

**Jéssica Alves**

Faculdade de Tecnologia de Assis  
jessica.silva272@fatec.sp.gov.br

**Prof.<sup>a</sup> Me. Andréia Machado**

Faculdade de Tecnologia de Assis  
andreia.machado01@fatec.sp.gov.br

---

### RESUMO

Este estudo aborda a influência significativa da ação humana nas transformações ambientais e destaca a importância da Tecnologia da Informação na coleta, análise e disseminação de dados ambientais para a tomada de decisões. O foco da pesquisa é uma análise do uso e ocupação do solo nas nascentes do município de Assis, ao longo do período de 2000 a 2023. A aplicação da classificação não supervisionada, utilizando o *Google Earth Engine* e imagens de satélite *Sentinel-2*, permitiu identificar padrões visuais do uso do solo. O estudo visa contribuir para a gestão sustentável da nascente do córrego do Pavão, fornecendo dados cartográficos para apoiar decisões, conservar recursos naturais e orientar políticas ambientais. A análise permitiu identificar, na nascente, o aumento da área urbana, bem como o aparecimento de erosão, causado pelo crescimento urbano.

**Palavras-chave:** Classificação não supervisionada, treinamento de imagens, geotecnologias.

---

### ABSTRACT

This study addresses the significant influence of human activities on environmental transformations and highlights the importance of Information Technology in the collection, analysis, and dissemination of environmental data for decision-making. The research focuses on an analysis of land use and occupation in the springs of Assis municipality from 2000 to 2023. The application of unsupervised classification using Google Earth Engine and Sentinel-2 satellite images enabled the identification of visual patterns in land use. The study aims to contribute to the sustainable management of the Pavão stream spring, providing cartographic data to support decision-making, conserve natural resources, and guide environmental policies. The analysis identified an increase in urban area and the emergence of erosion in the spring, caused by urban expansion.

**Keywords:** Unsupervised Classification, Imaging Training, Geotechnologies.

# 1 INTRODUÇÃO

É evidente que o meio ambiente tem passado por significativas transformações devido à ação antrópica<sup>1</sup>. O modo como as pessoas vivem e se relacionam tem um impacto direto no ambiente no qual estão inseridas. Nesse contexto, a Tecnologia da Informação (TI) pode coletar, analisar, disseminar e utilizar informações ambientais para embasar decisões. Ela pode se configurar como uma ferramenta de gestão ambiental mais precisa, fomentando práticas mais sustentáveis e contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Este estudo acadêmico teve como propósito realizar uma análise do uso e ocupação do solo nas nascentes do município de Assis, com uma análise histórica que compreende o período de 2000 a 2023. Essa análise desempenhará um papel importante na compreensão das transformações ocorridas ao longo do tempo nas áreas circundantes das nascentes e na avaliação do impacto dessas transformações sobre as fontes de água locais. A investigação será conduzida por meio da aplicação da classificação não supervisionada, utilizando a plataforma *Google Earth Engine (GEE)* e fazendo uso de imagens de satélite do *Sentinel-2*<sup>2</sup>, que disponibilizam um conjunto de dados abertos para fins de análise.

A escolha da classificação não supervisionada se deve à sua capacidade de identificar padrões e *clusters* de uso do solo de forma objetiva, por meio de feições de imagens, ou seja, identificar padrões de energia eletromagnética refletida em classes de cobertura terrestre. Neste processo são utilizados algoritmos para nomear os *pixels* em uma imagem de forma a representar tipos específicos de cobertura terrestre (Lillesand e Kiefer, 1994, p. 608).

Espera-se que este estudo contribua para a gestão sustentável das nascentes no município de Assis, fornecendo informações assertivas que podem apoiar a tomada de decisões, a conservação desses recursos naturais e o planejamento de políticas ambientais. Esta análise histórica auxiliará identificar tendências, desafios e oportunidades para a conservação e o uso responsável da nascente.

O objetivo geral desta pesquisa consistiu em empregar a classificação não supervisionada por meio do *GEE* para analisar o uso e ocupação do solo na nascente Córrego do Pavão do município de Assis, no estado de São Paulo. O propósito principal desta investigação é proporcionar informações detalhadas acerca das práticas de utilização e ocupação desta nascente. Os objetivos específicos incluem a coleta e análise de dados provenientes de imagens de satélite disponível na plataforma *GEE*. A realização da classificação não supervisionada para instruir o algoritmo na identificação de padrões associados a cada classe de uso de solo na nascente do Córrego do Pavão e suas mudanças temporais para identificação de tendências.

---

<sup>1</sup> Ação do ser humano no meio ambiente.

<sup>2</sup> É um satélite da missão *Copernicus Sentinel-2*

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Classificação não supervisionada

Classificação não supervisionada pode-se definir por classificação de imagens como sendo um procedimento de obtenção de informações de imagens a fim de caracterizar e diferenciar os padrões da superfície física terrestre, uma técnica de extrema competência no mapeamento (Körting, 2006). A classificação pode ser de dois tipos, a supervisionada quando existem regiões da imagem em que o usuário dispõe de informações que permitem a identificação de uma classe de interesse e a não supervisionada quando o usuário define a área e o *software* por meio do *pixel* selecionado gera o agrupamento dos dados, em uma feição espacial de dimensão igual (INPE, 2006).

Neste trabalho foi utilizada a classificação não supervisionada que é frequentemente aplicada em contextos ambientais e de sensoriamento remoto para entender a estrutura do uso do solo e cobertura terrestre em uma determinada área geográfica. Ela é especialmente útil na identificação de padrões em paisagens e na análise de mudanças ao longo do tempo (Souza, *et al.* 2009).

Abordagem metodológica empregada na análise de dados de satélite, conforme destacado por Chen, *et al.* (1989), pode ser dividida em duas etapas: o treinamento e a classificação (processamento). No entanto, o Processamento Digital de Imagens envolve um processo mais abrangente que engloba as etapas de pré-processamento, realce e classificação digital. O pré-processamento refere-se à fase inicial destinada a preparar os dados brutos, refletância da imagem, a correção de distorções geométricas e a eliminação de ruídos. Por sua vez, o realce está associado aos procedimentos adotados para aprimorar a qualidade visual das imagens, que impacta diretamente nos resultados da classificação da imagem.

### 2.2 Google Earth Engine

A plataforma *Google Earth Engine* (GEE) processa imagens geoespaciais baseadas na nuvem, e será de grande importância para a pesquisa, que visa processar imagens ao longo de duas décadas (de 2000 a 2023). Para isso, a pesquisa utilizou do acervo de imagens já disponíveis na plataforma, disponível em: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets>

Segundo Gorelick (2017), o GEE é uma plataforma desenvolvida para análise de dados ambientais em escala global. Nesta plataforma, encontram-se disponíveis imagens globais de satélites produzidas nas últimas décadas, atualizadas diariamente, e são fornecidas as ferramentas computacionais necessárias para que cientistas e outros interessados possam detectar mudanças e tendências na superfície terrestre.

A infraestrutura em nuvem do GEE unifica os dados geoespaciais globais com capacidade de armazenamento e processamento, em conformidade com o ambiente de computação da nuvem do Google. Além disso, disponibiliza um ambiente de desenvolvimento integrado que oferece suporte para a criação e implementação de algoritmos destinados à análise e ao processamento de dados geoespaciais. Esses algoritmos podem ser programados em *JavaScript* e *Python* (Gorelick *et al.* 2017).

## **2.3 Uso das geotecnologias no contexto ambiental**

Antigamente, as alterações nos ecossistemas eram principalmente moldadas por fatores climáticos e geológicos. Contudo, atualmente, as ações humanas têm um influenciado significativamente toda superfície da Terra, superando esses fatores naturais (Ellis e Ramankutty, 2008).

O meio ambiente está sempre sofrendo mudanças, hora pela evolução natural, hora pelas atividades humanas sobre eles, as geotecnologias são metodologias fundamentais para entender tais mudanças.

O sensoriamento remoto é uma ferramenta que auxilia na compreensão dessas mudanças. Desde a década de 1970, dados de sensores coletam informações visíveis e invisíveis por meio de satélites, permitindo análises históricas que aprimoram a compreensão das alterações no ambiente.

Segundo Turner (2008), uma imagem digital pode ser concebida como uma matriz, na qual, as coordenadas de linhas e colunas identificam pontos na imagem, e os valores correspondentes, representados por níveis de cinza nesses pontos. Esses métodos de processamento de imagens digitais são aplicados principalmente em duas áreas: melhorar a interpretação visual humana e automatizar a percepção de informações por máquinas a partir de dados de imagens. O autor ainda descreve que os dados de sensoriamento remoto por si só fornecem poucas informações com relação as causas das mudanças do uso do solo, eles apenas auxiliam na identificação de zonas de cultivo ou desmatamento.

Esta falta de informação citada anteriormente é justificada por Drummond (1991, p.114), essa “lacuna” é possível suprir pelo papel do geoprocessamento, a utilização da técnica facilita a coleta de informações históricas. Isso é particularmente relevante, porque cada alvo responde de forma única às diferentes faixas do espectro captadas por um satélite, resultando em uma assinatura distinta que pode ser vista como uma marca exclusiva de determinada cultura. É o geoprocessamento que trará as técnicas de coleta, armazenamento e processamento para visualizar os dados geográficos, dando significado a uma “simples” imagem de satélite.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Caracterização da área**

O município de Assis faz parte da bacia hidrográfica do Rio Paranapanema e está inserido na área de atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema – 17 (UGRHI-17). Todos os corpos de água presentes na área do município possuem suas nascentes no próprio município, sendo eles o Ribeirão da Fortuna, Ribeirão do Cervo, Ribeirão das Antas, Ribeirão Capivara. A nascente analisada está localizada nas proximidades do distrito industrial do município. Ela abastece o córrego do Pavão, que é um afluente dos Ribeirão das Antas.

É importante ressaltar que o reservatório que abastece o município provém do ribeirão do cervo, as nascentes que deságuas no ribeirão, grande parte delas está situada na área da Estação Ecológica de Assis, portanto, a manutenção dessas áreas que garante uma disponibilidade hídrica satisfatória (Soares, 2019).

A escolha desta área de estudo deve-se à sua proximidade com regiões importantes do município, como a Estação Ecológica de Assis e o distrito industrial. Particularmente, o distrito industrial merece

atenção especial, pois qualquer incidente, pode resultar em problemas ambientais. Segundo Beltrame *et al.* (2016), a proximidade dessas áreas a corpos hídricos gera grandes preocupações em relação ao descarte de efluentes industriais, uma vez que a produção desses efluentes é inevitável durante as atividades industriais.

### **3.2 Natureza da pesquisa**

O estudo analisou o uso e ocupação do solo ao longo dos anos. Para isso, foram utilizados dados obtidos a partir de mapas temáticos, com foco em levantamentos qualitativos, visando compreender de forma descritiva as variações espaciais e as mudanças ocorridas nesse período. Em muitos estudos ambientais, os dados são apresentados por meio de mapas temáticos tradicionais, resultantes de levantamentos qualitativos. Nesses casos, pode não ser possível ou viável estabelecer modelos numéricos que capturem plenamente a natureza contínua das variações espaciais das grandezas em estudo (Burrough, 1996)

A pesquisa incluiu revisão bibliográfica, abordando tecnologias e temas relevantes ao escopo do estudo, com base em fontes como periódicos da *SciELO*, *CAPES* e *Google Scholar*. Como uma pesquisa de cunho qualitativo descritivo, exigiu-se uma coleta detalhada de informações sobre o tema, para descrever acerca dos resultados obtidos. Este tipo de abordagem visa descrever os fatos e fenômenos de uma determinada realidade, conforme destacado por Silveira *et al.* (2009).

A pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (Triviños, 1987).

### **3.3 Coleta de dados**

A coleta foi conduzida através do *Google Earth Engine (GEE)*, plataforma de acesso gratuito disponível em: <https://earthengine.google.com/>. A exploração dos dados foi mediante a consulta aos catálogos disponíveis na base do *GEE*. Para este estudo, utilizou imagens de satélite disponíveis na plataforma, juntamente com dados topográficos.

### **3.4 Método**

A metodologia permitiu identificar classes de ocupação no entorno da nascente, como vegetação nativa, presença de estruturas urbanas, solo exposto, entre outros. Essas classificações variaram ao longo dos anos. A pesquisa abrange o período de 2000 a 2023, com intervalos de 5 e 3 anos, permitindo observar as mudanças ao longo do tempo. Esses intervalos foram escolhidos porque, se a análise fosse realizada anualmente, não haveria mudanças visíveis.

Segundo o Código Florestal Brasileiro, Lei Federal 12.651/2012, as áreas de preservação permanente (APPs) incluem a proteção de nascentes. De acordo com o Artigo 4º da lei, a faixa no entorno das nascentes deve respeitar, no mínimo, um raio de 50 metros, variando conforme o tamanho da propriedade e a declividade do terreno. Portanto, o estudo analisou essa faixa de raio.

O projeto iniciou-se por meio da coleta de dados, sendo a primeira etapa dedicada à obtenção de informações de elevação, denominada Modelo Digital de Elevação (MDE). A relevância do MDE reside na sua capacidade de atribuir valores altimétricos a cada pixel de uma imagem de satélite.

Consequentemente, cada pixel representa uma altitude específica, possibilitando a identificação e classificação de rios.

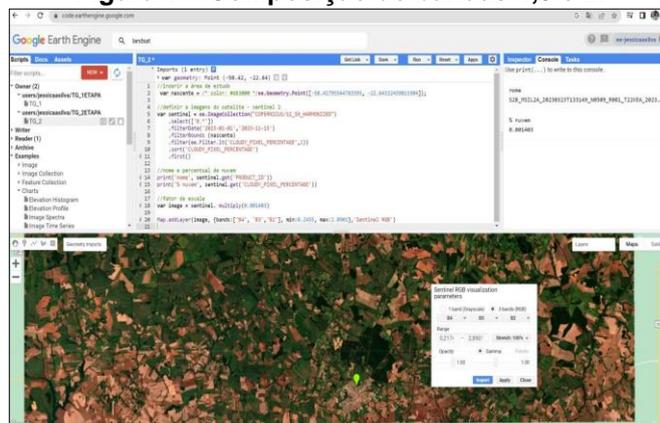
A utilização do MDE se justifica pelo fato de que os rios tendem a ocupar as regiões mais baixas de determinada área geográfica. Dessa forma, os *pixels* com valores altimétricos mais baixos indicam a presença de rios na imagem de satélite. A classificação desses cursos d'água pode ser realizada de maneira automatizada, uma vez que os rios são caracterizados por valores altimétricos inferiores. A validação dessa abordagem ocorreu por meio de uma análise visual, utilizando o *GEE* para processar a imagem de elevação.

Foi necessário realizar a composição das bandas RGB, onde RGB representa as cores vermelho, verde e azul capturadas por um determinado satélite. Atualmente, toda imagem é categorizada como RGB, incluindo as obtidas por satélites. Cada satélite possui um conjunto específico de bandas, sendo que cada banda tem sua própria resolução e descrição distintas. Cada banda é caracterizada pela metragem de sua resolução, por exemplo, a banda 2 possui 10 metros de resolução em altura, permitindo ao satélite capturar detalhes de 10 metros da superfície terrestre. Além disso, cada banda apresenta uma reflectância específica, como no caso da banda 2, que reflete a coloração azul (Meneses, 2012).

O satélite *Sentinel-2* possui 12 bandas, e a composição de bandas refere-se à prática de combinar diferentes bandas, como no estudo em questão, que envolve as bandas 4, 3 e 2. Ao cruzar essas bandas, obtém-se uma composição com coloração distinta, adequada à análise de vegetação. A ordem das bandas intersectadas impacta a aplicação final da imagem.

Podemos observar na figura abaixo a interface da plataforma e código na plataforma *GEE*, para realização da composição de bandas 4, 3 e 2 do *Sentinel-2*.

**Figura 1 – Composição de bandas 4,3 e 2.**



Fonte: A autora.

Posteriormente, a pesquisa empreendeu a fase de classificação não supervisionada, ou *clusters*. Nesse contexto, a classificação utilizou a imagem de satélite composta por bandas RGB previamente elaborada para identificar distintas classes de uso do solo. Essas classes englobam áreas urbanas, vegetação nativa, vegetação sujeita a intervenção antrópica, incluindo regiões agrícolas, as quais podem também ser relacionadas à intervenção humana, dependendo das circunstâncias.

A classificação não supervisionada envolveu o treinamento de um algoritmo de reconhecimento de padrões, usando a rotulação de pontos na imagem para representar diferentes classes de uso. Foi

realizado o treinamento identificando *pixels* específicos que representam, por exemplo, vegetação, contribuindo para o aprendizado do algoritmo. Ao identificar padrões, associa intervalos de valores (por exemplo, 200 a 300) a classes específicas, como vegetação. Esse processo de aprendizado baseia-se na rotulação prévia de pontos que representam diversas classes. Assim, o algoritmo pode generalizar e reconhecer padrões em outras áreas da imagem, favorecendo uma classificação eficaz das classes analisadas.

Neste estudo, a metodologia adota a plataforma *GEE*, utilizando os bancos de dados integrados à própria plataforma para obtenção de dados altimétricos e imagens de satélite. A execução das etapas foi conduzida por meio de comandos em *JavaScript*, sendo essencial a utilização de bibliotecas específicas para a realização de determinadas fases do processo.

Para a realização do *layout*, foi utilizado o software QGIS, um Sistema de Informações Geográficas (SIG) gratuito, que permite caracterizar e apresentar os mapas de maneira mais adequada. Esse *software* facilitou a inclusão de elementos essenciais como norte, moldura e legenda, garantindo uma melhor organização e compreensão visual dos dados geoespaciais.

O organograma a seguir apresenta as etapas diversas da pesquisa.

**Figura 2 – Etapas da pesquisa**

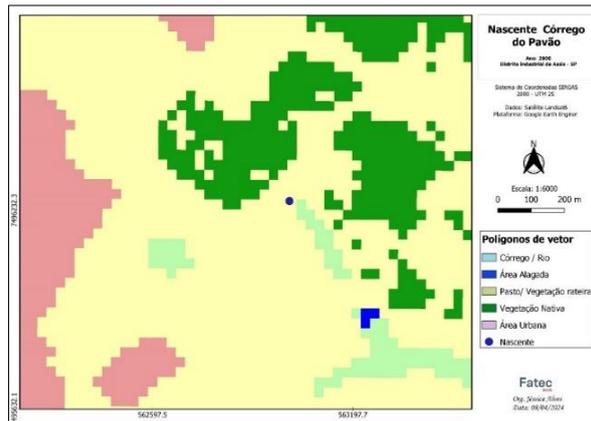


Fonte: A autora.

## 4 RESULTADOS ESPERADOS

A implementação dos métodos conduziu à obtenção de resultados relativos aos anos de 2000, 2005, 2010, 2015 e 2023 para uma nascente situada no distrito industrial do município. Durante a análise das proximidades da nascente, que deságua no Córrego do Pavão, foi possível identificar a presença de vegetação primária, representada pela tonalidade verde mais intensa. A nascente pertence ao bioma Cerrado e à Bacia Hidrográfica do Paranapanema (PNHR), localizada nas proximidades da Unidade de Conservação Estadual de Uso Sustentável, Floresta Estadual de Assis.

**Figura 3 – Uso e ocupação do solo – Ano 2000.**



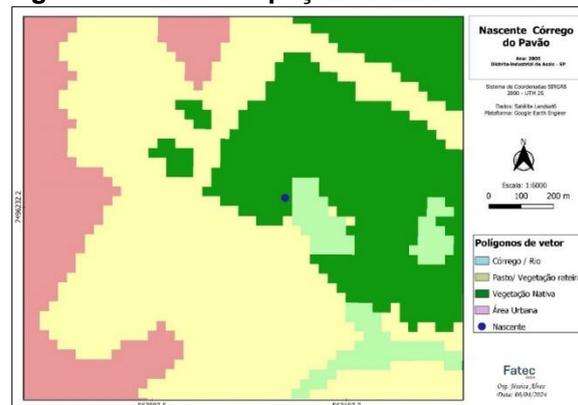
Fonte: A autora.

Em 2000 (Figura 3), foi possível observar uma redução no índice de cobertura vegetal nativa, indicando a coexistência de áreas com mata nativa e a introdução de vegetação secundária, como a cultura da silvicultura. De acordo com a definição estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (1994), a vegetação secundária, ou em processo de regeneração, é aquela que surge de forma natural como resultado dos processos de sucessão após a supressão total ou parcial da vegetação primária, seja por ações humanas ou causas naturais. Destaca-se que, nesse contexto, ainda é possível identificar a presença de árvores remanescentes da vegetação primária, embora em menor quantidade.

A vegetação no ano de 2000 não protegia a nascente de forma eficiente, pois a região pertencia ao horto para a produção de lenha e madeira, e posteriormente passou à produção de pinus. Apenas em 2002 a unidade foi elevada à categoria de Floresta Estadual. Isso permitiu preservar os córregos, campos úmidos naturais e matas ciliares, com espécies típicas dessas condições ambientais. Extensas áreas anteriormente ocupadas por silvicultura de pinus e eucalipto foram convertidas para vegetação nativa de cerrado (São Paulo, 2023).

Ainda em 2000, podemos notar a presença de áreas alagadas e do córrego de maneira mais acentuada. Esse cenário se altera nos anos seguintes, como podemos verificar em 2005 (Figura 3).

**Figura 4 – Uso e ocupação do solo – Ano 2005.**

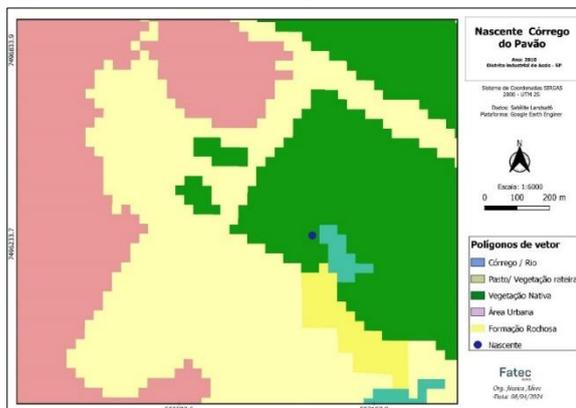


Fonte: A autora.

Em 2005, a nascente estava protegida pela vegetação nativa, que apresentou um aumento significativo, assim como a área urbana. Apesar disso, havia presença de água, mas não foram mais

encontrados pontos alagados. A vegetação ao redor das nascentes, conhecida como mata ciliar, é de extrema importância para a preservação, pois protege o solo, filtra a água e controla o escoamento superficial (Machado, 2018).

**Figura 5 – Uso e ocupação do solo – Ano 2010.**



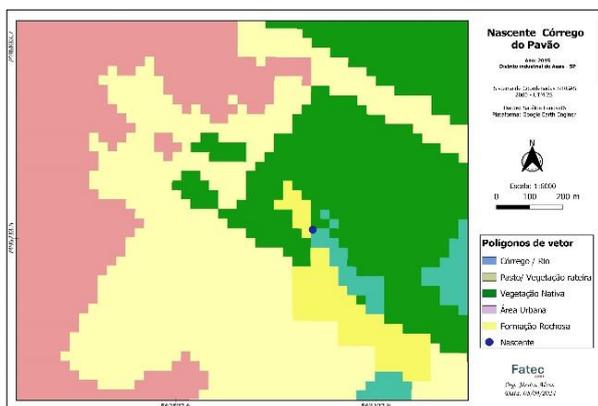
Fonte: A autora.

Em 2010, foi introduzida uma nova classe de uso do solo: a formação rochosa. Nesse contexto, podemos observar o desgaste do solo e das rochas das áreas mais altas para as mais baixas, resultando em sedimentação, caracterizada como erosão. É interessante notar o crescimento da área urbana, incluindo o distrito industrial do município, que fica adjacente à nascente. Esse crescimento pode ter impactado diretamente a conservação do solo, bem como a qualidade e a manutenção dos recursos hídricos da região, visto que a presença de água diminuiu.

A mata ciliar desempenha várias funções importantes na preservação das Áreas de Preservação Permanente (APPs). Ela ajuda a amortecer o impacto das gotas de chuva, prevenindo a compactação do solo, e facilita a infiltração da água no solo, alimentando os lençóis freáticos. Sem essa vegetação, a água escoaria pela superfície, frequentemente causando o assoreamento dos rios e aumentando a erosão do solo (Machado, 2018).

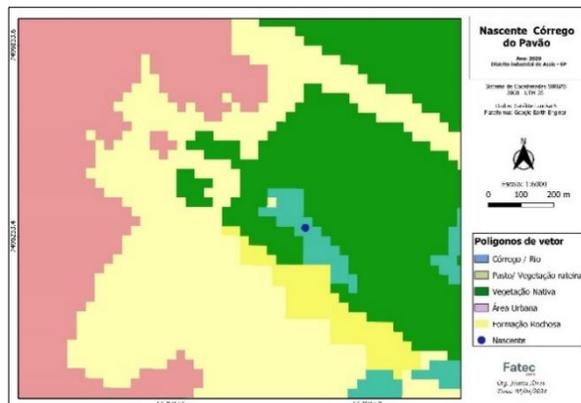
Nos anos analisados, 2015 e 2020 (figuras 6 e 7), observa-se uma diminuição da erosão. No entanto, houve um aumento do deslocamento para a faixa à esquerda, em direção à área urbana. Além disso, os recursos hídricos aumentaram ao redor da nascente, apesar das condições permanecerem as mesmas.

**Figura 6 – Uso e ocupação do solo – Ano 2015**



Fonte: A autora.

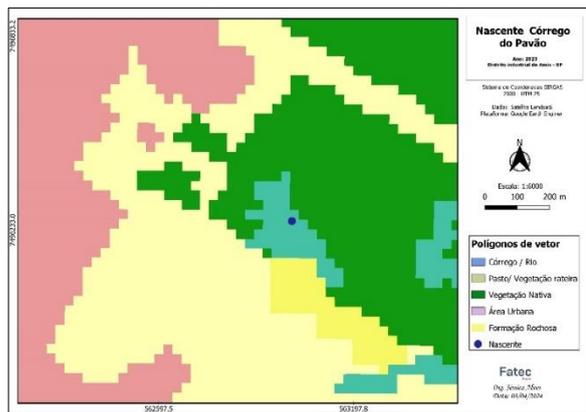
**Figura 7 – Uso e ocupação do solo – Ano 2020**



Fonte: A autora.

No último ano analisado, 2023 (figura 8), três anos após 2020, é notório o aumento da formação rochosa, ou seja, solo exposto à esquerda da nascente, além do aumento dos recursos hídricos. Isso se deve à vegetação que ocupa a faixa direita da nascente, onde vegetação rasteira, como pasto e gramas, sempre predominaram. No contexto de conservação do solo, essa situação é inadequada, visto que é a vegetação densa que assegura a infiltração da água da chuva. Em solos expostos e com vegetação baixa, o escoamento da água não permite a infiltração adequada, tornando o solo mais propenso à erosão.

**Figura 8 – Uso e ocupação do solo – Ano 2020**



Fonte: A autora.

A análise da nascente no distrito industrial, revelou mudanças na vegetação e nos recursos hídricos. Inicialmente, a área era utilizada para produção de lenha e madeira, sendo convertida em Floresta Estadual em 2002, o que melhorou a preservação dos córregos e matas ciliares.

Em 2005, a vegetação nativa aumentou e protegeu melhor a nascente. Em 2010, a formação rochosa e o crescimento urbano começaram a impactar negativamente a conservação do solo e da água. Nos anos de 2015 e 2020, a erosão diminuiu e os recursos hídricos aumentaram. Em 2023, houve um aumento da formação rochosa e dos recursos hídricos, com vegetação rasteira predominando, o que é inadequado para a conservação do solo, pois aumenta a propensão à erosão.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise mostrou as mudanças na vegetação e uso do solo da nascente no distrito industrial. Inicialmente desprotegida, a área foi convertida em Floresta Estadual em 2002, promovendo a vegetação nativa. Em 2005, a vegetação nativa aumentou, melhorando a conservação do solo. Em 2010, o crescimento urbano intensificou a erosão. Nos anos 2015 e 2020, a erosão diminuiu e os recursos hídricos aumentaram. Em 2023, o aumento de solo exposto e rochas devido à vegetação rasteira mostrou um cenário inadequado. É crucial manter a vegetação densa para minimizar a erosão e preservar os recursos hídricos, destacando a importância da gestão ambiental sustentável.

## 6 REFERÊNCIAS

ALVES, Diógenes S. *et al.* **Mapeamento do uso da terra em Rondônia utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., 1996, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 1996. p. 392-400. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.15.19/doc/T211.pdf> Acesso em: 10 jan. 2023.

BELTRAME, T.F.; BELTRAME, A.F.; LHAMBY, A.R.; PIRES, V.K. **Efluentes, resíduos sólidos e educação ambiental: uma discussão sobre o tema.** *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental.* Santa Maria, v.20, n.1, jan-abr. 2016, p.283-294. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.15.19/doc/T211.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12651-25-maio-2012-613076-norma-actualizada-pl.pdf> Acesso em: 01 nov. 2023.

BURROUGH, Peter A. Principles of geographical. **Information systems for land resource assessment.** Clarendon Press, Oxford, 1986. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/2438559/9fjg8q78n4wux4l.pdf> Acesso em: 01 nov. 2023.

CARLINI, Belquior Scalzer. **Uso de sensoriamento remoto e reconhecimento pedológico para identificação de ambientes na sub-bacia do rio Pacuí, submédio São Francisco.** 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Disponível em: [https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5523/1/texto\\_completo.pdf](https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5523/1/texto_completo.pdf) Acesso em: 10 nov. 2023.

CARNEIRO, A. F.; CORDEIRO, T. F.; NARVAES, I. S. **A utilização da técnica PCA como ferramenta de otimização da classificação não supervisionada.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 21., 2023. Disponível em: <http://cartografia.org.br>. Acesso em: 10 nov. 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA Nº 033, de 07 de dezembro de 1994. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental para estabelecimentos destinados ao abate de animais e ao fabrico de produtos de origem animal e dá outras providências.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 dez. 1994. Seção 1, p. 24571. Disponível em: <file://G:\cniac\conam3\94\033-94.htm> (ibama.gov.br) Acesso em: 01 nov. 2023.

DOS SANTOS, Alexandre Rosa; SANTO–BRASIL, Espírito. **Apostila de Sensoriamento Remoto.** UFES, Alegre, 2013. Disponível em: [https://www.academia.edu/download/36701055/Apostila\\_Teorica\\_Sensoriamento\\_Remoto.pdf](https://www.academia.edu/download/36701055/Apostila_Teorica_Sensoriamento_Remoto.pdf) Acesso em: 01 nov. 2023

DRUMMOND, José Augusto Leitão. **A história ambiental: temas, fontes e linhas de pesquisa.** 1991, p.114. Disponível em: < <https://periodicos.fgv.br/reh/article/view/2319> Acesso em: 23 out. 2023.

ELLIS, Erle C.; RAMANKUTTY, Navin. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, n. 8, p. 439-447, 2008. Disponível em: [https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/070062?casa\\_token=o1-ybYRJ0PgAAAAA%3AcX6xvBjC9J\\_JjuFys2E4RARt9xihPjlxYkyNgohwutD9Ys2mtpN9sqfJjXe4SV0XSkR-AG8-jCL3FkmC](https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/070062?casa_token=o1-ybYRJ0PgAAAAA%3AcX6xvBjC9J_JjuFys2E4RARt9xihPjlxYkyNgohwutD9Ys2mtpN9sqfJjXe4SV0XSkR-AG8-jCL3FkmC) Acesso em: 15 jan. 2024.

GASQUE, Kelley Cristine Gonçalves Dias. **Teoria fundamentada: nova perspectiva à pesquisa exploratória.** 2007. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/9610> Acesso em: 10 nov. 2023.

GORELICK, Noel et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717302900>. Acesso em: 15 jan. 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades.** Disponível em: [IBGE | Portal do IBGE | IBGE](#) Acesso em: Acesso em: 01 nov. 2023.

INPE. Spring - **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas.** Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/> Acesso em: 10 nov. 2023.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation. New York: John Wiley & Sons, 1994.** p.608. Disponível em: [\[PDF\] Remote Sensing and Image Interpretation | Semantic Scholar](#) Acesso em: 03 mar. 2023.

LIPING, Chen; YUJUN, Sun; SAEED, Sajjad. Monitoring and predicting land use and land cover changes using remote sensing and GIS techniques—A case study of a hilly area, Jiangle, China. *PloS one*, v. 13, n. 7, p. e0200493, 2018. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0200493> Acesso em: 03 mar. 2024.

MACHADO, Carolina Barroso. **Identificação e preservação das nascentes no Estado do Ceará.** 2018. Disponível em: [CONSEQUENCIAS DA OCUPAO URBANA NA DINMICA DAS NASCENTES EM BELO HORIZONTE \(researchgate.net\)](#) Acesso em: 01 jan. 2023.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, T. de. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. **Universidade de Brasília, Brasília**, 2012. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5550408/mod\\_resource/content/3/Livro-SensoriamentoRemoto.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5550408/mod_resource/content/3/Livro-SensoriamentoRemoto.pdf). Acesso em: 01 jan. 2023.

ORELICK, N; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: **Planetary-scale geospatial analysis for everyone.** *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18–27, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717302900> Acesso em: 01 nov.2023.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Floresta Estadual de Assis. **Guia de Áreas Protegidas, 2023.** Disponível em: <https://guiadeareasprotegidas.sp.gov.br/ap/floresta-estadual-de-assis/> Acesso em: 22 maio 2024.

SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. A pesquisa científica. **Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p. 33-44,** 2009. Disponível em: [https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/09520520042012Pratica\\_de\\_Pesquisa\\_I\\_Aula\\_2.pdf](https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/09520520042012Pratica_de_Pesquisa_I_Aula_2.pdf). Acesso em: Janeiro, 2024.

SOARES, Cledir Mendes. O papel dos municípios na gestão dos recursos hídricos: estudo de caso do município de Assis-SP. 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/01d695f4-f6d6-4dd9-bf92-72249235ad78/content> Acesso em: 10 nov. 2023.

SOUZA, S. F. et al. Utilização de análise por componentes principais (ACP) no diagnóstico das alterações da cobertura vegetal densa na bacia do rio Natuba-PE. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal**, p. 25-30, 2009. Disponível em: [https://www.academia.edu/10508424/Utiliza%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_an%C3%A1lise\\_por\\_componentes\\_principais%20ACP\\_no\\_diagn%C3%B3stico\\_das\\_altera%C3%A7%C3%B5es\\_da\\_cobertura\\_vegetal\\_densa\\_na\\_bacia\\_do\\_rio\\_%20Natuba\\_PE](https://www.academia.edu/10508424/Utiliza%C3%A7%C3%A3o_de_an%C3%A1lise_por_componentes_principais%20ACP_no_diagn%C3%B3stico_das_altera%C3%A7%C3%B5es_da_cobertura_vegetal_densa_na_bacia_do_rio_%20Natuba_PE) Acesso em: 09 set. 2023.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. Introdução às ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. **São Paulo: Atlas**, 1987. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4233509/mod\\_resource/content/0/Trivinos-Introducao-Pesquisa-em\\_Ciencias-Sociais.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4233509/mod_resource/content/0/Trivinos-Introducao-Pesquisa-em_Ciencias-Sociais.pdf). Acesso em: 01 mai. 2024.

TSCHIEDEL, Arthur da Fontoura; PAIVA, Rodrigo Cauduro Dias de. **Avaliação histórica de imagens Landsat para a bacia do Rio São Sepé e obtenção de taxas de desmatamento.** Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/318111158\\_HISTORICAL\\_ASSESSMENT\\_OF\\_LANDSAT\\_IMAGES\\_FOR\\_SA\\_O\\_SEPE\\_WATERSHED\\_AND\\_OBTAINMENT\\_OF\\_DEFORESTATION\\_RATES](https://www.researchgate.net/publication/318111158_HISTORICAL_ASSESSMENT_OF_LANDSAT_IMAGES_FOR_SA_O_SEPE_WATERSHED_AND_OBTAINMENT_OF_DEFORESTATION_RATES). Acesso em: 10 out. 2023.

Turner, M. D. (2003). *Methodological reflections on the use of remote sensing and geographic information science in human ecological research.* *Human Ecology*, 10(2), 123-145. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1023984813957> Acesso em 23 out. 2023.

UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS 17. Título do site. Disponível em: < <https://cbhmp.org/ugrhi-17/> Acesso em: 17 de nov. de 2023.

VALE, Jones Remo Barbosa *et al.* Análise da dinâmica do uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas do Estado do Pará por meio da Plataforma Google Earth Engine. 2019. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/654> Acesso em: 10 jan. 2023.