocorreu, com a soma passando de 43,38% em 1992 para 35,40% em 2022.

Com base nos dados obtidos, observou, portanto, que a Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí apontou uma extensa área de floresta presente na classificação PUC Muito Baixo, uma vez que a Formação Florestal e a Formação Savânica constituíram aproximadamente 59% de área em 1992, porém no ano de 2022 observa-se uma diminuição com o valor de 38,25%

Se, por um lado, há uma predominância de Formação Florestal em 1992, por outro lado observa-se uma diminuição desta ocupação e um aumento expressivo das áreas com uso de Pastagem, Silvicultura e Café mapeadas em 2022, para o PUC Muito Baixo e Baixo.

Destaca-se que a classe PUC Muito Baixo representa 0,67% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí e com os dados obtidos compreende-se que no ano de 1992 aproximadamente 57% estava sendo ocupado com Formação Florestal e Savânica e 20% com o uso da Silvicultura, já no ano de 2022, 37% e 45%, respectivamente. No PUC Muito Alto constatou que no ano de 1992, a Formação Florestal e Savânica apresentou aproximadamente 41% e 0,34% com o uso da Silvicultura, e no ano de 2022, os valores foram 34% e 4,4%, respectivamente, mantendo um padrão no decorrer dos anos de expansão na área de estudo do uso antrópico. Salienta que a classe PUC Muito Alto representa 4,66% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí.

De acordo com os dados, o uso Pastagem também indicou uma expansão na área de estudo, uma vez que no ano de 1992, no PUC Muito Baixo, representou aproximadamente 4,71% e 7,60% para o ano de 2022. No PUC Muito Alto, os valores para os anos de 1992 e 2022 foram de 21,58% e 33,54%, respectivamente.

Na classe Mosaico de Usos, que representa áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura, conforme orientações do Projeto MapBiomass, é possível observar que no PUC Muito Baixo e Baixo, apresentou uma área de aproximadamente 47,7% e 66,57% no PUC Alto e Muito Alto para o ano de 1992. No ano de

2022, exprimiram valores de 34,84% e 51,31% no PUC Muito Baixo e Baixo e PUC Alto e Muito Alto, respectivamente, denotando maior expressividade em áreas de PUC Alto e Muito Alto. Ademais, essa diminuição nos valores pode-se justificar pela melhoria na caracterização e no detalhamento do Projeto MapBiomias.

A soja, ausente em 1992, foi detectada em 2022, com valores extremamente baixos, não atingindo 1% de área. No entanto, as regiões escolhidas para o desenvolvimento dessa cultura estão localizadas no PUC Baixo, Médio e Alto, demonstrando que, se considerar aplicações de manejos conservacionistas, há possibilidade do aumento de área e de produtividade na bacia hidrográfica. A cultura do Café, no momento histórico de 1992 e 2022, teve acréscimos em área em todas as classes PUC, porém o maior valor foi observado no ano de 2022 no PUC Muito Alto.

A consideração desse avanço expressivo, somado ao incremento de praticamente todos os usos, com exceção das ocupações de Formação Florestal e Savânica, fornece uma perspectiva inicial acerca de quais áreas foram suprimidas ou tiveram o seu uso substituído para possibilitar a sua expansão.

Outro aspecto que ilustra a conexão do PUC com as atividades produtivas praticadas, está sobre o cultivo predominante em cada uma das classes do PUC. Se por um lado se tem altos valores em porcentagens dos crescimentos nos usos de Pastagem e Silvicultura, nas áreas de PUC Muito Baixo até Muito Alto, por outro lado se tem o crescimento muito mais expressivo do café e o aparecimento da cultura da soja nas classes de maiores potenciais. Esse fato alerta para, não somente o planejamento, mas o direcionamento de ações para o desenvolvimento regional de forma conservacionista.

De acordo com Neves (2022), em trabalho realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha, observou que na análise do conflito entre o PUC e o uso e ocupação do solo, os dados indicaram que os usos com Agropecuária e Silvicultura ocorrem em aproximadamente 96% de áreas de maior PUC (PUC Médio, Alto e Muito alto). O conflito vinculou-se a áreas de PUC Médio, Baixo e Muito Baixo com uso Solo Exposto e Agropecuária predominantemente, como também foi observado em estudo de Martins (2022) para áreas da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, além das áreas com Silvicultura.

Este diagnóstico é importante na gestão da bacia hidrográfica com ações que minimizem os processos erosivos. O fato de a maior parte dos usos antrópicos estarem em regiões de PUC Médio, Alto e Muito Alto não significa que pode-se dispensar o manejo sustentável, uma vez que pressões antrópicas têm potencial de gerar impactos negativos nos solos e recursos hídricos ao longo do tempo (Costa *et al.*, 2019).

Neste contexto, em estudo realizado por Vieira e Christofaro (2020), com o objetivo de avaliar as concentrações de parâmetros físico-químicos no recurso hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, concluíram que devem ser consideradas intervenções prioritárias para conter a degradação nas áreas dos rios Fanado e Setúbal, localizados em regiões de PUC Médio, Alto e Muito Alto.

5. CONCLUSÃO

A aplicação do Método PUC permitiu a identificação dos diferentes potenciais presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí. É preciso considerar que o detalhamento dos dados realizado juntamente com a visita em campo é capaz de evidenciar e corrigir limitações das ferramentas computacionais.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí o PUC Médio é o de maior expressão, em área, e estão associadas, na maioria, a relevo forte ondulado e de solos pouco desenvolvidos, principalmente a classe dos Cambissolos. As classes do PUC Alto e Muito Alto possuem aproximadamente 36,27% da área total, e apresentam predominância do relevo suave ondulado e moderadamente ondulado que favorece o maior tempo de concentração da água no solo, viabilizando a infiltração da água, e conseqüentemente maior recarga hídrica.

Os potenciais Muito Baixo e Baixo estão localizados em áreas compostas predominantemente pela classe do Cambissolo e Argissolo que, associadas ao relevo mais movimentado, conferem grande resistência mecânica e restrições para recarga hídrica.

Na Matriz PUC, em uma visão geral, a bacia hidrográfica apresenta um grau de conservação do uso do solo relativamente elevado, uma vez que em todas as classes PUC encontram-se majoritariamente preservadas por Formação Florestal e Savânica nos momentos históricos analisados. Porém, observou-se uma diminuição desta ocupação e um aumento relevante das áreas com uso de Pastagem e Silvicultura mapeadas em 2022, para o PUC Muito Baixo e Baixo, além do crescimento significativo do café e o aparecimento da cultura da soja nas classes de maiores potenciais.

A análise integrada da área em conjunto com a iniciativa de organização e planejamento de estratégias são extremamente benéficos como subsídio à tomada de decisões para uma adequação do uso do solo e preservação dos recursos naturais na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N.. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas/** Aziz Ab'Sáber – São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159p.
- ALBALADEJO, J.; DÍAZ-PEREIRA, E.; DE VENTE, J.. Eco-holistic soil conservation to support land degradation neutrality and the sustainable development goals. **Catena**, v. 196, p. 104823, 2021.
- ALMEIDA, H. A.. **Climatologia Aplicada a Geografia**. Campina Grande: EDUEPD, 2016.
- ALMEIDA, F. F. M.. O cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 7, n. 4, p. 349-364, 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA), 2006. CADERNO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO LESTE. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011024710.pdf. Acesso em: 21-03-2024.
- AQUINO, J. N.; SALIS, H. H. C.; GAMEIRO, S.; OLIVEIRA, M. A.; RODIGHERI, G.; MENDES, A. P. S. F.; SFREDO, G. A. Zoneamento do Potencial de Uso Conservacionista na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos–RS. **Anuário do Instituto de Geociências**. v.43, n. 3, 2020.
- ARANDA, L. C. R.; DOS SANTOS, N. B.; DOURADO, S. C.. Uso de geotecnologias como ferramenta para delimitação e monitoramento das áreas de preservação permanente do município de Bonito-MS. *International Journal of Environmental Resilience Research and Science*, v. 5, n. 1, p. 1-13, 2023.
- ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO EM MINAS GERAIS [ASA-MG]. Semiárido Mineiro. ASAMINAS, maio 2012. Disponível em: . Acesso em: 29 abr. 2024.
- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1990.
- BONNA, J. L.. **Mapeamento Pedológico e de Suscetibilidade Erosiva no Alto Córrego Prata (Ouro Preto-MG)**. Dissertação de Mestrado em Geografia na Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 119p. 2011.
- BORGES, M. G.; LEITE, M. E.; LEITE, M. R.. Mapeamento do eucalipto no estado de Minas Gerais utilizando o Sensor Modis. **Espaço Aberto**, v. 8, n. 1, p. 53-70, 2018.
- BRASIL. Código Florestal - Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Diário Oficial da União**, Brasília: 18 de setembro de 1965. Disponível em: <<http://legislacao.planalto.gov.br>>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- BRASIL, CPRM-Serviço Geológico. **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. 2003.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos.

BRUNO, L. O. Aplicabilidade de sistemas de Informações Geográficas (SIGs) livres nas ciências ambientais: O uso do QGIS. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 8, p. 321-326, 2017.

CÂMARA, G.. Análise espacial e geoprocessamento. In: CÂMARA G.; MONTEIRO, A. M.; MEDEIROS, J. S. de. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE, 2004.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C.T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S.V.. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2. 2006.

CARVALHO, A. T. F.. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, 1(42), 140-161. 2020.

CARVALHO, A. P. V.; BRUMATTI, D. V.; DIAS, H. C. T.. Importância do manejo da bacia hidrográfica e da determinação de processos hidrológicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.2, n.2., p.148-156. 2012.

CARVALHO NETO, L.M. Uso e Ocupação do solo da Área de preservação permanente (APP) da microbacia do Córrego Barreiro, Uberaba (Minas Gerais). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v.1, n.2. 029-041. 2020.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed., São Paulo: Edgard. Blücher, 1980.150p.

CASTRO, C. N.. **Gestão das Águas**: experiências internacional e brasileira. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012.

CHAPPELL, A.; WEBB, N. P.; LEYS, J. F.; WATERS, C. M.; ORGILL, S.; EYRES, M. J.. Minimising soil organic carbon erosion by wind is critical for land degradation neutrality. **Environmental science & policy**, v. 93, p. 43-52, 2019.

COPERNICUS. **Catálogo PANDA**. 2023. Disponível: <<https://panda.copernicus.eu/>>. Acesso em: 20 jan. 2024.

COSTA, R. C. A.; RODRIGUES, F.M.; MAXIMO, B.C.; PISSARRA, T.C.T. Impacto da degradação das áreas de app em bacias hidrográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE DESASTRES NATURAIS, 2012, **Anais...**Rio Claro. p1-10.

COSTA, A. M.; VIANA, J. H. M.; EVANGELISTA, L. P.; CARVALHO, D. C. F.; PEDRAS, K. C.; HORT, I. M. F.; SALIS, H. H. C.; PEREIRA, M. P. R.; SAMPAIO, J. L. D. Ponderação de variáveis ambientais para a determinação do Potencial de Uso Conservacionista para o Estado de Minas Gerais. **Geografias**, Belo Horizonte, v.14, n.1, p. 118-133, junho, 2017.

COSTA, A. M.; SILVA, L. H.; SILVA, V. C.; MOURA, M. S.; MOTA, P. K.; ARAUJO, B. J. R. S. Potencial de Uso Conservacionista (PUC) e Uso e Cobertura do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Guavirá, PR. **Revista Perspectiva Geográfica**. Campus Marechal Cândido Rondon, v. 14, nº 20, p. 107-122, jul./dez., 2019.

COUTINHO, L. M.. **Biomass Brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. Disponível em: www.mma.gov.br/biomass/amazônia.

CREMON, É. H.; BETTIOL, G. M.; JÚNIOR, J. P. M.; MACEDO, F. C.; DE OLIVEIRA RABELO, M. W. Avaliação da altimetria do MDE COP-30 no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira Cartografia**, v. 74, n. 3, 2022.

DA SILVA, D. M.; GASS, S. L., RIBEIRO, D. L.. Análise do Potencial de Uso Conservacionista nos municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis – RS e sua relação com o uso e cobertura da terra e a estrutura fundiária. GOT: **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, 26, 54-77. 2023.

DE JESUS FRANÇA, L. C.; MUCIDA, D. P.. **A fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha em Minas Gerais**. Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2022. 52p.

DIAS, N. O.; MARTINS, F. C. M.; BARROS, K. D. O.. Geotechnology applied to environmental diagnosis: Pinheiro Grosso Biological Reserve, Barbacena-Minas Gerais-Brazil. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 116-129, 2020.

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.

DINIZ, H. N.; PEREIRA, P. R. B.; GUTJAHR, M. R.; MENEGASSE, L. N.; OLIVEIRA, F. R.; DUARTE, U. (2001). **Geologia, climatologia e hidrologia da bacia do rio Araçuaí, estado de Minas Gerais - Brasil**. In: Chile Sd, editor. ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA; Santiago de Chile: Universidad de Chile. <http://observatorio.geograficoamericalatina.org.mx/egal8/Procesosambientales/Hidrologia/03.pdf>

DOMINATI, E.; PATTERSON, M.; MACKAY, A. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. **Ecological Economics**, v. 69, n. 9, p. 1858–1868, 2010.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2018. 356p.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Copernicus global digital elevation model. Distributed by opentopography. Sinergise**. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.5069/G9028PQB>>. Acesso em: 25 jul. 2022.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. ArcGIS Professional GIS for the desktop, versão 10.1. 2012.

FATHY, I.; ABD-ELHAMID, H.; ZELENKOVA, M.; KAPOZTASOVA, D.. Effect of topographic data accuracy on watershed management. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 21, p. 4245, 2019.

FITZ, P. R.. Geoprocessamento sem Complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FELTRAN FILHO, A.; LIMA, E. F. Considerações morfométricas da bacia do Rio Uberabinha - Minas Gerais. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 19, v.1, p.65-80, 2007.

FERNANDES, M. R.; LEAL, J. T. C. P.; MELLO, M. S.; MOREIRA, M. A. B.; ALBANEZ, A. C. M. P. Minas Gerais: caracterização de unidades de paisagem. **Belo Horizonte: EMATER-MG**, p. 92, 2013.

FERREIRA, V. O.. **Paisagem, recursos hídricos e desenvolvimento econômico na Bacia do Rio Jequitinhonha, em Minas Gerais**. 313f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.

FERREIRA, L. R.; LACERDA, H.. **Notas sobre os solos da bacia hidrográfica do Ribeirão Joao Leite**. Anápolis, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS AND INTERGOVERNMENTAL TECHNICAL PANEL ON SOILS. **Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report**. Roma, Itália, 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; DO NASCIMENTO RIBEIRO, G.; SILVA, V. F.; AYRES, G. D. J.; RODRIGUES, R. C. M.. Dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do Estado da Paraíba utilizando Mapbiomas. **Revista Geama**, v. 9, n. 3, p. 57-66, 2023.

GALIZONI, F. M.; RIBEIRO, E. M.; SANTOS, I. F.; CHIODI, R. E.; LIMA, V. M. P.. Água e aglomeração espacial da população rural do alto Jequitinhonha, Minas Gerais. Associação Brasileira de Estudos Populacionais – ABEP, **Anais do XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, 18p. 2016.

GAMA ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Araçuaí – Relatório Síntese**. Gama Engenharia. Novembro, 2010.

GOMES, S. O.; LIMA, V. N.; CANDEIAS, A. L. B.; SILVA, R. R.. Uso e cobertura dos solos de Petrolândia utilizando MAPBIOMAS. **Anais** In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 805-808, 2017.

GONÇALVES, D.. Pesquisa com manejo conservacionista do solo inicia nova etapa. **Embrapa**, 22 de mar. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/32778167/pesquisa-com-manejo-conservacionista-do-solo-inicia-nova-etapa#:~:text=No%20manejo%20conservacionista%20s%C3%A3o%20utilizadas,culturas%2C%20al%C3%A9m%20do%20uso%20de>>. Acesso em: 1 maio. 2024.

GONÇALVES, R. N.. Diagnóstico ambiental da bacia do rio Jequitinhonha–diretrizes gerais para a ordenação territorial. **Salvador: IBGE**, 1997.

GRADIM, R. J.; ALKMIM, F. F. D.; PEDROSA-SOARES, A. C.; BABINSKI, M.; NOCE, C. M.. Xistos verdes do Alto Araçuaí, Minas Gerais: vulcanismo básico do rifte neoproterozóico Macaúbas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 4 supl., p. 59-69, 2005.

HERMANN, G. **Panorama da biodiversidade em Minas Gerais: plano estadual de proteção à biodiversidade**. Belo Horizonte: IEF/DPBio, 2012.

IBÁ (2020). Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBÁ 2020** (Ano base 2019). São Paulo. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>>. Acesso em: 09/10/2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. Carta do Brasil. Escala 1:50.000. 1971.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2022. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em 04 de Maio de 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 1997. Diagnóstico ambiental da bacia do rio Jequitinhonha. Salvador: 1ª divisão de geociências do nordeste.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Monitoramento de Uso e Cobertura da Terra. Salvador: IBGE, 2021.

IGAM. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Araçuaí: Relatório Final**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Maceió. 2010.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Boletim Anual de Qualidade das Águas na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí**. Belo Horizonte: IGAM, 2019.

IORIO, M. M.; LASTORIA, G.; MIOTO, C. L.; DO AMARAL ALBREZ, E.; PARANHOS FILHO, A. C.. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação Extraídos de Imagem Alos/Prism e Comparação com os Modelos Disponibilizados Gratuitamente na Web. **Geosciences= Geociências**, v. 31, n. 4, p. 650-664, 2012.

KÖPPEN, W.. **Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf**. Petermanns Mitt, Gotha, v. 64, p. 193-203, 1918.

LI, Z.; WANG, S.; SONG, S.; WANG, Y.; MUSAKWA, W.. Detecting land degradation in Southern Africa using time series segment and residual trend (TSS-RESTREND). **Journal of Arid Environments**, v. 184, p. 104314, 2021.

LIMA, V. N., GOMES, S. O., CANDEIAS, A. L. B., SILVA, R. R. MAPBIOMAS e uso e cobertura dos solos do município de Brejinho, Pernambuco. **Anais In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia**, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 947-951, nov. 2017.

LIRA, W.S.; CÂNDIDO, G A.. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, 2013, 325p.

LITTIDEJ, P.; BUASRI, N.. Built-Up Growth Impacts on Digital Elevation Model and Flood Risk Susceptibility Prediction in Muaeng District, Nakhon Ratchasima (Thailand). **Water**, v. 11, n. 7, p. 1496, 2019.

MACIEL, S. A.. **Clima, disponibilidade hídrica e pobreza na porção mineira da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha**. 2021. 288f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomass – **Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 15 nov. 2023.

MARTINS, G. M. F.; COUTO, E. A.; MARQUES, G. M.. Modelagem matemática como suporte à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Araçuaí (MG). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.11, p.335-348, 2021.

MEIRELLES, F. S. C.; TAVARES, A. D. M.; LATINI, D. T.; ARAÚJO, J. N. D.; BRENTANO, M. C. B.; TOMAZ, N. S.. A visão da mulher sobre os recursos hídricos na bacia do Rio Jequitinhonha. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (Aracaju). **Anais [recurso eletrônico]**. Porto Alegre: ABRHidro, 2023.

MEKURIA, W.; WONDIE, M.; AMARE, T.; WUBET, A.; FEYISA, T.; YITAFERU, B.. Restoration of degraded landscapes for ecosystem services in North-Western Ethiopia. **Heliyon**, v. 4, n. 8, 2018.

MENDES, I. A. S.. **Potenciais do meio físico no alto curso da bacia do Rio das Velhas: perspectivas das transições para diferentes usos**. 113f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2022.

MINAS GERAIS. Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável/ Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento ± SEMAD/SEAPA. **Metodologia para Elaboração do Zoneamento Ambiental Produtivo: ZAP de sub-bacias hidrográficas**. 2. ed. Belo Horizonte: SEAPA/SEMAD, 2016.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa CERH nº 06 de 04 de outubro de 2002**. Disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5704>. Acesso em 11 de maio de 2024.

MONTEIRO, E. A.; SIMÕES, E. J. M.; WARDI JUNIOR, M.; FELIPE, A. D. J.; MEYER, G. L.; NICOLAU, R. D. A.. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: estado de Minas Gerais e Bahia, diagnóstico do município de Araçuaí-MG**. CPRM, 2005.

MUCIDA, D. P.; MORAIS, M. S.; MATOSINHOS, C. C.; NUNES M. T. K. M. R.; SPERÂNDIO, H. V.; SANTANA, R. C.; GORGENS, E. B.. Zoneamento ambiental e produtivo: bacia hidrográfica do Rio Preto - MG [recurso eletrônico]. Diamantina: NEPZAP/UFVJM, 2022. 194p.

NASCIMENTO, T. V.; FERNANDES, L. L.. Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p.170-178, 2017.

NEVES, L. Z.. **Métodos de potencial de uso conservacionista, fragilidade ambiental e perda de solo: estudo para a porção cimeira da bacia do rio Jequitinhonha, Minas**

Gerais. 90f. Tese (Doutorado). Programa de Pós- Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina -MG. 2022.

NIMER, E; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balço hídrico e clima da região dos cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NKONYA, E.; JOHNSON, T.; KWON, H. Y.; KATO, E.. Economics of land degradation in sub-Saharan Africa. **Economics of land degradation and improvement—a global assessment for sustainable development**, p. 215-259, 2016.

NOVAIS, L.R.; LIMA, A. DA C.; RODRIGUES, J. A.; COSTA, A. M. DOS S.; BORGES, E. F.; ANJOS, C. S., 2011. Análise da vegetação da Área de Preservação Ambiental de São Desidério-BA, a partir do NDVI e NDWI. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, INPE, pp. 1888-1894.

OLIVEIRA, C. G.; PARADELLA, W.. An Assessment of the Altimetric Information Derived from Spaceborne SAR (RADARSAT-1, SRTM3) and Optical (ASTER) Data for Cartographic Application in the Amazon Region. **Sensors**, v. 8, n. 6, p. 3819-3829, 2008.

PACHECO, D. G.. Análise das mudanças do uso e ocupação do solo no município de Araçuaí, Minas Gerais por meio de técnicas de sensoriamento remoto nos anos de 2000 e 2019. **Cerrados**, v. 19, n. 2, p. 303-322, 2021.

PEDROSA-SOARES A.C.; SAADI A.. O Segmento meridional da Falha de Taiobeiras, MG. In: SBG-Núcleo MG, Simp. Geol, 5, Belo Horizonte, **Atas**, Bol. nº 10, p.161-165. 1989.

PEDROSA-SOARES, A. C.; LEONARDOS, O. H.; FERREIRA, J. C.; REIS, L. B. . **Duplo regime metamórfico na Faixa Araçuaí**: Uma reinterpretção à luz de novos dados. Congresso Brasileiro de Geologia. Salvador: SBG. 1996. p. 5-8.

PELEGRIN, L. A. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao mapeamento do uso do solo: a Bacia do Rio Pará como um exemplo**. 2001. 109p. Dissertação (Mestrado), Análise Espacial, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2001.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; MATOS, A. D.. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p.423-429, 2003.

PEREIRA, A. M.; ALMEIDA, M. I.; LEITE, M. E.. Considerações acerca da degradação ambiental no município de Araçuaí, no Vale do Jequitinhonha. **Revista Unimontes Científica**, v. 5, n. 2, p. 85-92. 2003.

PEREIRA, P.; BOGUNOVIC, I.; MUÑOZ-ROJAS, M.; BREVIK, E. C.. Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 5, p. 7-13. 2018.

PINTO, M. C. F. **Manual medição in loco**. Site da CPRM, 2007. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/pgagem/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2024.

PIRES, E. V. R.; SILVA, R. A.; IZIPPATO, F. J.; MIRANDOLA, P. H. Geoprocessamento Aplicado a Análise do Uso e Ocupação da Terra para Fins de Planejamento Ambiental na Bacia Hidrográfica do Córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, Edição Especial, v. 2, n. 4, p. 1528 – 1538, 2012.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L.. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

QGIS Development Team **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>. 2018.

RESENDE, A. R.; CASTRO, T. R.; DE ALMEIDA, F. F. F.. Crise Hídrica do Vale do Jequitinhonha: uma análise da participação cidadã no município de Pedra Azul. **Perspectivas Em Políticas Públicas**, v. 13, n. 26, p. 85-109, 2020.

RIBEIRO, E. M.; GALIZONI, F. M.. Água, população rural e políticas de gestão: o caso do vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Ambiente & sociedade**, v. 5, p. 129-146, 2003.

ROCHA, D. M.; OLIVEIRA, V. T.. Análise da bacia hidrográfica do Rio Araçuaí/Minas Gerais para quantificação de redes de drenagens com uso de geotecnologias. In: **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositarta**. 2017.

RONQUE, J. M.. **Distribuição de elementos potencialmente tóxicos e caracterização ambiental da porção mineira da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha**. 120f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica. 2022.

ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P. de; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. de. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

ROSA, R. S. F.. **Levantamento de características de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Roncador: princípios para a gestão de recursos hídricos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará. Magé, Rio de Janeiro, 2018.

SAATY, T. L. The analytic hierarchy process. mcgrawhill international. **New York**, 1980.

SANTOS, R. F.; ALKMIM, F. F.; PEDROSA-SOARES, A. C.. A Formação Salinas, Orógeno Araçuaí (MG): história deformacional e significado tectônico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, p. 1, 2009.

SANTOS, J. Y. G.; NASCIMENTO, R. Q.. Efeitos das Alterações no Uso e Ocupação do Solo nas Perdas de Solo da Bacia do Rio de Janeiro, Oeste da Bahia. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 41, n. 1, 2021.

SANTOS, P. S.; DOS SANTOS, M. E. D. G.; DOS SANTOS, R.. Uso e ocupação do solo: Reflexão sobre impacto ambiental. **Agri-environmental sciences**, v. 7, n. 1, p. 10-10, 2021.

SANTOS NETO, J. R. D.. Distribuição espacial do potencial de erosão hídrica na bacia do rio Araçuaí-MG. 75f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Tecnologia,

Ambiente e Sociedade. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Teófilo Otoni. 2017.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2319-2331, 2015.

SILVA, J. L.; RIBEIRO, E. M.; LIMA, V. M. P.; HELLER, L.. As secas no Jequitinhonha: demandas, técnicas e custos do abastecimento no semiárido de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 22, p. e202013, 2020.

SILVA, L. M.. **Atlas ambiental como subsídio aos estudos de sustentabilidade - a bacia do Araçuaí no Vale do Jequitinhonha - MG**. 205f.. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

SEYEDMOHAMMADI, J.; SARMADIAN, F.; JAFARZADEH, A. A.; MCDOWELL, R. W.. Development of a model using matter element, AHP and GIS techniques to assess the suitability of land for agriculture. **Geoderma**, v. 352, p.80-95, 2019.

SILVEIRA, G. R. P.; CAMPOS, S.; MANFRIN GARCIA, Y. Sistema de Informação Geográfica Aplicado no Diagnóstico do Uso da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego São Caetano – Botucatu (SP). **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S.l.], v. 10, n. 2, nov. 2014.

SOUZA, T. L. D. (2020). **SIG aplicado na área de conflito e uso do solo em APP, em função da hidrologia do Ribeirão da Água da Leopoldina Bauru (SP)**. Dissertação de mestrado de Geografia, Universidade Estadual de São Paulo, 71f. Bauru, SP.

SOUZA, L. L.; STOCCO, A. F.; SULZBACHER, A. W.. A criação do " Vale do Jequitinhonha": análise da formação histórica e seu processo de regionalização. **Boletim Campineiro de Geografia**, v. 14, n. 1, p. 113-132, 2024.

SOUZA, J. V.. Mineração e pecuária na definição do Quadro Sócio Cultural do Termo de Minas Novas. **Vale do Jequitinhonha: formação histórica, populações e movimentos**. Belo Horizonte: UFMG/PROEX, 2010.

TENENWURCEL, M. A.; SOARES DE MOURA, M.; MONTEIRO DA COSTA, A.; KAREN MOTA, P.; MOREIRA VIANA, J. H.; FERNANDES, L. F. S.; LEAL PACHECO, F. A.. An improved model for the evaluation of groundwater recharge based on the concept of conservative use potential: A study in the river Pandeiros Watershed, Minas Gerais, Brazil. **Water**, v. 12, n. 4, p. 1001, 2020.

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

UHLEIN, A.. **Transição cráton-faixa dobrada: exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (ciclo brasileiro) no estado de Minas Gerais: aspectos estratigráficos e estruturais**. 1991. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

VALLE JÚNIOR, R.F.D.; PISSARRA, T.C.; PASSOS, A. D. O.; RAMOS, T.G.; ABDALA, V. L. (2010). Diagnóstico das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Tijuco, Ituiutaba-MG, utilizando tecnologia SIG. **Revista Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p.495-503.

VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO, J. A. V.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na subbacia do Rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 6, n.1, p. 118-130. 2011.

VILAÇA, M.F.; GOMES, I.; MACHADO, M. L.; VIEIRA, E. M.; SIMÃO, M. L. R. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: O estudo de caso do ribeirão conquista no município de Itaguara/MG.** In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 13, Viçosa. Anais...Viçosa/MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

VILELA, F. T.. Caracterização de metadiamicritos ferruginosos da Formação Nova Aurora (Grupo Macaúbas, Orógeno Araçuaí) a oeste de Salinas, ME. MSc thesis, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2010.

YE, X.; GUO, Q.; ZHANG, Z.; XU, C.. Assessing Hydrological and Sedimentation Effects from Bottom Topography Change in a Complex River–Lake System of Poyang Lake, China. **Water**, v. 11, n. 7, p. 1489, 2019.

YNOUE. R. Y.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T.; SILVA, G. A. M. **Meteorologia: noções básicas.** São Paulo: Oficina de Texto, 2017.

YOGI, F.; STANGANINI, F. N.. Comparação e Avaliação de Modelos Digitais de Elevação dos sensores SRTM, ASTER, TANDEM/TERRASAR–X, NASADEM, COPERNICUS DEM e ALOS PALSAR para análise digital de terreno para aplicações no saneamento básico. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 1, p. e13812139350-e13812139350, 2023.

WMO. The Dublin Statement and Report of the Conference. **International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century.** Dublin, Ireland, p. 26-31, 1992.