



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO
CÓRREGO DO TAMANDUÁ EM SANTA LUZIA MG**

Emanuel dos Santos Rodrigues

Belo Horizonte

2025

Emanuel dos Santos Rodrigues

**ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO
CÓRREGO DO TAMANDUÁ EM SANTA LUZIA MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista

Orientador: Prof. Dr. Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho

Belo Horizonte

2025



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC

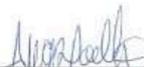
EMANUEL DOS SANTOS RODRIGUES

ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO
CÓRREGO DO TAMANDUÁ EM SANTA LUZIA MG

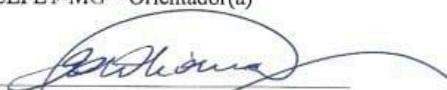
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 14 de Fevereiro de 2025

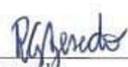
Banca examinadora:



Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho – Presidente da Banca Examinadora
Prof. Doutor CEFET-MG – Orientador(a)



Evandro Carrusca de Oliveira
Prof. Doutor CEFET-MG



Ricardo José Gontijo Azevedo
Prof. Doutor CEFET-MG

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me guiar em cada passo dessa jornada, me concedendo forças, sabedoria e perseverança para chegar até aqui.

Aos meus pais, que sempre foram minha base, com seu amor incondicional e apoio em todos os momentos. Sem vocês, nada disso seria possível. À minha irmã Sara, por todo o carinho e companheirismo, sendo uma grande inspiração em minha vida.

Ao meu orientador, Carlos Wagner, agradeço por me orientar, pela paciência, correções e ensinamentos ao longo da minha vida acadêmica e nesse trabalho.

À minha namorada Lorena, por todo o amor, paciência e incentivo durante essa caminhada, por acreditar em mim mesmo nos momentos de incerteza. À sua família, que me acolheu com carinho e apoio, fazendo parte desse processo de forma especial.

E à toda a igreja Peniel do bairro Amazonas, meus sinceros agradecimentos por suas orações, amizade e por sempre me lembrarem da importância de caminhar com fé. Que Deus abençoe a cada um de vocês.

RESUMO

RODRIGUES, EMANUEL . **Análise Temporal Do Uso E Ocupação Do Solo Na Bacia Do Córrego do Tamanduá Em Santa Luzia Mg**. 2025. 38. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

Este trabalho apresenta uma análise das mudanças no uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego do Tamanduá, localizada em Santa Luzia, MG, entre os anos de 2013 e 2023. Utilizando imagens de satélite Landsat 8 e técnicas de geoprocessamento no software QGIS, foi possível identificar padrões de transformação da paisagem e avaliar os impactos ambientais associados. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi empregado para avaliar a cobertura vegetal, enquanto mapas temáticos foram gerados com o plugin Dzetsaka para a classificação do uso do solo em categorias como vegetação densa, vegetação rasteira, áreas urbanas, solo exposto, corpos hídricos e mineração.

Os resultados indicaram uma redução na cobertura vegetal, acompanhada pela expansão das áreas urbanas e de mineração. As zonas de maior impacto estão associadas à proximidade da rodovia BR-381, bem como às atividades mineradoras e ao aumento de áreas de disposição de resíduos sólidos. Essas transformações, além de contribuírem para a degradação do solo, geraram reflexos negativos na qualidade da água e nos ecossistemas locais, agravando os problemas de assoreamento, perda de biodiversidade e aumento de vazões máximas nos corpos d'água.

A aplicação de tecnologias de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas demonstrou ser uma ferramenta eficaz para o monitoramento das dinâmicas territoriais, permitindo um diagnóstico detalhado das alterações ambientais. Além disso, os dados obtidos reforçam a importância de medidas mitigadoras como a recuperação de áreas degradadas, a implementação de práticas sustentáveis de uso do solo e o fortalecimento da fiscalização ambiental. A análise também destacou a necessidade de um planejamento territorial mais eficaz, alinhado ao cumprimento das legislações vigentes, especialmente no que diz respeito à proteção de áreas de preservação permanente e reservas legais.

Este estudo contribui significativamente para a compreensão das dinâmicas de uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas urbanizadas e para a formulação de políticas públicas

voltadas ao equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental. As recomendações propostas servem como base para futuras investigações e reforçam a relevância da integração de ferramentas tecnológicas no planejamento e gestão sustentável de recursos naturais.

Palavras Chave: Geoprocessamento, Bacia, Planejamento, Sustentabilidade

ABSTRACT

RODRIGUES, EMANUEL. Temporal Analysis of Land Use and Land Cover in the Tamanduá Stream Basin in Santa Luzia, MG. 2025. 38. Monograph (Undergraduate Degree in Environmental and Sanitary Engineering) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

This study presents an analysis of land use and land cover changes in the Tamanduá Creek Basin, located in Santa Luzia, MG, between the years 2013 and 2023. Using Landsat 8 satellite images and geospatial techniques in the QGIS software, it was possible to identify landscape transformation patterns and assess the associated environmental impacts. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used to assess vegetation cover, while thematic maps were generated using the Dzetsaka plugin for land use classification into categories such as dense vegetation, shrubland, urban areas, exposed soil, water bodies, and mining areas.

The results indicated a reduction in vegetation cover, accompanied by the expansion of urban and mining areas. The most impacted zones are associated with the proximity to the BR-381 highway, as well as mining activities and the increase in solid waste disposal areas. These transformations have not only contributed to soil degradation but also resulted in negative effects on water quality and local ecosystems, exacerbating problems such as siltation, biodiversity loss, and increased peak flow in water bodies.

The use of remote sensing technologies and geographic information systems proved to be an effective tool for monitoring territorial dynamics, allowing for a detailed diagnosis of environmental changes. Additionally, the data gathered emphasize the importance of mitigation measures such as the restoration of degraded areas, the implementation of sustainable land use practices, and the strengthening of environmental oversight. The analysis also highlighted the need for more effective territorial planning aligned with compliance with current legislation, particularly regarding the protection of permanent preservation areas and legal reserves.

This study significantly contributes to understanding land use and land cover dynamics in urbanized river basins and to the formulation of public policies aimed at balancing economic development and environmental conservation. The proposed recommendations serve as a basis for future investigations and reinforce the importance of integrating technological tools in the planning and sustainable management of natural resources.

Keywords: Geospatial Analysis, Basin, Planning, Sustainability

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1. Uso e Ocupação do Solo.....	18
3.2. Legislação Vigente.....	19
3.3. Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.....	19
3.4. Bacias Hidrográficas: Conceitos e Definições.....	22
4. METODOLOGIA.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
6. CONCLUSÃO.....	38
7. RECOMENDAÇÕES.....	39
8. REFERÊNCIAS.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da Bacia Hidrográfica do Córrego do Tamanduá	13
Figura 2 - Delimitação das Zonas de Uso do Solo em Santa Luzia	15
Figura 3 - Satélite LANDSAT 8	21
Figura 4 - Relação de Bandas Espectrais dos Satélites Landsat 7 e Landsat 8	22
Figura 5 - Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas	24
Figura 6 - Painel da Calculadora Raster para Cálculo do NDVI	28
Figura 7 - Painel do Plugin Dzetsaka para Classificação de Imagens	29
Figura 8 - NDVI da Bacia do Córrego do Tamanduá (2013)	30
Figura 9 - NDVI da Bacia do Córrego do Tamanduá (2023)	31
Figura 10 - Composição de Bandas Espectrais 4-3-2 do Landsat 8 (2013)	33
Figura 11 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo (2013)	33
Figura 12 - Composição de Bandas Espectrais 4-3-2 do Landsat 8 (2023)	34
Figura 13 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo (2023)	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variação da área dos usos e ocupação do solo da Bacia do correço do Tamanduá.....	36
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

APP - Área de Preservação Permanente

CTR - Central de Tratamento de Resíduos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

PDDU - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

PDI - Processamento Digital de Imagens

RL - Reserva Legal

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

USGS - United States Geological Survey

1. INTRODUÇÃO

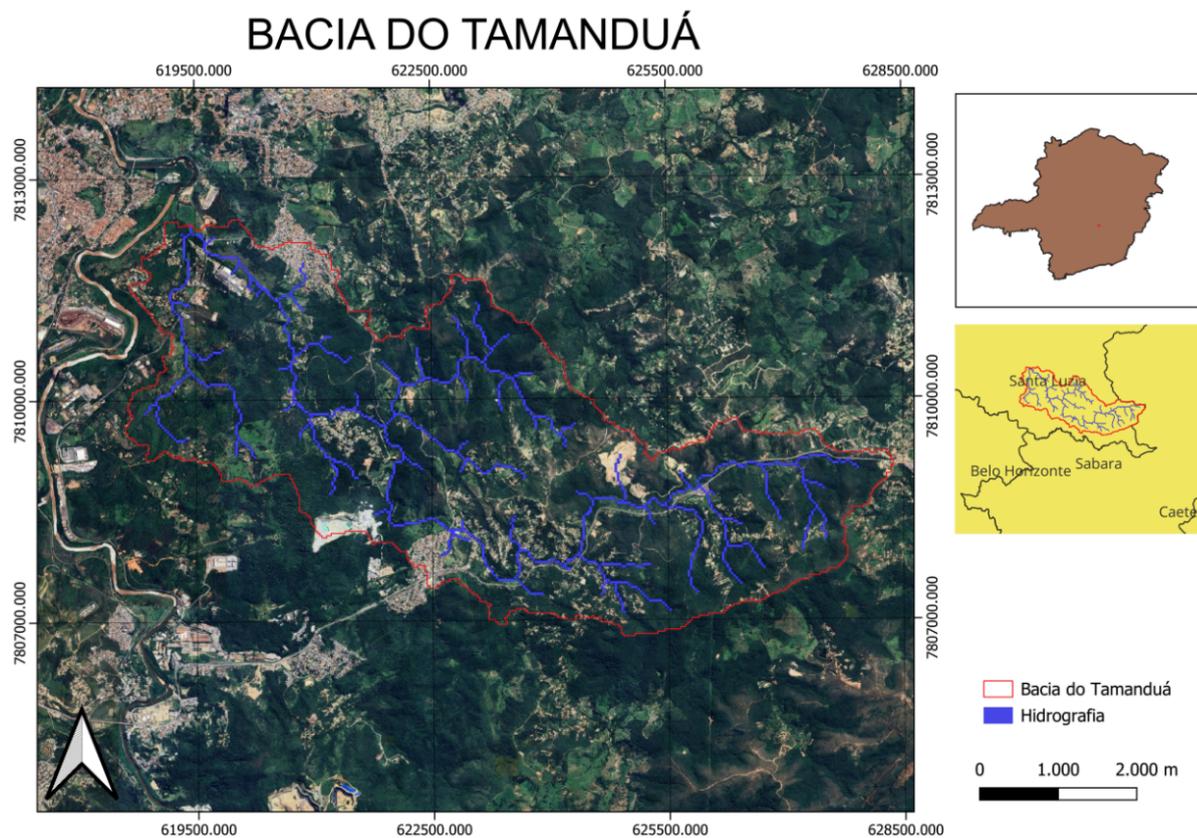
As imagens de satélite proporcionam uma visão abrangente e multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre, revelando os ambientes e suas transformações, bem como os impactos causados por fenômenos naturais e pela ação humana (FLORENZANO, 2002). Através do uso de geoprocessamento e sensoriamento remoto, é possível identificar os usos do solo na bacia do Córrego do Tamanduá ao longo dos anos e levantar impactos ambientais relevantes causados pelas atividades e ocupações desenvolvidas na região. Dessa forma, podem ser apresentadas possíveis medidas mitigadoras para os impactos ambientais e um diagnóstico em relação às leis de uso e ocupação atuais da região.

A bacia hidrográfica do rio das Velhas, situada na região central de Minas Gerais, abrange uma vasta área de 27.850 km² e abrange 51 municípios, com uma população aproximada de 4,5 milhões de habitantes (IBGE, 2010). Caracteriza-se por uma densidade de drenagem significativa ao longo de seu curso, o que reflete a complexidade de seus sistemas hídricos (Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2015). Desde sua nascente até a confluência com o rio São Francisco, a bacia recebe a contribuição de diversos afluentes, cujas águas enfrentam os impactos de diferentes formas de uso do solo, o que resulta em efeitos ambientais variados. Entre os principais afluentes, destacam-se o ribeirão Arrudas e o córrego do Onça, que atravessam áreas urbanas densamente povoadas, como as de Belo Horizonte e Contagem. Nesses cursos d'água, grande parte do esgoto doméstico gerado nessas cidades é lançado, agravando os problemas de qualidade da água.

A bacia do rio das Velhas é composta por uma série de contribuintes menores, cada um com características naturais e antropogênicas distintas. Este estudo foca especificamente na sub-bacia do córrego do Tamanduá, situada no município de Santa Luzia. Este córrego tem se tornado cada vez mais relevante devido à crescente urbanização da área, com a instalação de novos bairros, condomínios e a presença da rodovia BR 381, que atravessa sua região. Além disso, a exploração minerária tem aumentado na região, o que eleva a pressão sobre os recursos hídricos. A intensificação da urbanização e as atividades associadas, como a impermeabilização do solo e a supressão de vegetação, contribuem para a piora de problemas ambientais locais, incluindo o aumento das vazões máximas e a poluição hídrica, com destaque para o lançamento clandestino de esgoto pluvial e cloacal. Esses fatores, como apontado por Bertoni e Tucci (2003), têm o potencial de deteriorar a qualidade das águas da sub-bacia e, conseqüentemente, do rio das Velhas como um todo.

A análise temporal do uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego do Tamanduá, em Santa Luzia, MG, emerge como um estudo crucial diante dos desafios contemporâneos relacionados à gestão ambiental e ao desenvolvimento sustentável. Através desta investigação, pretende-se compreender as dinâmicas de transformação do ambiente, especialmente nas áreas urbanas e rurais, identificando padrões e tendências que possam subsidiar políticas públicas e práticas de ordenamento territorial mais eficazes. A Figura 1, mostra a área da bacia do córrego do Tamanduá, foco da análise elaborada nesse estudo.

Figura 1 - Mapa da Bacia Hidrográfica do Córrego do Tamanduá



A expansão urbana é um dos principais padrões identificados, com uma crescente conversão de áreas rurais em áreas urbanizadas ao longo do tempo. A agricultura intensiva é outro padrão notável, com o aumento das áreas de cultivo em resposta à demanda por produtos

agrícolas. A perda de áreas naturais, como florestas e vegetação nativa, é uma tendência preocupante, correlacionada positivamente com o crescimento urbano e agrícola.

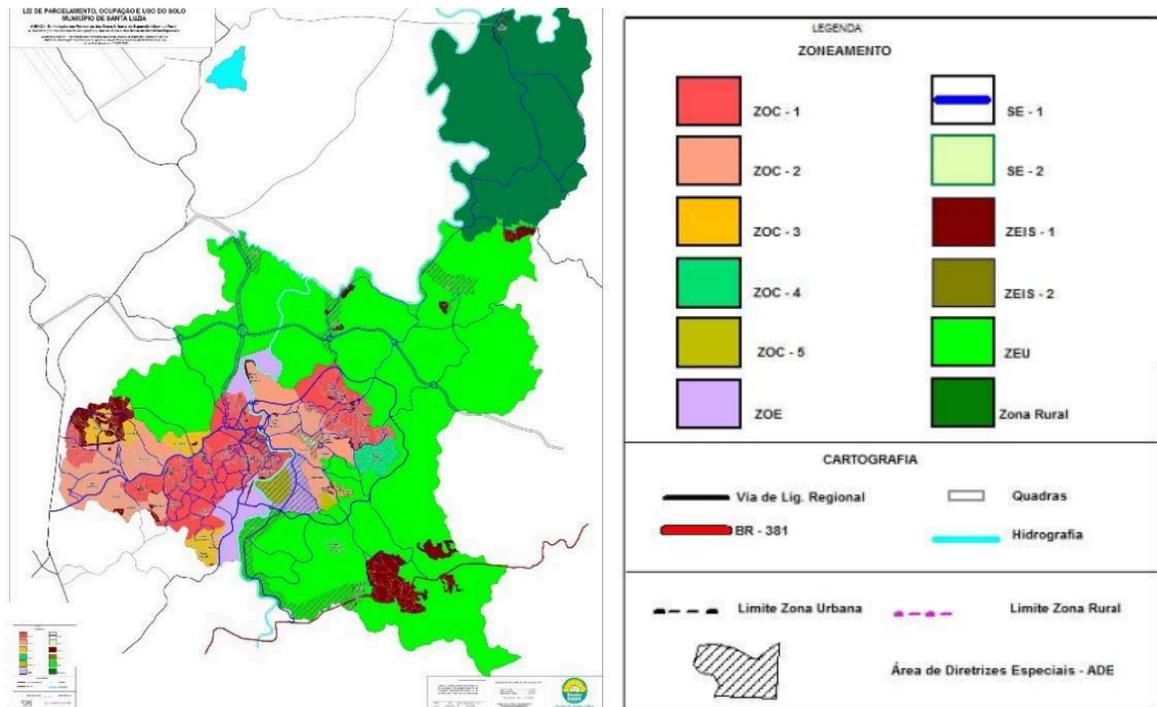
Essas transformações no uso do solo estão causando perda de biodiversidade, degradação do solo e diminuição da qualidade da água. A eficácia das legislações municipais e federais na conservação ambiental varia, apontando para uma possível lacuna entre a legislação existente e sua implementação efetiva. A pressão da sociedade civil e o envolvimento das comunidades locais podem ser determinantes para garantir o cumprimento das leis ambientais e a conservação das áreas protegidas.

A análise do uso e ocupação do solo é um dos primeiros passos para se identificar problemas e impactos ambientais. Seja nas áreas urbanas ou rurais, cada cidade possui regras específicas para o uso e ocupação do solo, sendo responsabilidade da Prefeitura estabelecer as normas para a ocupação de cada imóvel, buscando disciplinar as formas de uso (LOCH, 2006). A Lei de Uso e Ocupação do Solo de cada cidade integra o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), o qual é o instrumento básico da política urbana no Brasil, conforme disposto no art. 182 da Constituição Federal e regulamentado pelos arts. 39 a 42 da Lei Federal 10.257/01, conhecida como Estatuto da Cidade. A elaboração do PDDU é obrigatória para municípios com mais de vinte mil habitantes, sob pena de Improbidade Administrativa para o gestor público que não o fizer (BRASIL, 2001).

Segundo o Plano Diretor do município de Santa Luzia, apresentado na Lei Municipal nº 3.463, de 23 de dezembro de 2013, que altera a Lei nº 2.699 de 10 de outubro de 2006, o território municipal é dividido em duas macrozonas: urbana e de Proteção do Patrimônio Natural. A macrozona urbana compreende a zona urbana do município, enquanto a macrozona de proteção do patrimônio natural inclui a zona de expansão urbana e a zona rural, com o objetivo de preservação ambiental, recuperação de áreas degradadas e controle rígido do uso e ocupação do solo. Além das leis e normas municipais, existem outras legislações a serem observadas, como o Código Florestal Brasileiro, Lei Federal Nº 4.771, de 1965, que estabelece o emprego das Áreas de Preservação Permanente e das Reservas Legais, protegendo matas ciliares, nascentes, áreas com declividade acentuada, topos de morros e percentuais de reserva em cada estabelecimento rural (HOENIG et al., 2012). A figura 2 a seguir possui a delimitação dos Perímetros das Zonas Urbana, de Expansão Urbana e Rural e

Delimitação das Zonas de Ocupação e Uso do Solo e das Áreas de diretrizes Especiais de Santa Luzia.

Figura 2 - Delimitação dos Perímetros das Zonas Urbana, de Expansão Urbana e Rural e Delimitação das Zonas de Ocupação e Uso do Solo e das Áreas de diretrizes Especiais



Fonte: Prefeitura Municipal de Santa Luzia (2015)

A Seguir, temos a descrição das Zonas:

- **ZOC 1 (Zona de Ocupação Controlada 1):** Área de **adensamento preferencial**, com maior potencial construtivo.
- **ZOC 2 (Zona de Ocupação Controlada 2):** Também classificada como **Adensamento Preferencial**, mas com menor intensidade que a ZOC 1.
- **ZOC 3 (Zona de Ocupação Controlada 3):** Área de **adensamento restrito**, onde o crescimento urbano deve ser limitado, favorecendo usos residenciais e comerciais de baixo impacto.
- **ZOC 4 (Zona de Ocupação Controlada 4):** Área de **adensamento restrito**, voltada para **chacreamentos**, com baixa densidade populacional.
- **ZOC 5 (Zona de Ocupação Controlada 5):** Também de **adensamento restrito**, mas com foco em **ocupação residencial unifamiliar**.
- **ZOE (Zona de Ocupação Especial):** Destinada a **grandes equipamentos urbanos e indústrias**.

- **SE 1 (Setor Especial 1):** Reservada para **projetos do sistema viário**.
- **SE 2 (Setor Especial 2):** Área com regras específicas, aplicadas conforme a seção VII da lei.
- **ZEIS 1 (Zona de Especial Interesse Social 1):** Destinada **principalmente à moradia de população de baixa renda**, sujeita a regras específicas para urbanização e regularização fundiária.
- **ZEIS 2 (Zona de Especial Interesse Social 2):** Compreende **áreas vagas**, com potencial para **implantação de programas habitacionais de interesse social**.
- **ZEU (Zona de Expansão Urbana):** Destinada à **futura ocupação** e projetos estruturadores, considerando o crescimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte.
- **Zona Rural:** Destinada à **preservação ambiental, recuperação de áreas degradadas e controle da ocupação do solo**, mas passível de transformação em zona urbana mediante lei específica.

A pressão por desenvolvimento urbano e econômico continuará a impulsionar mudanças no uso do solo, a menos que políticas de planejamento eficazes sejam implementadas. A conscientização crescente sobre questões ambientais pode levar a uma maior proteção das áreas naturais e a uma abordagem mais sustentável para o desenvolvimento. A integração de tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento pode fornecer ferramentas poderosas para o monitoramento e gestão do uso do solo no futuro.

Finalmente, a percepção da população em relação ao uso do solo, especialmente residentes próximos a áreas degradadas ou afetadas por desastres naturais, tende a ser mais negativa. Indivíduos com maior nível de educação ambiental e consciência socioambiental são geralmente mais críticos em relação às mudanças no uso do solo, influenciando sua participação em atividades de conservação e disposição para apoiar políticas ambientais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar as alterações do uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego do Tamanduá em Santa Luzia MG no período entre 2013 e 2023, utilizando técnicas de processamento digital de imagens (PDI).

2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver mapas de uso e ocupação do solo a partir de PDI com imagens de satélite Landsat 8 nos anos de 2013 e 2023;
- Identificar os principais padrões e tendências de mudança do uso do solo dentro da bacia do córrego do Tamanduá;
- Identificar os fatores impulsionadores dessas alterações;
- Avaliar os impactos ambientais decorrentes dessas transformações;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Uso e Ocupação do Solo

A análise do uso e ocupação do solo é fundamental para identificar problemas e impactos ambientais em diversas regiões. O uso inadequado do solo pode levar a consequências graves, como erosão, degradação da qualidade da água e perda de biodiversidade (Haines-Young, 2009). Cada cidade possui regras específicas para a utilização de suas áreas urbanas e rurais, sendo responsabilidade das prefeituras estabelecer normas para disciplinar essas formas de uso. Essas normas são essenciais para garantir que o desenvolvimento ocorra de maneira sustentável, minimizando os impactos negativos sobre o meio ambiente e a qualidade de vida da população (Turner, 1994).

A análise temporal permite observar as mudanças no uso e ocupação do solo ao longo do tempo. Na Bacia do Córrego do Tamanduá, a análise das imagens de satélite ao longo de 15 anos revela padrões de transformação significativos, como a conversão de áreas rurais em urbanizadas e a intensificação da agricultura. Essas mudanças são indicativas de uma expansão urbana contínua e de uma crescente demanda por produtos agrícolas, que resultam na perda de áreas naturais (Lambin & Geist, 2006).

As transformações no uso do solo têm impactos ambientais profundos, incluindo a perda de biodiversidade, degradação do solo e redução da qualidade da água. A eficácia das legislações municipais e federais na conservação ambiental varia, muitas vezes devido a lacunas entre a legislação e sua implementação efetiva. A pressão da sociedade civil e o envolvimento das comunidades locais são fundamentais para garantir o cumprimento das leis ambientais e a conservação das áreas protegidas (Laurance, 2010).

Com base nos impactos ambientais identificados, é possível propor medidas mitigadoras para minimizar os efeitos negativos das mudanças no uso do solo. Essas medidas incluem a recuperação de áreas degradadas, a implementação de práticas de uso sustentável do solo e o fortalecimento da fiscalização ambiental. As políticas públicas devem ser ajustadas para promover um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável, considerando as particularidades locais e regionais (Foley et al., 2005).

3.2. Legislação Vigente

No Brasil, a legislação que trata do uso e ocupação do solo está integrada ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), instrumento básico da política urbana brasileira, conforme disposto no art. 182 da Constituição Federal e regulamentado pelos arts. 39 a 42 da Lei Federal 10.257/01, conhecida como Estatuto da Cidade (Fernandes, 2007). O PDDU é obrigatório para municípios com mais de vinte mil habitantes, sob pena de improbidade administrativa para o gestor público que não o elaborar (Santos, 2015).

Além da legislação federal, os municípios elaboram suas próprias leis de uso e ocupação do solo. Em Santa Luzia, o Plano Diretor é regulamentado pela Lei Municipal nº 3.463, de 23 de dezembro de 2013, que altera a Lei nº 2699 de 10 de outubro de 2006. Esta legislação divide o território do município em duas macrozonas: a urbana e a de Proteção do Patrimônio Natural. A macrozona urbana compreende a zona urbana do município, enquanto a macrozona de proteção do patrimônio natural abrange a zona de expansão urbana e a zona rural, com o objetivo de preservar o ambiente, recuperar áreas degradadas e controlar rigidamente o uso e ocupação do solo.

O Código Florestal Brasileiro (Lei Federal Nº 12.651, de 2012) também é relevante, pois estabelece normas para a proteção de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL), fundamentais para a conservação da fauna, flora e recursos hídricos (MMA, 2012).

3.3. Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

O geoprocessamento refere-se ao conjunto de técnicas e tecnologias utilizadas para a coleta, processamento, análise e apresentação de dados georreferenciados, ou seja, dados que possuem uma localização espacial específica. No Brasil, essa área tem se desenvolvido significativamente, sendo fundamental para diversas aplicações em planejamento urbano, gestão ambiental e agricultura (Camara et al., 2001).

As aplicações do geoprocessamento são vastas e abrangem diversos setores. No planejamento urbano, ele auxilia na análise da expansão urbana, identificação de áreas de risco e otimização do uso do solo. Na gestão ambiental, é utilizado para monitorar mudanças no uso da terra, avaliar impactos ambientais e desenvolver estratégias de conservação (Medeiros et al., 2012).

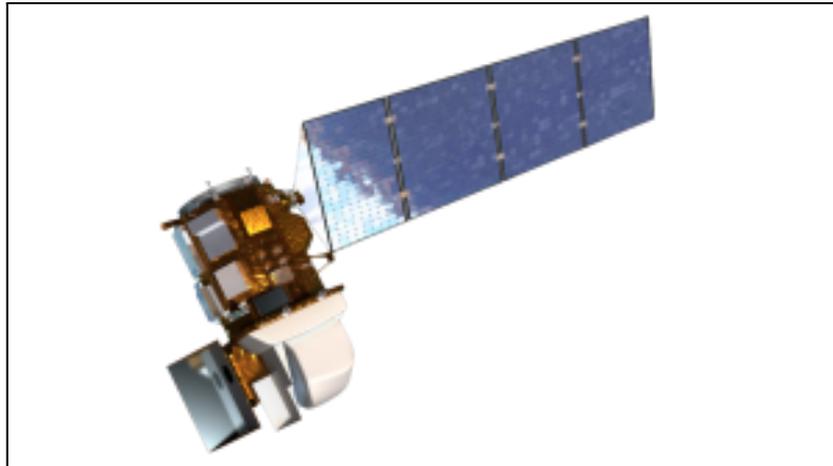
Na pesquisa ambiental, o geoprocessamento e o sensoriamento remoto desempenham um papel crucial. Eles permitem a monitorização contínua e detalhada de áreas de interesse, a análise de tendências temporais e espaciais, e a avaliação de impactos ambientais. Essas tecnologias são essenciais para estudos de mudanças no uso do solo, como a análise da Bacia do Córrego do Tamanduá, onde a combinação de imagens de satélite e ferramentas de geoprocessamento pode revelar padrões de ocupação, degradação ambiental e fornecer subsídios para a formulação de políticas de conservação e uso sustentável do solo.

Existem diferentes tipos de sensoriamento remoto, que variam de acordo com o tipo de sensor utilizado e a natureza dos dados coletados. Os sensores podem ser passivos, que capturam a radiação refletida ou emitida pelos objetos, como os sensores ópticos, ou ativos, que emitem sua própria radiação e medem a quantidade refletida de volta ao sensor, como os radares (Florenzano, 2002).

O processamento de imagens de satélite envolve várias etapas, incluindo a correção radiométrica e geométrica, a realce de imagem e a classificação. A correção radiométrica ajusta os valores de pixel para eliminar erros causados por variáveis atmosféricas e de sensor, enquanto a correção geométrica alinha a imagem de satélite a um sistema de coordenadas específico. O realce de imagem melhora a visualização das características de interesse, e a classificação agrupa pixels em categorias de uso do solo ou cobertura terrestre (Escada et al., 2005).

O Landsat 8 é um satélite de sensoriamento remoto operado pela NASA e pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), lançado em 11 de fevereiro de 2013. Ele faz parte do programa Landsat, que fornece dados contínuos de observação da Terra desde 1972. O principal objetivo do Landsat 8 é monitorar os recursos naturais do planeta, contribuindo para estudos em áreas como uso e ocupação do solo, gestão de recursos hídricos e mudanças ambientais globais (USGS, 2013). A Figura 3 a seguir mostra uma foto do Satélite Landsat 8.

Figura 3 - Satélite LANDSAT 8



Fonte: NASA (2013)

Equipado com dois sensores principais, o Operational Land Imager (OLI) e o Thermal Infrared Sensor (TIRS), o Landsat 8 captura imagens em 11 bandas espectrais, cobrindo desde o visível até o infravermelho térmico. Essas bandas permitem discriminar características distintas do solo, vegetação e corpos d'água. As combinações de bandas, como 5-4-1 e 4-3-2, são amplamente utilizadas para realçar aspectos específicos do ambiente, como solos impermeáveis, cobertura vegetal e águas superficiais (GARCIA et al., 2014).

Uma das principais inovações do OLI é a inclusão da banda costeira (banda 1), que possibilita análises mais detalhadas de áreas aquáticas costeiras e estuarinas. Já o TIRS fornece dados críticos para o estudo de balanços energéticos e evapotranspiração, uma métrica essencial para a agricultura e o manejo de recursos hídricos (NASA, 2013).

O Landsat 8 possui resolução espacial de 30 metros para as bandas multiespectrais, 15 metros para a banda pancromática e 100 metros para as bandas térmicas. Essa resolução oferece uma combinação única de cobertura global e detalhamento espacial, tornando os dados ideais para aplicações de mapeamento em grande escala e análises ambientais. Além de suas características técnicas, o programa Landsat também é notável por disponibilizar seus dados de forma gratuita desde 2008. Isso ampliou significativamente o uso de imagens de satélite em projetos científicos e governamentais ao redor do mundo, fomentando avanços em monitoramento ambiental e planejamento urbano. A seguir a Figura 4 traz a relação de bandas e resolução dos Satélites Landsat 7 e 8.

Figura 4 - Relação de Bandas Espectrais dos Satélites Landsat 7 e Landsat 8

Landsat-7 ETM+ Bands (μm)			Landsat-8 OLI and TIRS Bands (μm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	100 m TIR-1	10.60 - 11.19	Band 10
			100 m TIR-2	11.50 - 12.51	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

Fonte: NASA (2013)

3.4. Bacias Hidrográficas: Conceitos e Definições

A bacia hidrográfica é definida como uma área natural de captação de água, onde a precipitação converge para um único ponto de saída, formando uma rede de drenagem que direciona o escoamento para um leito específico em seu exutório (PORTO, 2008). A bacia hidrográfica é composta por superfícies vertentes e uma rede de cursos d'água que confluem até um ponto final, caracterizando um sistema integrado que permite a realização de balanços hidrológicos.

O conceito de bacia hidrográfica como um ente sistêmico é fundamental para o entendimento da dinâmica hídrica e a gestão de recursos hídricos. A bacia pode ser delimitada em diferentes escalas, desde grandes bacias como a do Rio Amazonas, com sua extensão desde a cordilheira andina até o Oceano Atlântico, até pequenas sub-bacias urbanas (PORTO, 2008). A escolha da escala de análise depende do problema específico a ser abordado, seja para grandes áreas ou para pequenos territórios urbanos.

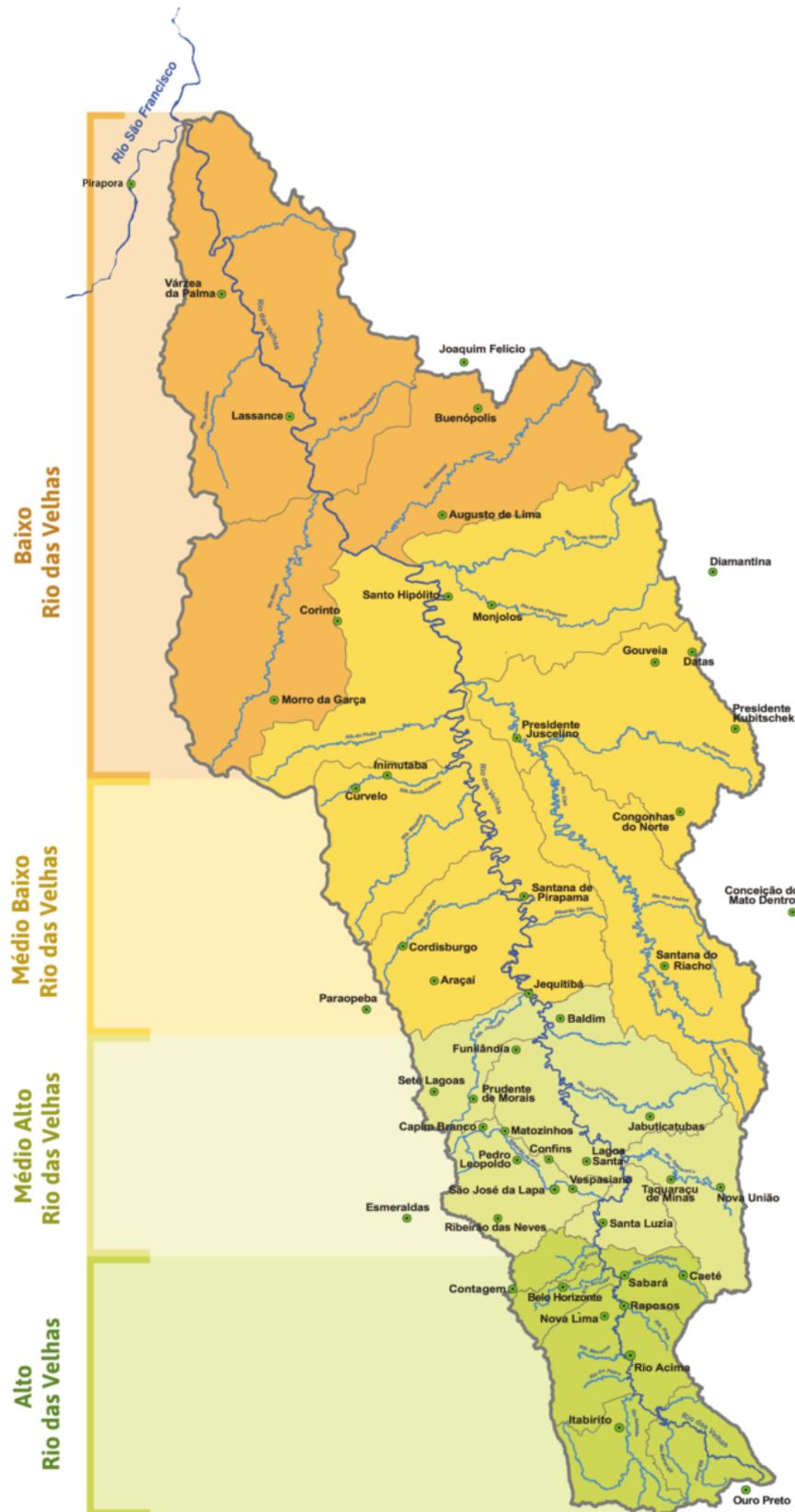
Toda atividade humana ocorre dentro de uma bacia hidrográfica, abrangendo áreas urbanas, industriais, agrícolas e de preservação (PORTO, 2008). Portanto, as características e processos

que ocorrem no exutório da bacia são reflexos das formas de ocupação do território e da utilização dos recursos hídricos. O conceito sistêmico da bacia hidrográfica é essencial para a implementação de práticas eficazes de gestão de recursos hídricos, pois integra as variáveis ambientais e antrópicas que afetam o sistema.

3.4.1. Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

A bacia hidrográfica do Rio das Velhas é uma das mais importantes do estado de Minas Gerais, representando o maior afluente em extensão da bacia do Rio São Francisco. Com uma área de drenagem de aproximadamente 27.850 km², a bacia do Rio das Velhas percorre 806,84 km, desde suas nascentes em Ouro Preto até sua foz no Rio São Francisco, na localidade de Barra do Guaicuí, no município de Várzea da Palma. A altitude da nascente é de 1.100 metros, enquanto sua foz está a 478 metros de altitude (IBGE, 2000). A população que habita a bacia, estimada em 4.406.190 habitantes (IBGE, 2000), está distribuída por 51 municípios, sendo esses diretamente influenciados pela dinâmica do rio e seus afluentes. A Figura 5 mostra o mapa da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.

Figura 5 - Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas



Fonte: CBH Rio das Velhas (2025)

A bacia do Rio das Velhas é fundamental para o abastecimento de água e a manutenção da biodiversidade na região central de Minas Gerais. Contudo, a pressão antrópica sobre seus recursos naturais tem gerado impactos significativos em sua qualidade ambiental. A bacia é dividida em quatro regiões fisiográficas distintas: Alto Rio das Velhas, Médio Alto Rio das Velhas, Médio Baixo Rio das Velhas e Baixo Rio das Velhas, cada uma delas com características geográficas, ambientais e socioeconômicas próprias (CBH Rio das Velhas ,2025).

A bacia do Rio das Velhas enfrenta uma série de desafios ambientais decorrentes do uso intensivo dos seus recursos naturais. A urbanização crescente, especialmente nas regiões metropolitanas de Belo Horizonte e Contagem, contribui para a impermeabilização do solo, o que aumenta o risco de enchentes e degrada a qualidade da água. Além disso, a exploração mineral, que é predominante no Alto Rio das Velhas, pode resultar na contaminação das águas e na degradação dos ecossistemas aquáticos. Outro fator importante é a poluição gerada pelas ligações clandestinas de esgoto nas áreas urbanas, que agravam os problemas de qualidade da água, afetando tanto o abastecimento humano quanto a biodiversidade local (CBH Rio das Velhas ,2025)..

Estudos como os de Bertoni & Tucci (2003) indicam que a supressão da vegetação e o aumento da impermeabilização do solo em áreas urbanizadas e mineradoras são fatores críticos para o aumento das vazões máximas e para a contaminação das águas, criando um ciclo vicioso de degradação ambiental. Portanto, a gestão sustentável da bacia do Rio das Velhas é crucial para mitigar os impactos ambientais e garantir a disponibilidade de água para as gerações futuras.

3.4.2. Bacia Hidrográfica do Córrego do Tamanduá

O Córrego do Tamanduá se destaca como um importante contribuinte do Rio das Velhas, afluente pela margem direita do Rio das Velhas, sendo um elemento fundamental da drenagem local e exercendo influência direta sobre a qualidade da água que escoar para a bacia hidrográfica maior. Com uma área de **2730,2 hectares**, a bacia desse córrego sofre constantes transformações devido ao avanço da urbanização, impulsionado pela expansão de novos bairros, condomínios e empreendimentos comerciais. Além disso, a presença da **BR-381**, que atravessa seu território, contribui para o aumento da impermeabilização do solo e a intensificação de processos erosivos.

A exploração minerária na região também tem gerado impactos ambientais significativos, como o desmatamento, o assoreamento do leito do córrego e a degradação da vegetação nativa. Entre as principais mudanças no uso e ocupação do solo ao longo da última década, destacam-se a redução da vegetação densa e o aumento das áreas de solo exposto, indicando um processo de degradação ambiental progressivo.

4. METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa, foi utilizado o *software* QGIS para a análise de imagens de satélite, dos anos de 2013 e 2023, que foram obtidas do *Earth Explorer da United States Geological Survey* (USGS). A seleção das imagens considerou fatores como a qualidade visual, a ausência de nuvens, e a disponibilidade de bandas espectrais adequadas para a análise de uso e ocupação do solo. As imagens utilizadas foram feitas pelo satélite *Landsat 8*, que possui uma resolução de 30m.

Para a delimitação da área de estudo, utilizou-se uma imagem do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) disponibilizada através do site earth explorer. Após a Obtenção da imagem do SRTM, o arquivo raster foi importado para o QGIS e foi reprojetoado para coordenadas UTM usando a ferramenta de reprojeção do QGIS. Através da ferramenta fill.dir, disponível no menu de processamento do QGIS, foram eliminadas as depressões artificiais que podem interferir no cálculo do fluxo de água. Com a ferramenta *Watershed* foi gerado um raster que separa as áreas de drenagem em bacias distintas, e sabendo as coordenadas do exultório da Bacia do córrego do Tamanduá, foi utilizada a ferramenta water.outlet, que através da coordenada apontada delimita a área da Bacia.

A análise da evolução vegetativa na bacia, do ano de 2013 para 2023, foi realizada por meio do uso de índices de vegetação, com destaque para o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). O NDVI é calculado utilizando as bandas espectrais na faixa do vermelho e do infravermelho próximo, de acordo com a fórmula:

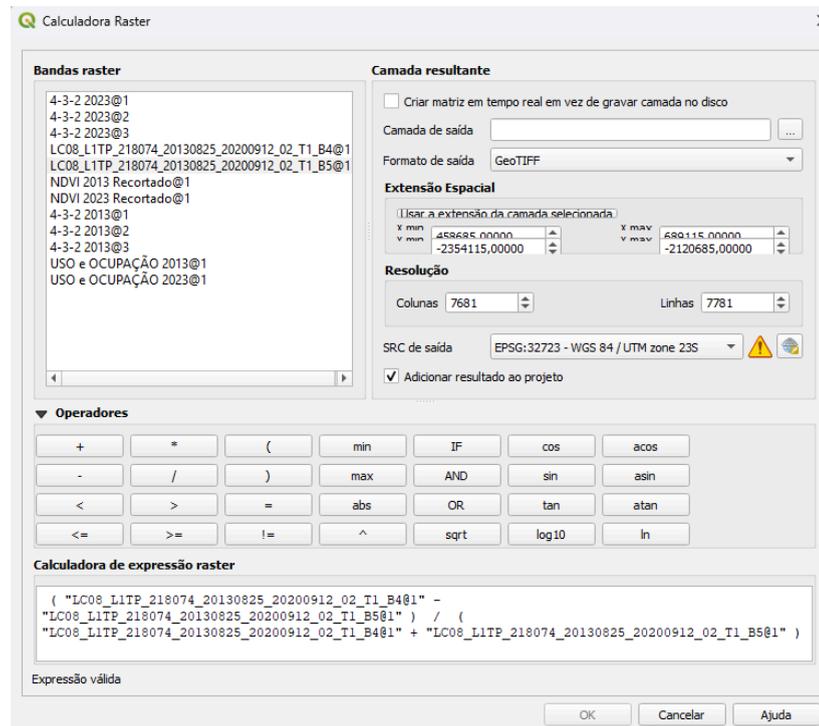
$$NDVI = (IV - V) / (IV + V)$$

Onde:

- IV: Infravermelho próximo (banda 5 do Landsat 8);
- V: Vermelho (banda 4 do Landsat 8).

A Figura 6 abaixo demonstra o cálculo no Painel da Calculadora Raster no QGIS:

Figura 6 - Painel de Comando “Calculadora Raster” para Calculo do NDVI



Fonte: QGIS (2025), Adaptado pelo Autor

O cálculo do NDVI, proposto por Rouse (1973), resulta em valores que variam de -1 a 1. Valores positivos indicam a presença de vegetação, sendo que os índices mais elevados correspondem a áreas com vegetação mais densa. Por outro lado, valores baixos ou negativos indicam a ausência de vegetação, associada a solo exposto, corpos d’água ou afloramentos rochosos. A utilização das bandas 4 e 5 do satélite Landsat 8 foi fundamental para a geração desses índices, possibilitando uma avaliação detalhada da cobertura vegetal ao longo do tempo.

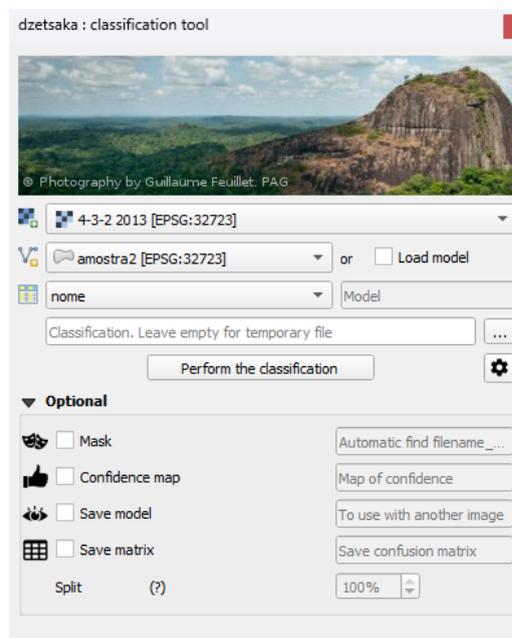
Os mapas de uso e ocupação do solo da bacia do córrego do Tamanduá, foram gerados através do Plugin Dzetsaka do QGIS, que consiste em um algoritmo de reconhecimento de padrões de emissividade por pixel baseado em amostras pré coletadas manualmente de acordo com as seguintes classes de usos do solo:

- Mineração;
- Corpos Hídricos;
- Áreas Urbanizadas;

- Solo Exposto;
- Vegetação Densa;
- Vegetação Rasteira;

As amostras foram retiradas de uma composição colorida, feita através das bandas espectrais 4, 3 e 2 do satélite landsat 8. Abaixo segue a Figura 7 mostrando o painel do plugin Dsetsaka:

Figura 7 - Painel de Comando “*Dzetsaka:Classification tool*” para Classificação das Imagens



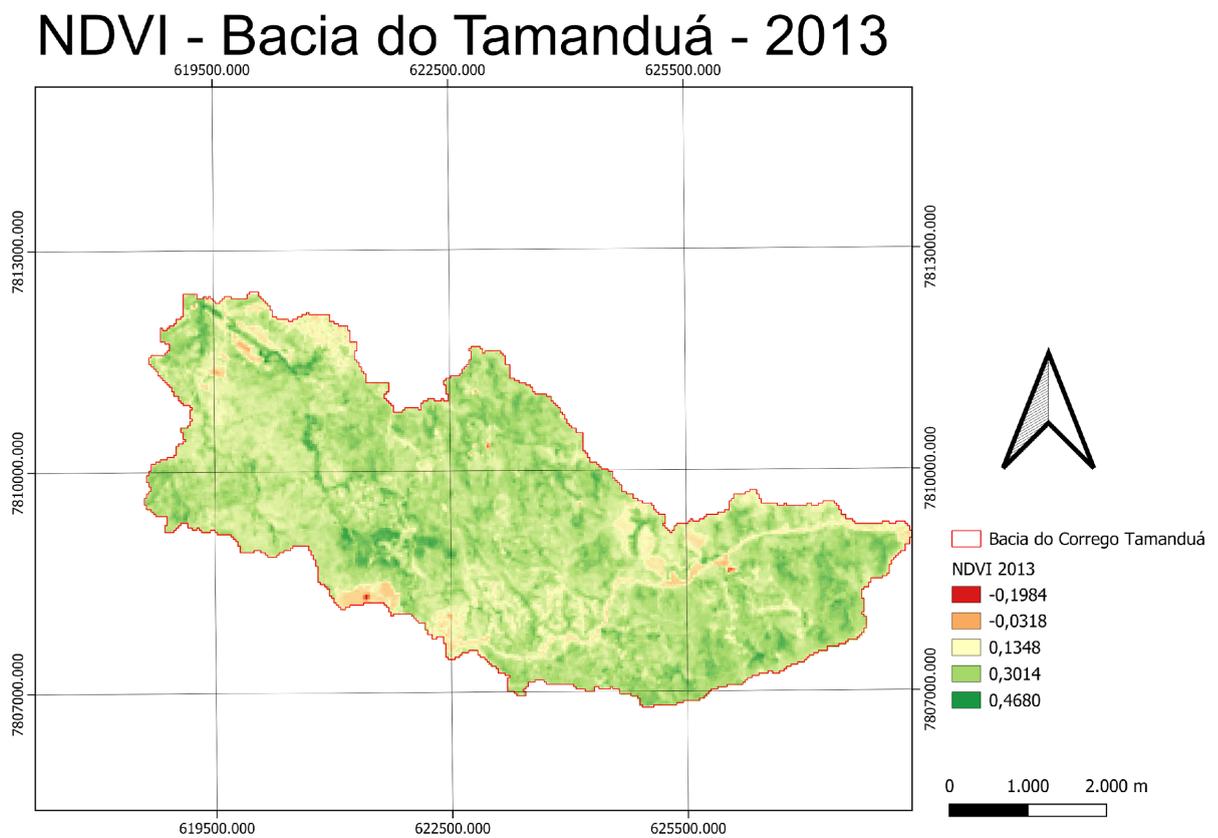
Fonte: QGIS (2025), Adaptado pelo Autor

Com base na análise temporal, foram identificadas as mudanças do uso e ocupação do solo entre os anos de 2013 e 2023 na bacia, os possíveis impactos ambientais resultantes e apresentadas possíveis medidas mitigadoras. Através desta metodologia, espera-se obter um diagnóstico detalhado das transformações ocorridas na Bacia do Córrego Tamanduá ao longo dos últimos 10 anos, fornecendo subsídios valiosos para a formulação de políticas públicas e estratégias de ordenamento territorial.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

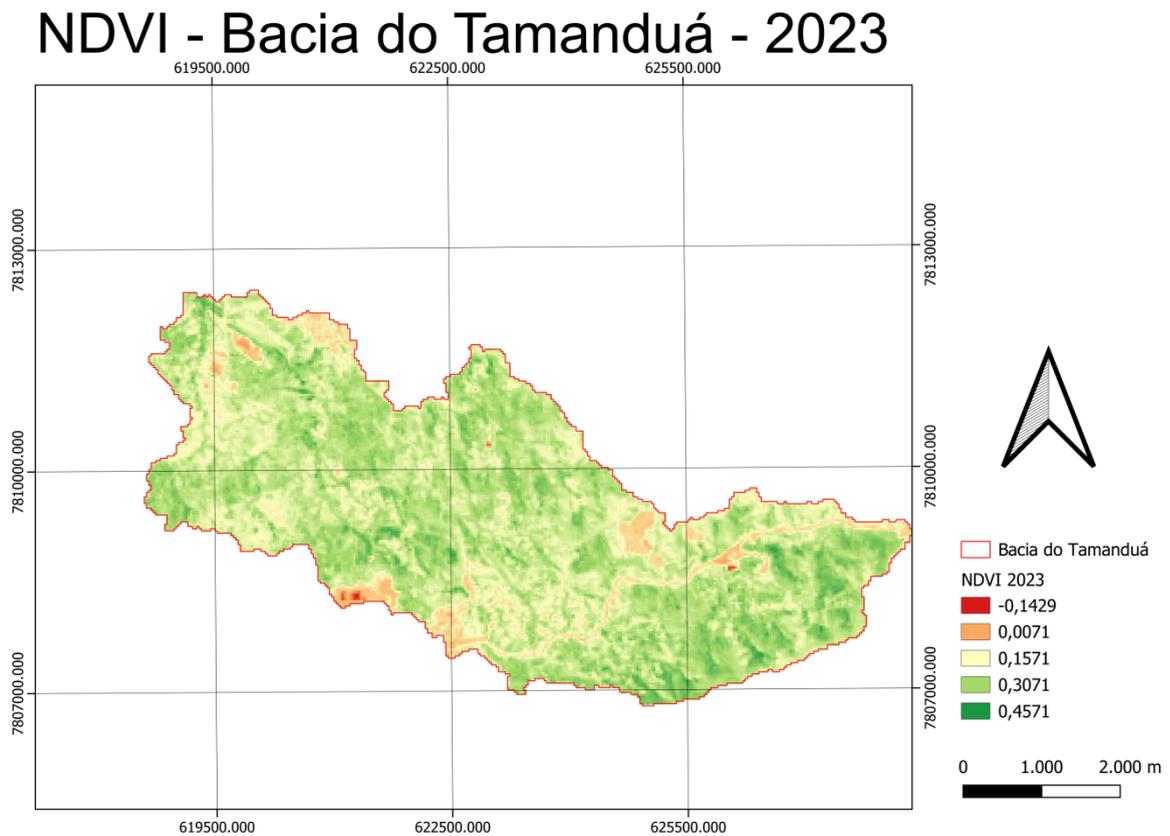
Através do uso do *Normalized Difference Vegetation Index*(*NDVI*), ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada em imagens de satélite de 2013 e 2023, foi possível analisar a composição do uso e ocupação do solo da bacia, conforme mostra as figuras 8 e 9 a seguir:

Figura 8 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada(*NDVI*), da bacia do córrego do Tamanduá - Santa Luzia MG a partir das imagens de 2013



Fonte: Autor (2025)

Figura 9 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada(NDVI), da bacia do córrego do Tamanduá - Santa Luzia MG a partir das imagens de 2023



Fonte: Autor (2025)

Analisando os mapas de NDVI, referentes aos anos de 2013 e 2023, pode-se notar que a área analisada apresenta uma vegetação moderada, com pouca cobertura densa ou áreas de vegetação muito saudável. Esse valor de NDVI é característico de áreas com vegetação esparsa ou de vegetação em processos de degradação, o que pode estar associado a fatores como uso do solo, atividades de mineração e urbanização. Além disso, as imagens são de um período pouco chuvoso, o que pode afetar a saúde e densidade da vegetação.

Analisando as áreas mais detalhadamente, observou-se que as zonas de mineração, localizadas principalmente na região sudoeste da bacia, e a área a nordeste pertencente ao Centro de Tratamento de Resíduos Santa Luzia Tratamento e Disposição de resíduos sólidos mostraram-se como áreas de alteração significativa da vegetação, o que é esperado, pois atividades mineradoras frequentemente resultam na remoção da vegetação original para a exploração de recursos minerais .O CTR aumentou sua área de 2013 para 2023, o aterro recebe resíduos industriais, principalmente os da construção civil Essas áreas, portanto, são

identificadas com NDVI mais baixos, refletindo a degradação da vegetação devido à extração mineral e deposição de resíduos.

Além disso, as áreas urbanas, especialmente aquelas próximas à BR 381, também mostraram índices de NDVI mais baixos. A urbanização, com a expansão das construções e infraestruturas, tem o efeito de reduzir a cobertura vegetal, resultando em valores mais baixos de NDVI, o que reforça a ideia de que a urbanização pode estar contribuindo para a redução da vegetação na região.

Em relação aos corpos d'água, foram observadas poucas áreas com presença significativa de água, o que pode ser um reflexo das características da região, onde a disponibilidade hídrica pode ser limitada ou a presença de água superficial não é predominante. A ausência de grandes corpos d'água nas imagens de NDVI também pode ser relacionada à baixa representação de vegetação aquática ou vegetação de várzea nos mapas, que poderiam, em teoria, gerar valores de NDVI distintos.

A comparação entre as imagens de 2013 e 2023 revelou uma diminuição significativa da vegetação ao longo dessa década, refletida em uma redução no índice de NDVI. Essa redução pode ser atribuída principalmente ao aumento da urbanização e da expansão das áreas de mineração, que se intensificaram ao longo do período analisado. A urbanização crescente, especialmente nas proximidades da BR 381, vem resultando em uma diminuição da vegetação e em valores de NDVI ainda mais baixos, o que sugere um processo de degradação da vegetação ao longo do tempo.

Para complementar a análise dos índices de NDVI e entender melhor a dinâmica do uso do solo na região, foram gerados mapas de uso e ocupação do solo a partir da classificação supervisionada de imagens de satélite Landsat 8. As Figuras 10 e 11 apresentam, respectivamente, a composição das bandas 4, 3 e 2 do satélite Landsat 8 para o ano de 2013, e o mapa de uso e ocupação do solo gerado a partir dessa imagem, conforme a metodologia descrita. A composição das bandas é útil para destacar diferentes tipos de cobertura do solo, com ênfase nas áreas urbanas, vegetação e corpos d'água. O mapa de uso e ocupação de 2013 revela uma distribuição do solo com predominância de áreas de vegetação esparsa, mineração e algumas áreas urbanizadas.

Figura 10 - Composição de Bandas Espectrais 4-3-2 do Satélite Landsat 8 na Área da Bacia do Córrego do Tamanduá, ano 2013

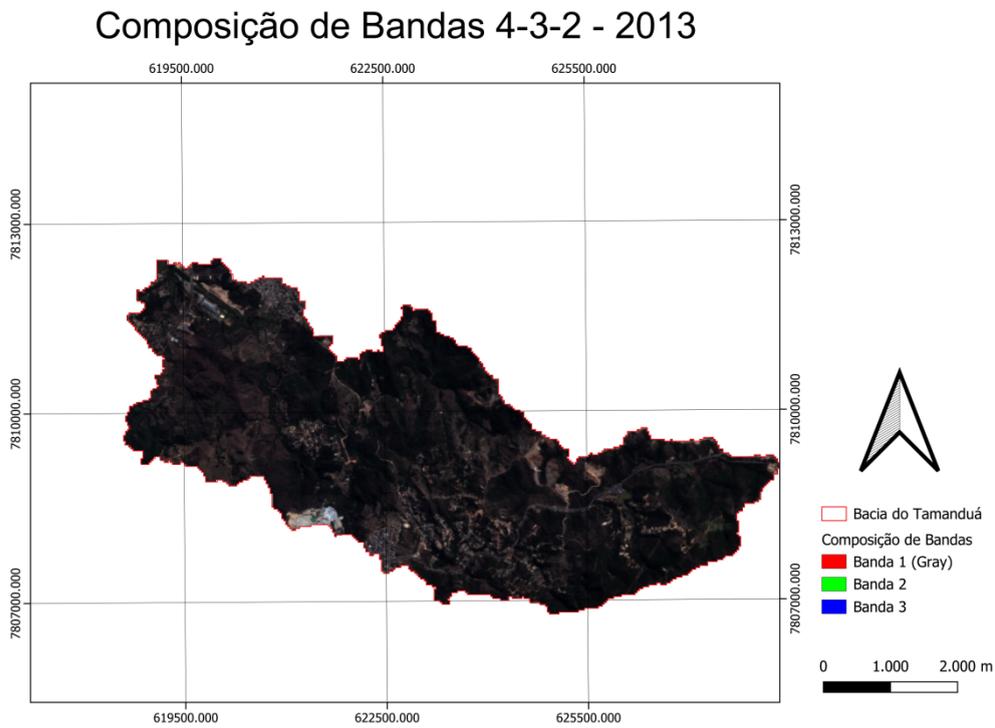
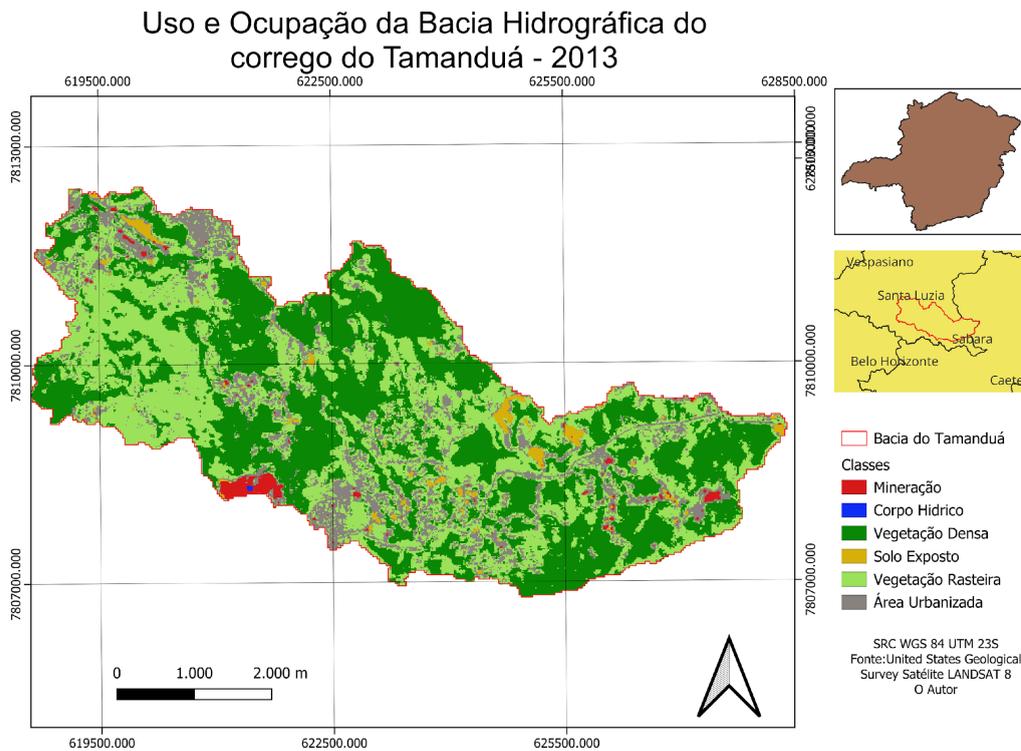
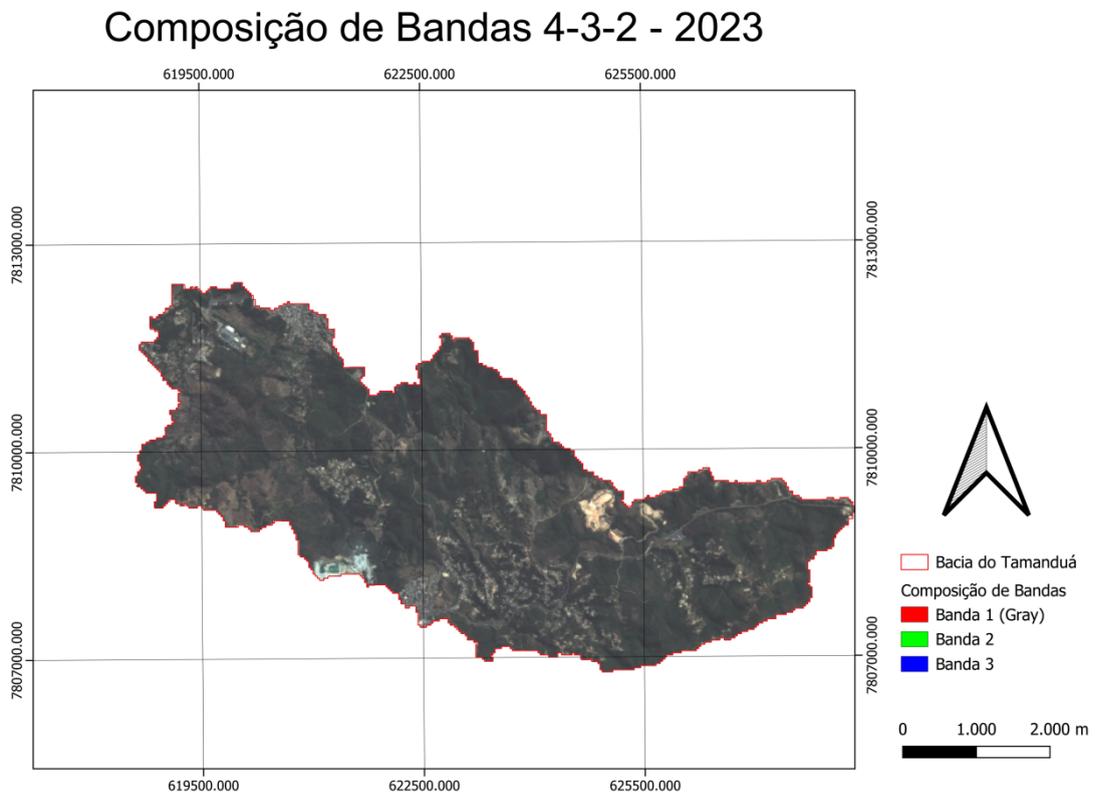


Figura 11 - Mapa de Uso e Ocupação da Bacia do Córrego do Tamanduá em Santa Luzia no ano de 2013



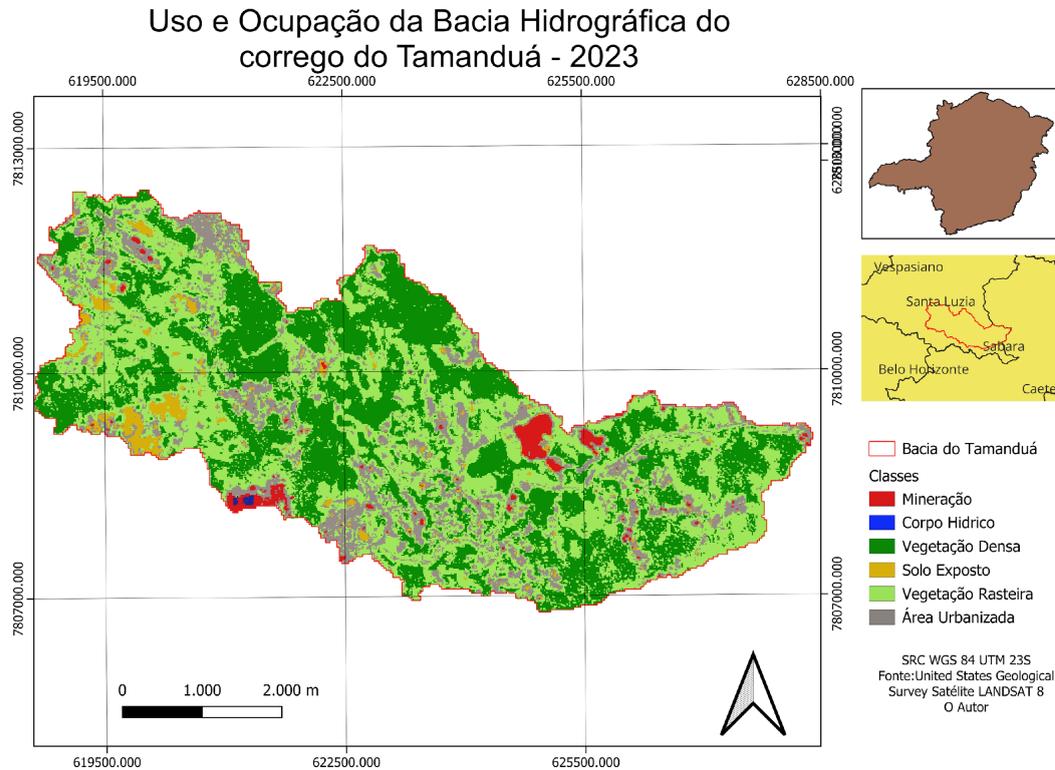
As Figuras 12 e 13 ilustram a composição das mesmas bandas do Landsat 8 para o ano de 2023 e o mapa de uso e ocupação do solo correspondente.

Figura 12 - Composição de Bandas Espectrais 4-3-2 do Satélite Landsat 8 na Área da Bacia do Córrego do Tamanduá, ano 2023



Fonte: Autor (2025)

Figura 13 - Mapa de Uso e Ocupação da Bacia do Córrego do Tamanduá em Santa Luzia no ano de 2023



Fonte: Autor (2025)

A comparação entre os mapas de 2013 e 2023 revela mudanças significativas no uso da terra, com uma expansão das áreas urbanas, de mineração e solo exposto, enquanto as áreas de vegetação, principalmente nas regiões centrais da bacia, mostraram-se reduzidas. Essas modificações evidenciam os impactos das atividades humanas sobre a cobertura do solo, que podem estar correlacionados com os resultados do NDVI, mostrando a diminuição da vegetação e a intensificação de atividades industriais com potencial degradador. A seguir, podemos ver na tabela 1 a variação das áreas observadas no estudo entre 2013 e 2023.

Tabela 1 - Variação da área dos usos e ocupação do solo da Bacia do córrego do Tamanduá

Classe	Área 2013 (ha)	Área 2023 (ha)	Variação (ha)	Variação (%)
Mineração	29,01	48,4	19,39	67,00%
Corpo Hídrico	0,52	2,1	1,58	304,00%
Vegetação Densa	1204,2	1014,1	-190,1	-15,80%
Solo Exposto	44,5	74,5	30	67,40%
Vegetação Rasteira	1077,4	1198,1	120,7	11,20%
Área Urbanizada	380,3	398,8	18,5	4,90%

Fonte: Autor (2025)

É preciso ressaltar, que a classificação do uso e ocupação do solo por meio de imagens de satélite utilizando o plugin DZetsaka do QGIS pode apresentar inconsistências decorrentes de diversos fatores. Um dos principais problemas está relacionado à resolução espacial das imagens. Quando as imagens possuem baixa resolução, é difícil identificar objetos ou áreas menores do que o tamanho de cada pixel, o que pode resultar na confusão entre diferentes classes, como áreas urbanas e solos expostos ou florestas e pastagens.

Outro fator que pode gerar inconsistências é a semelhança espectral entre classes. Algumas categorias de uso do solo, como corpos d'água rasos e sombras, ou pastagens e culturas agrícolas, podem apresentar assinaturas espectrais muito parecidas, dificultando a separação correta das classes. Além disso, o ruído presente nas imagens, causado por elementos como nuvens, sombras ou interferências atmosféricas, também pode levar a erros de classificação.

A qualidade do modelo de classificação também influencia os resultados. Quando o treinamento do modelo é feito com um número insuficiente de amostras ou com amostras mal representadas, o desempenho da classificação supervisionada pode ser comprometido. No caso de áreas com padrões heterogêneos, como mosaicos agrícolas intercalados com vegetação nativa, a mistura de diferentes coberturas dentro de um único pixel também pode resultar em erros.

Além disso, a escolha do algoritmo de classificação no plugin DZetsaka é um aspecto crítico. Cada algoritmo tem suas limitações e pode ter dificuldades em lidar com classes complexas ou padrões específicos. Outro desafio está relacionado às variações sazonais das paisagens.

Imagens capturadas em diferentes épocas do ano podem apresentar mudanças na cobertura vegetal ou no uso do solo, gerando confusões entre classes.

Esses fatores evidenciam a importância de um planejamento criterioso durante o processo de classificação. É necessário selecionar imagens de alta qualidade, remover ruídos, definir boas amostras de treinamento e considerar as características específicas do algoritmo escolhido para reduzir inconsistências e aumentar a precisão dos resultados.

A análise dos índices de NDVI e da ocupação do solo ao longo dos últimos anos demonstrou uma diminuição da vegetação natural e um aumento na urbanização, especialmente nas áreas próximas à BR-381 e às zonas de mineração. Esses fatores, associados à impermeabilização do solo, ao lançamento inadequado de efluentes e à redução das áreas de vegetação ripária, podem gerar uma série de impactos ambientais, como a degradação da qualidade da água, o aumento das enchentes e a perda de habitats naturais.

No entanto, é preciso destacar, que com a implementação de medidas mitigadoras, como a recuperação de vegetação nativa, a gestão sustentável da água, o planejamento urbano adequado e o monitoramento constante dos recursos ambientais, os impactos podem ser reduzidos de forma significativa. A restauração das áreas degradadas, a criação de corredores ecológicos e a promoção de práticas de urbanização mais sustentáveis são estratégias essenciais para garantir a preservação dos recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida na região.

Portanto, a bacia do Córrego do Tamanduá, apesar da perda de vegetação e aumento da urbanização, apresenta um grande potencial para a implementação de ações que visem à conservação ambiental, ao equilíbrio entre desenvolvimento urbano e preservação dos ecossistemas e à promoção de uma gestão hídrica mais eficiente. A continuidade de estudos e monitoramento, bem como a conscientização da população e das autoridades locais, são passos fundamentais para garantir um futuro mais sustentável para a região e para as gerações vindouras.

6. CONCLUSÃO

O presente Trabalho apresenta-se como um mecanismo capaz de identificar as mudanças no uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica. A partir de um conjunto de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e técnicas para avaliação e classificação dos usos, foi possível identificar o padrão de ocupação predominante e compreender as dinâmicas de transformação da paisagem ao longo do período analisado. Os resultados obtidos indicam que o crescimento urbano e as atividades antrópicas exercem influência direta sobre o meio ambiente, contribuindo para impactos como a degradação do solo, a redução da cobertura vegetal e alterações nos corpos d'água.

Além disso, a análise temporal revelou áreas críticas que demandam maior atenção quanto à preservação ambiental e ao cumprimento da legislação vigente. A aplicação dessas tecnologias mostrou-se eficaz para subsidiar o planejamento e a gestão territorial, oferecendo subsídios para a tomada de decisões mais sustentáveis e orientadas ao equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e a conservação ambiental.

Por fim, espera-se que este estudo contribua como referência para futuros trabalhos na área, promovendo a adoção de práticas de manejo que minimizem os impactos negativos e reforcem a importância do uso responsável dos recursos naturais.

7. RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo e nos desafios encontrados durante a análise do uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego do Tamanduá, recomenda-se que trabalhos futuros considerem algumas diretrizes importantes para aprimorar a qualidade das análises e ampliar o alcance das investigações.

Uma primeira recomendação é a utilização de imagens de satélite com maior resolução espacial e temporal. Imagens de alta qualidade permitem identificar padrões de uso e ocupação de forma mais detalhada, reduzindo ambiguidade na classificação e proporcionando uma análise mais precisa. Além disso, a integração de dados complementares, como mapas cadastrais, informações socioeconômicas e registros históricos de uso da terra, pode enriquecer as análises e fornecer um contexto mais abrangente sobre as transformações observadas.

Também é recomendável que futuras pesquisas ampliem o período de análise temporal, de modo a cobrir intervalos mais longos. Isso pode revelar tendências de longo prazo e aprofundar o entendimento sobre os processos de ocupação e mudança na paisagem. Da mesma forma, a consideração de fatores sazonais, através da análise de imagens capturadas em diferentes épocas do ano, ajudará a captar variações na cobertura vegetal e no uso do solo que ocorrem de forma natural, aprimorando a precisão da classificação.

Além disso, é importante expandir a análise para estudar os impactos ambientais associados às mudanças no uso do solo. Aspectos como erosão, assoreamento, perda de vegetação e qualidade da água devem ser investigados para estabelecer relações claras entre o uso da terra e os problemas ambientais observados na região. Por fim, sugere-se a realização de estudos comparativos com outras áreas de características similares. Isso permitirá identificar padrões comuns ou específicos que possam auxiliar no planejamento territorial e na gestão de bacias hidrográficas em um contexto mais amplo.

Essas recomendações visam não apenas fortalecer os estudos futuros, mas também subsidiar decisões que promovam um equilíbrio sustentável entre o desenvolvimento urbano e a preservação ambiental na região.

8. REFERÊNCIAS

BRASIL. **Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: <https://www.senado.leg.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=127798>. Acesso em: 23 jul. 2024.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001: regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2001/L10257.htm. Acesso em: 23 jul. 2024.

BERTONI, Juan Carlos; TUCCI, Carlos E. M. **Inundações Urbanas na América do Sul.** 1. ed. Porto Alegre: Meteorological Organization, 2003. 156 p.

CAMARA, G. et al. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling.** *Computers & Graphics*, v. 15, n. 6, p. 13-22, 2001.

COMITÊ da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – CBH Rio das Velhas. [S. l.], 29 jun. 1998. Disponível em: <https://cbhvelhas.org.br/>. Acesso em: 23 jul. 2024.

ESCADA, M. I. S.; LIMA, L. S.; MONTEIRO, A. M. V. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise ambiental.** Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/532267/sensoriamento-remoto-e-geoprocessamento-na-analise-ambiental>. Acesso em: 23 jul. 2024.

FERNANDES, E. **Implementing the urban reform agenda in Brazil.** *Environment and Urbanization*, v. 19, n. 1, p. 177-189, 2007. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/home/eau>. Acesso em: 23 jul. 2024.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002..

FOLEY, J. A. et al. **Global consequences of land use.** *Science*, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/7704227_Global_Consequences_of_Land_Use. Acesso em: 23 jul. 2024.

Garcia, P.; Pérez, M.E. & Guerra, A. 2014. *Using TM images to detect soil sealing change in Madrid (Spain).* *Geoderma*, 214-215: 135–140.

HAINES-YOUNG, R. **Land Use and Biodiversity Relationships.** *Land Use Policy*, v. 26, p. S178-S186, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.08.009>. Acesso em: 23 jul. 2024.

HOENIG, L. et al. **Análise do uso do solo em áreas de preservação permanente no alto curso da bacia do rio Cotegipe, Francisco Beltrão - PR.** XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária, Uberlândia MG, p. 1-12, 19 out. 2012. Disponível em: http://www.lagea.ig.ufu.br/xx1enga/anais_enga_2012/eixos/1388_1.pdf. Acesso em: 23 jul. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: . Acesso em: 15 de maio de 2021.

MEDEIROS, J. S.; ALMEIDA, T. I. R.; SILVA, J. S. **Geoprocessamento e análise ambiental.** Editora UFV, 2012. Disponível em: <https://www.editora.ufv.br/geoprocessamento-e-analise-ambiental>. Acesso em: 23 jul. 2024.

MOLION, L. C. B. **Agricultura de precisão e sensoriamento remoto.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 18, n. 1, p. 105-118, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/article/view/247969>. Acesso em: 23 jul. 2024.

NASA. Landsat 8 Science Data Users Handbook. 2013. Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov>. Acesso em: 11 jan. 2025.

QUINTANILHA, J. A. **QGIS e suas aplicações em geoprocessamento.** Oficina de Textos, 2013. Disponível em: <https://www.oficinadetextos.com.br/qgis-e-suas-aplicacoes-em-geoprocessamento>. Acesso em: 23 jul. 2024.

SANTOS, M. **Planejamento Urbano no Brasil: Passado, Presente e Futuro.** Belo Horizonte: Editora da Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. Disponível em: <http://www.ufmg.br/edufmg>. Acesso em: 23 jul. 2024.

TURNER, B. L.; MEYER, W. B.; SKOLE, D. L. **Global Land-Use/Land-Cover Change: Towards an Integrated Study.** *AMBIO Stockholm*, v. 23, p. 91-95, 1994. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/4314168?origin=JSTOR-pdf>. Acesso em: 23 jul. 2024.

USGS. Landsat 8 Overview. 2013. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-8>. Acesso em: 11 jan. 2025.

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

Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W.; Harlan, J.C. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. Greenbelt: National Aerospace Spatial Administration, 1973. 371p. MD:, NASA/GSFC Type III, Final Report. Disponível em <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19730017588.pdf>. Acesso em 11/01/2025.