

UFRRJ

PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Zoneamento Territorial e Uso do Solo em Cidades de
Pequeno Porte: Protocolo Normativo com
Geotecnologias Integradas**

Altamir Clodoaldo Rodrigues da Fonseca

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS

ZONEAMENTO TERRITORIAL E USO DO SOLO EM CIDADES DE
PEQUENO PORTE: PROTOCOLO NORMATIVO COM
GEOTECNOLOGIAS INTEGRADAS

ALTAMIR CLODOALDO RODRIGUES DA FONSECA

Sob a Supervisão da Professora

Helena Saraiva Koenow Pinheiro

E da Professora

Niriele Bruno Rodrigues

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido como requisito parcial para
obtenção do título de **Especialista** em
Geoprocessamento, Levantamento e
Interpretação de Solos.

Seropédica, RJ
Julho de 2025



ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos
UFRRJ - ITAMBOA - UFV - UFPA



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Biblioteca
Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

CF676z Clodoaldo Rodrigues da Fonseca, Altamir , 1971-
z ZONEAMENTO TERRITORIAL E USO DO SOLO EM CIDADES DE
E PEQUENO PORTE: PROTOCOLO NORMATIVO COM
GEOTECNOLOGIAS INTEGRADAS / Altamir Clodoaldo
Rodrigues da Fonseca. - Mogi das Cruzes, 2025.
33 f.: il.

Orientadora: PROF. DRA. HELENA SARAIVA KOENOW
PINHEIRO.

Coorientadora: Prof. MSc. NIRIELE BRUNO RODRIGUES.
Trabalho de conclusão de curso (Graduação). --
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, CURSO
DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO, LEVANTAMENTO E
INTERPRETAÇÃO DE SOLOS, 2025.

1. Geoprocessamento.. 2. Zoneamento territorial.
3. Uso e ocupação do solo. 4. Análise espacial. 5.
Planejamento urbano. I. SARAIVA KOENOW PINHEIRO,
PROF. DRA. HELENA , 1985-, orient. II. BRUNO
RODRIGUES, Prof. MSc. NIRIELE , 1995-, coorient. III
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. CURSO
DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO, LEVANTAMENTO E
INTERPRETAÇÃO DE SOLOS. IV. Título.

**O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de
Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.**

É permitida a cópia parcial ou total deste documento, desde que seja citada a fonte

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO, LEVANTAMENTO
E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS

ALTAMIR CLODOALDO RODRIGUES DA FONSECA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi submetido como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos.

TCC APROVADO EM 16 de Julho de 2025.

Profª. Helena Saraiva Koenow Pinheiro
(Supervisora)

Prof. Leonardo Durval Duarte Guimarães
UFRRJ

Profª. Niriele Bruno Rodrigues
UFRRJ

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em especial ao projeto UniSolos, pela oportunidade de aprofundar meus estudos e pelo acesso ao conhecimento que tem sido transformador na minha trajetória acadêmica e profissional.

Agradeço, de forma especial, à Prof. Lucia dos Anjos, coordenadora geral, pela orientação segura, pela dedicação incansável e pelo olhar atento que foram fundamentais ao longo de todo este percurso. Sua liderança e generosidade intelectual foram inspirações constantes e contribuíram significativamente para a realização deste trabalho.

Manifesto minha profunda gratidão à Professora Helena Saraiva Koenow Pinheiro, pela orientação firme, generosa e inspiradora, e à Professora Niriele Bruno Rodrigues, por sua coorientação precisa e pelo valioso suporte técnico e intelectual ao longo deste percurso.

Registro com especial apreço o papel das tutoras Melania Merlo Ziviani e Ana Carolina de Souza Ferreira, cuja atuação dedicada e competente foi decisiva para a conclusão das disciplinas obrigatórias. Graças ao comprometimento e à excelência com que conduziram esse processo, pude alcançar a elegibilidade para o Trabalho de Conclusão de Curso — etapa fundamental da minha formação.

Agradeço à minha esposa Dilene, por seu apoio incansável, pela confiança diária e pelo incentivo constante a seguir evoluindo — sua presença é a força que sustenta e ilumina minhas conquistas.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo aqui meu reconhecimento e apreço.

BIOGRAFIA

Altamir Clodoaldo Rodrigues da Fonseca é arquiteto e urbanista graduado pela Universidade de Mogi das Cruzes (1995), com especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho pela Universidade de São Paulo (2008) e mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade São Judas Tadeu (2021), com enfoque em gestão do espaço urbano. Atualmente, desenvolve estudos em geoprocessamento e interpretação de solos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Sua trajetória profissional inclui atuação em planejamento urbano e ambiental, projetos de prevenção e combate a incêndios, acessibilidade, ergonomia e preservação de patrimônio histórico. É arquiteto associado no Restauro Brasil Projetos e Obras Ltda e consultor nas áreas técnicas de segurança aplicada à arquitetura.

No âmbito acadêmico, exerce o magistério superior na Universidade Paulista (UNIP), campus São José dos Campos, ministrando disciplinas de Planejamento Urbano, Paisagismo e Topografia. Participa ativamente de bancas avaliadoras, orientações de trabalhos de conclusão de curso e de grupos de pesquisa voltados à arquitetura da cidade.

RESUMO

FONSECA, Altamir Clodoaldo Rodrigues da. **Zoneamento territorial e uso do solo em cidades de pequeno porte: Protocolo normativo com geotecnologias integradas**. 2025. 33f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos). Pró-Reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

Este trabalho propõe a elaboração de um protocolo normativo integrando geotecnologias ao processo de zoneamento territorial do município de Santa Branca, estado de São Paulo, com o objetivo de fornecer subsídios técnicos e legais à gestão territorial e à elaboração do Plano Diretor Municipal. A pesquisa fundamenta-se na aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), classificação supervisionada de imagens de satélite aplicadas à análise do uso e ocupação do solo, bem como aos atributos físicos do território. A metodologia adotada compreendeu o processamento de imagens multiespectrais do satélite CBERS-4A para a geração de mapas temáticos por meio de algoritmos de classificação supervisionada (Random Forest). A combinação do QGIS 3.40 com imagens multiespectrais do CBERS-4A e ferramentas como DZetsaka permitiu a produção de mapas temáticos confiáveis, com base em índices espectrais e aprendizado supervisionado. O processo destacou-se por sua reprodutibilidade, baixo custo e alinhamento com metodologias de sensoriamento remoto aplicadas à gestão territorial em municípios de pequeno porte como Santa Branca- SP. Com base nos resultados obtidos, será possível subsidiar uma futura proposta de delimitação de zonas urbanas, rurais, áreas de preservação e zonas com restrições de uso, oferecendo embasamento técnico para o futuro Plano Diretor e sua respectiva Lei de Uso e Ocupação do Solo. Como principal produto, foram elaborados mapas temáticos a serem disponibilizados ao município, com o intuito de subsidiar a minuta da legislação municipal que estabelecerá diretrizes para o uso contínuo de geotecnologias no monitoramento territorial. O protocolo proposto demonstra viabilidade técnica e institucional para municípios de pequeno porte, contribuindo para o aprimoramento da governança urbana e o uso racional do solo. Seu potencial de replicabilidade em outros contextos municipais reforça a relevância da integração entre tecnologia, interpretação de solos e fundamentos científicos na criação de instrumentos legais voltados ao planejamento urbano sustentável.

Palavras-chave: Planejamento urbano. Uso e cobertura do solo. Plano Diretor. Sensoriamento remoto.

ABSTRACT

FONSECA, Altamir Clodoaldo Rodrigues da. **Territorial zoning and land use in small towns: A normative protocol integrating GIS. 2025.** 33p. Trabalho de Conclusão de Curso (Specialization in Geoprocessing, Soil Survey and Interpretation). Pró-Reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025

This work proposes the development of a normative protocol integrating geotechnologies into the territorial zoning process of the municipality of Santa Branca, São Paulo state, with the aim of providing technical and legal subsidies for territorial management and the elaboration of the Municipal Master Plan. The research is based on the application of Geographic Information Systems (GIS), supervised classification of satellite images applied to the analysis of land use and occupation, as well as the physical attributes of the territory. The adopted methodology included the processing of multispectral images from the CBERS-4A satellite for the generation of thematic maps through supervised classification algorithms, with emphasis on Random Forest. Based on the results obtained, the work aims to support a future proposal for the delimitation of urban zones, rural zones, preservation areas, and zones with use restrictions, offering a technical basis for the future Master Plan and its respective Land Use and Occupation Law. As a main product, thematic maps were prepared to be made available to the municipality, with the aim of subsidizing the draft municipal legislation that will establish guidelines for the continuous use of geotechnologies in territorial monitoring. The proposed protocol demonstrates technical and institutional viability for small municipalities, contributing to the improvement of urban governance and rational land use. Its replicability potential in other municipal contexts reinforces the relevance of integrating technology, soil interpretation, and scientific fundamentals in the creation of legal instruments aimed at sustainable urban planning.

Keywords: Urban planning. Zoning. Soils. Remote sensing. Municipal legislation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Distribuição dos municípios brasileiros por faixa populacional	4
Figura 2- 4.1 Mapa – Uso e cobertura do solo (2025)	11
Figura 3 – Quantificação de categorias temáticas	12
Figura 4- Mapa – NDVI – Índice de Vegetação.....	13
Figura 5- Mapa – NDWI – Índice de Umidade.....	13
Figura 6- Mapa – Município de Santa Branca: RGB	15
Figura 7- Mapa – Declividade.....	16
Figura 8- Mapa - Pedológico do Município	18
Figura 9- Mapa -Áreas de Expansão Urbana: comparativo entre 2022 (IBGE) e 2025 (levantados pelo autor)	19
Figura 10 - Área urbanizada Comparativo 2022 vs 2025	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Síntese da extratificação municipal	4
Tabela 3- Quantificação das Áreas por Categoria Temática (Santa Branca – 2025)	20
Tabela 4- Comparativo da Área Urbanizada entre 2022 e 2025 (Santa Branca- SP).....	20

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	3
3 APLICABILIDADE	5
3.1 Descrição do Processo Metodológico de Geração dos Mapas Temáticos com Imagens CBERS-4A no QGIS 3.40	6
3.1.1. Geração de índices espectrais (NDVI, NDWI e ExG).....	7
3.1.2. Indicador da densidade de vegetação fotossinteticamente ativa.	7
3.1.3. Indicador da presença de corpos hídricos e umidade.	7
3.1.4. Proxy RGB útil para detecção de vegetação verde intensa, mesmo sem NIR.....	7
3.1.5. Criação de amostras de treinamento e classificação supervisionada.....	8
3.1.6. Composição final e layout cartográfico	8
3.2 Fluxograma do Processo Metodológico de Geração dos Mapas Temáticos com Imagens CBERS-4A no QGIS 3.40	9
4. PROTÓTIPO	11
4.1. Apresentação e Análise dos Mapas Temáticos.....	11
4.2 Análise Multiespectral Integrada: NDVI e NDWI, para Melhor Compreensão Física de Santa Branca (SP)	14
4.3 Análise Técnica do Mapa de Declividade – Santa Branca (SP).....	16
4.4 Análise Pedológica e Riscos Ambientais Associados ao Argissolo Vermelho- Amarelo Distrófico em Santa Branca (SP)	18
4.5 Áreas de Expansão Urbana: Comparativo entre 2022 e 2025	19
4.5.1 Quantificação de áreas por categoria (km²)	19
4.5.2 Expansão urbana e pressões sobre o solo em Santa Branca (SP): análise integrada do mapa pedológico e NDWI.....	21
4.5.3 Dinâmica de ocupação e degradação da cobertura vegetal em Santa Branca (SP): análise multiespectral com NDVI e NDWI.....	22
5. RECOMENDAÇÕES DE APLICAÇÃO	24
5.1 Adoção como Base Técnica para Revisão de Zoneamentos	24
5.2 Monitoramento de Mudanças no Uso do Solo.....	24
5.3 Apoio a Estudos Técnicos Simplificados (ETRs)	24
5.4 Capacitação Técnica de Equipes Municipais	25
5.5 Geração de Indicadores para Consórcios Intermunicipais.....	25
5.6 Integração com Outras Geotecnologias	25
5.7 Definição das Unidades de Zoneamento	26

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
6.1 Zoneamento Territorial.....	27
6.2 Planejamento Urbano e Geotecnologias	27
6.3 A Importância do SIG no Apoio à Gestão Municipal	28
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
8. APÊNDICE	31
9. ANEXO.....	32

1. APRESENTAÇÃO

A gestão territorial em municípios de pequeno porte enfrenta desafios significativos relacionados à expansão urbana não planejada, à ocupação irregular de áreas ambientalmente sensíveis e à escassez de instrumentos técnicos e normativos adequados. No município de Santa Branca, localizado na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, estado de São Paulo, tais questões se intensificam pela sua configuração territorial mista, marcada pela presença simultânea de áreas urbanas consolidadas, zonas rurais produtivas e extensas regiões de cobertura florestal e mananciais. Com uma população estimada em aproximadamente 14 mil habitantes (IBGE, 2022), o município ainda não possui Plano Diretor instituído, o que limita a capacidade do poder público de planejar e controlar o uso e ocupação do solo de forma eficiente e sustentável. O relevo é caracterizado por planaltos ondulados e áreas de encostas, com presença significativa de vegetação nativa e trechos do reservatório da represa Paraibuna.

A economia local baseia-se na agricultura familiar, na prestação de serviços e em atividades relacionadas ao turismo ecológico e religioso. A área urbana apresenta padrões de expansão linear, com núcleos concentrados próximos às margens do rio Paraíba do Sul.

Diante dessa lacuna, está prevista para 2025 a elaboração do primeiro Plano Diretor Municipal, por meio de convênio entre a Prefeitura de Santa Branca e a Universidade Paulista (UNIP) – Campus São José dos Campos. O processo será conduzido pelos técnicos do município com apoio técnico e acadêmico do escritório piloto do curso de Arquitetura e Urbanismo, do qual este trabalho fará parte, com o objetivo de produzir insumos técnicos e metodológicos que contribuam para a formulação de diretrizes e normas territoriais sustentáveis. Portanto o objetivo principal deste trabalho é subsidiar a definição precisa de zonas urbanas, rurais, de preservação ambiental e áreas com restrições de uso, fornecendo suporte direto e fundamental para a elaboração do futuro Plano Diretor e da Lei de Uso e Ocupação do Solo do município.

Neste contexto, este Trabalho de Conclusão de Curso propõe a construção de um protocolo normativo voltado ao zoneamento territorial, integrando geotecnologias como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), sensoriamento remoto com classificação supervisionada de imagens de satélite. A proposta visa oferecer uma base técnica qualificada que subsidie a definição de zonas urbanas, rurais, de preservação ambiental e áreas com restrições de uso, fornecendo suporte direto à elaboração do futuro Plano Diretor e da Lei de Uso e Ocupação do Solo do município.

A metodologia adotada contempla o uso de imagens multiespectrais do satélite CBERS4A, processadas por meio do algoritmo Random Forest para geração de mapas temáticos. Como principais produtos, são entregues mapas georreferenciados e orientações normativas que poderão ser incorporadas à minuta legislativa municipal, estabelecendo diretrizes para o uso contínuo de geotecnologias na gestão territorial. O protocolo proposto demonstra viabilidade técnica, operacional e institucional, especialmente para municípios de pequeno porte, e reforça o papel das universidades no apoio à governança local por meio da ciência aplicada.

A metodologia adotada baseou-se na análise espacial e produção cartográfica por meio de geotecnologias. O processo envolveu:

- Levantamento de dados secundários em fontes oficiais (IBGE, INPE, Embrapa, PM Santa Branca);
- Coleta de dados vetoriais (limites administrativos, hidrografia, vias, vegetação, uso e ocupação do solo);
- Tratamento e georreferenciamento de imagens de satélite (CBERS 4A, NIMBO e Google Earth Pro);
- Processamento e organização dos dados em ambiente SIG (QGIS 3.40).
- Classificação Supervisionada com o plugin DZTsaka.

O trabalho está organizado em cinco capítulos, além desta introdução. O Capítulo 1 APRESENTAÇÃO, apresenta os fundamentos teóricos sobre planejamento territorial, zoneamento, geotecnologias e análise geoestatística. O Capítulo 2 JUSTIFICATIVAS caracteriza a área de estudo, abrangendo aspectos geográficos, socioeconômicos, ambientais e legais do município. O Capítulo 3 APLICABILIDADE descreve os procedimentos metodológicos adotados, incluindo seleção de dados, técnicas de processamento e critérios de análise espacial. O Capítulo 4 PROTÓTIPO apresenta os resultados obtidos, com mapas temáticos e interpretações das zonas propostas. Por fim, o Capítulo 5 RECOMENDAÇÕES DE APLICAÇÕES, destaca a aplicabilidade do protocolo, suas limitações e recomendações para sua incorporação ao processo de planejamento municipal. 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS apresenta a importância do planejamento urbano baseado em ferramentas científicas capazes de subsidiar a administração pública em planos, programas e projetos variados com base na geotecnologia e no manejo do solo em todas as fases, estudo, projeto, implantação e monitoramento contínuo.

2. JUSTIFICATIVA

A ausência de um Plano Diretor instituído, como é o caso de Santa Branca – é um problema ambiental técnico e legal. Inserido na Região Metropolitana do Vale do Paraíba do Sul e Litoral Norte (RMVP - LN), e inserido na bacia do Rio Paraíba do Sul está obrigado a elaborar o seu Plano Diretor em atendimento ao Estatuto das Cidades. (Lei federal 10.257/2001) –limitando significativamente a capacidade do poder público de promover um planejamento e controle do uso e ocupação do solo de forma eficiente e sustentável.

A demanda na produção de insumos técnicos e metodológicos robustos que possam subsidiar a formulação de diretrizes e normas territoriais alinhadas aos princípios da sustentabilidade. Pode ser resolvida e mantida de forma contínua com a utilização deste protocolo tanto na elaboração e revisão do plano diretor, como em outras áreas que necessitam de informação abrangente do território, tais como: Defesa Civil, Meio Ambiente, Arrecadação (IPTU, ISS) entre outras.

Nesse contexto, o Trabalho de Conclusão de Curso se justifica pela sua relevância prática e acadêmica, ao propor a construção de um protocolo normativo inovador para o zoneamento territorial. Este protocolo integra geotecnologias avançadas, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o sensoriamento remoto com classificação supervisionada de imagens de satélite (utilizando imagens multiespectrais do satélite CBERS4A e o algoritmo Random Forest), para oferecer uma base técnica qualificada e atualizável, dado a disponibilização permanente e periódica no caso das câmeras usadas neste trabalho as WPM, com resolução de 2 metros em modo pancromático e 8 metros em RGB, tem um período de revisita de 31 dias. das imagens de satélite disponibilizadas gratuitamente pelo INPE.

A viabilidade técnica, operacional e institucional do protocolo proposto — especialmente voltado aos municípios de pequeno porte — reforça o papel estratégico das universidades na promoção da governança local por meio da aplicação prática da ciência e da tecnologia. Assim, este estudo não apenas preenche uma lacuna crítica no planejamento territorial de Santa Branca- SP, como também propõe um modelo replicável e escalável que pode contribuir significativamente para a melhoria da gestão do solo urbano em contextos municipais similares.

Segundo dados sistematizados a partir da classificação por faixas populacionais, dos 5.569 municípios brasileiros, cerca de 65% têm até 20 mil habitantes, totalizando aproximadamente 3.700 municípios. Apenas 7,4% possuem população acima de 100 mil habitantes, concentrando, no entanto, mais de 58% da população nacional (IBGE, 2023; CNM, 2023). Essa configuração revela um cenário majoritário de municípios com baixa densidade institucional e reduzida capacidade técnica-operacional para executar políticas públicas de ordenamento territorial. Nesse contexto, o protocolo aqui proposto se apresenta como alternativa viável, de baixo custo e aplicável tanto de forma individual quanto em consórcios intermunicipais.

Ademais, a metodologia empregada dialoga com diretrizes de programas federais como o Programa de Desenvolvimento Urbano Integrado e Sustentável (PRO-CIDADES), especialmente em sua Modalidade 2 — Modernização Tecnológica Urbana. Essa modalidade

prevê o financiamento de soluções baseadas em dados geoespaciais com foco na eficiência dos serviços públicos, maior resiliência e redução de custos operacionais (Ministério das Cidades, 2024).

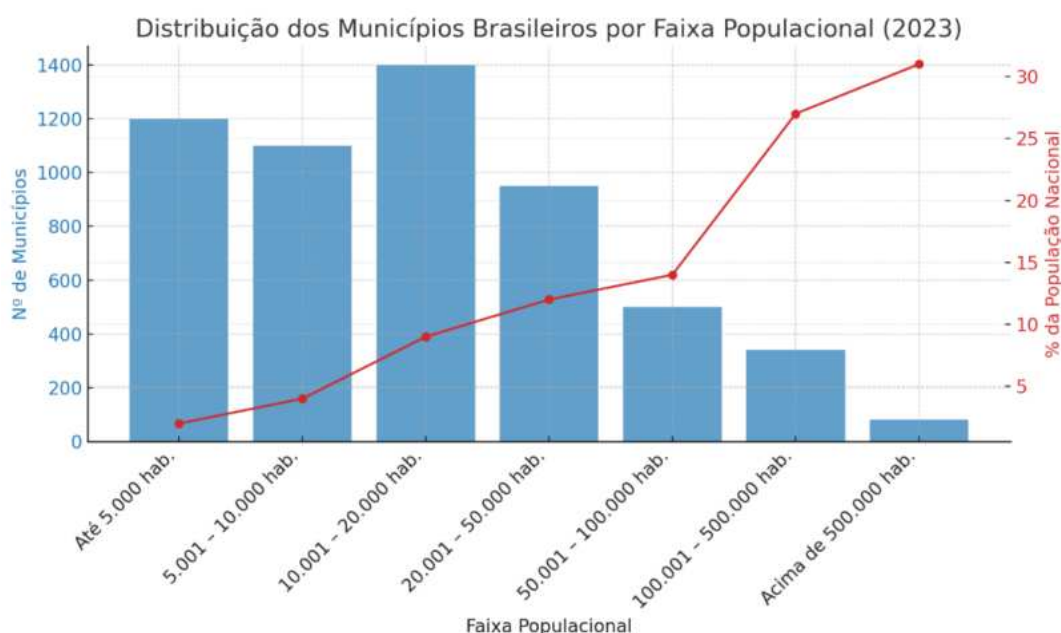


Figura 1- Distribuição dos municípios brasileiros por faixa populacional

Fonte: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS – CNM. **Perfil dos Municípios Brasileiros – População e Estrutura Administrativa.** Brasília: CNM, 2023. Disponível em: <https://www.cnm.org.br>. Acesso em: 29 jul. 2025. (Gráfico elaborado pelo autor)

Tabela 1- Síntese da estratificação municipal

Faixa Populacional	Nº de Municípios (estimado)	% do Total de Municípios	% da População Nacional (aprox.)
Até 5.000 hab.	1.200	22,0%	2%
5.001 – 10.000 hab.	1.100	20,0%	4%
10.001 – 20.000 hab.	1.400	25,0%	9%
20.001 – 50.000 hab.	950	17,0%	12%
50.001 – 100.000 hab.	500	9,0%	14%
100.001 – 500.000 hab.	340	6,0%	27%
Acima de 500.000 hab.	80	1,4%	31%

Fonte: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS – CNM. **Perfil dos Municípios Brasileiros – População e Estrutura Administrativa.** Brasília: CNM, 2023. Disponível em: <https://www.cnm.org.br>. Acesso em: 29 jul. 2025. (Adaptado pelo autor)

3 APLICABILIDADE

A aplicabilidade deste projeto é multifacetada e de grande relevância, tanto para o município de Santa Branca quanto para outros municípios de pequeno porte que enfrentam desafios semelhantes na gestão territorial.

O município de Santa Branca está localizado na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVale), no Estado de São Paulo. Possui população estimada em cerca de 14 mil habitantes (IBGE, 2022) e área territorial aproximada de 272 km². O relevo é caracterizado por planaltos ondulados e áreas de encostas, com presença significativa de vegetação nativa e trechos do reservatório da represa Paraibuna, cortado pelo Rio Paraíba do Sul.

A economia local baseia-se na agricultura familiar, na prestação de serviços e em atividades relacionadas ao turismo ecológico e religioso. A área urbana apresenta padrões de expansão linear, com núcleos concentrados próximos às margens do rio Paraíba do Sul e da Represa de Paraibuna.

Em primeiro lugar, a aplicabilidade mais direta e imediata reside no suporte à elaboração do primeiro Plano Diretor Municipal e da Lei de Uso e Ocupação do Solo de Santa Branca. O protocolo normativo proposto, juntamente com os mapas temáticos georreferenciados e as orientações normativas resultantes, fornecerá subsídios técnicos e científicos essenciais para a definição de diretrizes científicas para o zoneamento territorial. Isso permitirá que o poder público municipal delimite de forma precisa as zonas urbanas, rurais, áreas de preservação ambiental e zonas com restrições de uso, promovendo um planejamento mais eficaz e sustentável. A integração das geotecnologias nesse processo garantirá decisões baseadas em dados espaciais atualizados e análises robustas, minimizando a expansão urbana desordenada, a ocupação irregular de áreas sensíveis ambientais e a desastres naturais.

Além disso, o projeto tem uma aplicabilidade contínua na gestão territorial e no monitoramento do uso e ocupação do solo e defesa civil. Ao estabelecer diretrizes para o uso contínuo de geotecnologias, o protocolo capacita o município a realizar o acompanhamento dinâmico das transformações territoriais. Isso é crucial para a fiscalização, para a atualização periódica do Plano Diretor e para a tomada de decisões informadas sobre licenciamentos e intervenções no território. A disponibilização dos mapas e do protocolo aos técnicos municipais facilitará a incorporação dessas ferramentas no dia a dia da administração pública, promovendo uma governança urbana e ambiental, atualizada e atualizável com uma frequência mensal, portanto mais eficaz e transparente.

Outro ponto fundamental da aplicabilidade é a replicabilidade do modelo. O protocolo foi concebido para ser tecnicamente viável, operacionalmente eficiente e institucionalmente adaptável, especialmente para municípios de pequeno porte que, muitas vezes, carecem de recursos e expertise para implementar soluções complexas de planejamento territorial. A metodologia baseada em SIG e sensoriamento remoto, utilizando dados acessíveis como os do satélite CBERS-4A e algoritmos de classificação supervisionada como o Random Forest, operacionalizada pelo software QGIS, oferece um caminho prático, reproduzível e de baixo

custo para aprimorar a gestão do solo no seu sentido mais amplo; urbano e rural, aplicados ao planejamento e a fiscalização do uso do solo. Apoiando e a Defesa Civil e protegendo a sociedade. Dessa forma, o projeto de Santa Branca pode servir como um modelo e um estudo de caso para outras localidades que buscam integrar tecnologia e ciência no seu planejamento urbano e ambiental.

Este modelo racionaliza e diminui o impacto ambiental das atividades de fiscalização e controle, direcionando equipes e minimizando os custos de deslocamento ambientais e financeiros da atividade. Ao mesmo tempo garante efetividade a essas ações com a continuidade desse monitoramento por satélite e geoprocessamento.

Finalmente, a aplicabilidade do projeto estende-se ao fortalecimento da relação entre a academia e o poder público local. Ao produzir insumos técnicos e metodológicos de alta qualidade para um problema real do município, o trabalho demonstra o papel fundamental das universidades na promoção do desenvolvimento local e na resolução de desafios práticos por meio da ciência aplicada. Isso não só beneficia o município diretamente, mas também enriquece a formação dos profissionais envolvidos e consolida a universidade como um polo de conhecimento e inovação a serviço da sociedade.

Em síntese, a aplicabilidade deste projeto transcende a mera produção de um documento acadêmico, transformando-se em uma ferramenta prática e estratégica para o planejamento, a gestão e o desenvolvimento territorial sustentável de Santa Branca e, potencialmente, de inúmeros outros municípios brasileiros.

3.1 Descrição do Processo Metodológico de Geração dos Mapas Temáticos com Imagens CBERS-4A no QGIS 3.40

O trabalho adotou abordagem baseada em geotecnologias livres, utilizando exclusivamente o software QGIS 3.40 para a geração de mapas temáticos de uso e cobertura do solo no município de Santa Branca- SP. Os dados orbitais empregados foram oriundos do satélite CBERS-4A, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), especificamente as imagens dos sensores WPM e AWFI, que fornecem, respectivamente, dados de alta resolução espacial (2 metros e 8 metros) e multiespectrais (20 metros) adequados à classificação espectral supervisionada.

Inicialmente, foi utilizada a imagem CBERS-4A WPM (*pan-sharpened* RGB) recortada para a área de interesse como base de visualização e delineamento de amostras de treinamento. Em paralelo, foram utilizadas as bandas 13 a 16 do sensor AWFI, com resolução espacial de 20 m e propriedades espectrais no azul, verde, vermelho e infravermelho próximo (NIR), essenciais para análise multiespectral e geração de índices espectrais.

As bandas AWFI foram empilhadas no QGIS por meio da ferramenta “Build Virtual Raster”, produzindo um único raster multibanda com as quatro bandas espectrais. Essa imagem empilhada foi posteriormente utilizada como entrada para a classificação supervisionada.

Utilizamos o Qgis 3.40 com o plugin DztSaka e o algoritmo Random Forest (Experimental, Mask: IBGE: Malha municipal urbanizada, 2022; Confidence Map: CBERS4A-2M, _Classif_SB_REC.csv; Split:100%).

3.1.1. Geração de Índices Espectrais (NDVI, NDWI e ExG)

Com base na imagem multibanda, foram calculados os seguintes índices espectrais por meio da Calculadora Raster do QGIS:

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index):

$$\text{NDVI} = (B16 - B14) / (B16 + B14)$$

3.1.2. Indicador da densidade de vegetação fotossinteticamente ativa

NDWI (Normalized Difference Water Index):

$$\text{NDWI} = (B13 - B16) / (B13 + B16)$$

3.1.3. Indicador da presença de corpos hídricos e umidade

ExG (Excess Green Index):

$$\text{ExG} = 2 * B13 - B14 - B15$$

3.1.4. Proxy RGB útil para detecção de vegetação verde intensa, mesmo sem NIR

A utilização de índices espectrais baseados exclusivamente em bandas RGB tem se mostrado uma alternativa eficaz para a detecção de vegetação em áreas urbanas e rurais, sobretudo quando imagens com banda no infravermelho próximo (NIR) não estão disponíveis. Entre esses proxies, destacam-se o *Excess Green Index* (ExG) e o *Visible Atmospherically Resistant Index* (VARI), ambos amplamente aplicados em estudos de vegetação urbana e classificação de cobertura do solo.

O índice ExG é calculado a partir da ênfase na banda verde da imagem, segundo a fórmula:

$$\text{ExG} = 2G - R - B,$$

onde G, R e B representam os valores das bandas verde, vermelha e azul, respectivamente. Esse índice realça áreas com vegetação verde intensa, sendo sensível à reflectância da clorofila.

Já o VARI busca reduzir os efeitos atmosféricos sobre as bandas visíveis e é expresso como:

$$\text{VARI} = (G - R) / (G + R - B).$$

Esse índice apresenta melhor desempenho em condições com alta variabilidade de luz e sombras, sendo útil para ambientes urbanos heterogêneos.

Ambos os índices foram utilizados neste estudo para gerar mapas temáticos de vegetação, servindo como substitutos eficazes para índices dependentes da banda NIR, como o

NDVI, em imagens do sensor CBERS-4A WPM, que possui resolução espacial adequada, mas não contempla banda no infravermelho próximo.

3.1.5. Criação de amostras de treinamento e classificação supervisionada

Para a classificação final de uso e cobertura do solo, foi adotado o método de classificação supervisionada via o plugin DZetsaka no QGIS. As amostras de treinamento foram delineadas manualmente sobre a imagem WPM com base em inspeção visual, apoio do OpenStreetMap e imagens de alta resolução disponíveis no QGIS.

As classes definidas para o processo foram:

1. Área urbana / edificada
2. Pastagem
3. Vegetação nativa (Mata Atlântica)
4. Agricultura
5. Corpos hídricos
6. Reflorestamento / silvicultura
7. Solo exposto / área em transição

Essas amostras foram armazenadas em um arquivo vetorial, com a extensão “. gpkg”, com atributo “classe” numérico. A imagem multibanda empilhada (AWFI) foi utilizada como base espectral para o DZetsaka, que executou o algoritmo de Random Forest, gerando um mapa temático classificado com base nas assinaturas espectrais aprendidas nas amostras.

As amostras de treinamento foram cuidadosamente delineadas com base em imagem WPM e validação visual, resultando em mapas consistentes com a realidade territorial de Santa Branca- SP.

A partir da utilização das bandas espectrais do sensor AWFI e da imagem pancromática WPM, foi possível gerar uma base raster multibanda com acurácia satisfatória, permitindo a produção de mapas temáticos detalhados por meio da aplicação de índices espectrais como NDVI, NDWI e ExG. Estes índices foram reclassificados e utilizados como insumos complementares para o processo de classificação supervisionada realizado pelo plugin DZetsaka, com o algoritmo Random Forest.

3.1.6. Composição final e layout cartográfico

A classificação final foi refinada com a aplicação de paleta temática específica para as sete classes, com cores convencionais como verde para vegetação, azul para corpos d’água e cinza para áreas urbanas.

Foram utilizadas camadas vetoriais e raster, incluindo:

- Limites municipais – IBGE 2022;
- Base cartográfica do IBGE (escala 1:50.000);

- Dados do uso e cobertura da terra – MapBiomas;
- Curvas de nível e modelos digitais de elevação (SRTM);
- Imagens de satélite Sentinel 2, 2023;
- Malha viária e hidrografia – OpenStreetMap e CPRM.

Esses dados foram tratados, reprojetados para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 / UTM zona 23S e organizados por pastas temáticas para facilitar a produção dos mapas.

O layout cartográfico foi produzido no Composer (Layout Manager) do QGIS, contendo: mapa principal com legenda temática, escala gráfica, rosa dos ventos, grade de coordenadas (UTM), fonte dos dados e nota técnica. A composição foi exportada em PDF e PNG para fins de análise e inserção no corpo do TCC.

3.2 Fluxograma do Processo Metodológico de Geração dos Mapas Temáticos com Imagens CBERS-4A no QGIS 3.40

FLUXOGRAMA DE TRABALHO

[1. Obtenção das Imagens Orbitais]

—> CBERS-4A WPM (2m) – RGB pancromático

—> CBERS-4A AWFI (20m) – Bandas 13 a 16 (Azul, Verde, Vermelho, NIR)

[V]

[2. Pré-processamento das Imagens]

—> Recorte da área de interesse

—> Empilhamento das bandas AWFI → "Build Virtual Raster"

[V]

[3. Geração de Índices Espectrais – Calculadora Raster]

—> $NDVI = (B16 - B14) / (B16 + B14)$

—> $NDWI = (B13 - B16) / (B13 + B16)$

—> $ExG = 2 * B13 - B14 - B15$

[V]

[4. Delimitação de Amostras de Treinamento]

—> Sobre imagem WPM RGB

—> Validação visual com OpenStreetMap

—> Vetor. gpkg com campo "classe"

[V]

[5. Classificação Supervisionada – Plugin DZetsaka]



|—> Algoritmo Random Forest

|—> Entrada: Raster multibanda AWFI + Amostras vetoriais

|—> Saída: Mapa temático classificado

[V]

[6. Pós-processamento e Ajustes]

|—> Aplicação de paleta temática (7 classes)

|—> Correções de bordas e ruídos

[V]

[7. Composição Cartográfica – Layout Manager]

|—> Mapa principal + Legenda temática

|—> Escala gráfica, norte, grade UTM

|—> Fonte dos dados e nota técnica

|—> Exportação em PDF/PNG para TCC

4. PROTÓTIPO

4.1. Apresentação e Análise dos Mapas Temáticos

Este capítulo apresenta os produtos cartográficos gerados com base na aplicação de geotecnologias livres, tendo como referência o município de Santa Branca- SP. A etapa cartográfica desempenha papel estratégico dentro do protocolo metodológico proposto, pois permite visualizar e quantificar as dinâmicas espaciais recentes do território, sobretudo aquelas associadas à expansão urbana, transformação do uso do solo e pressões sobre áreas ambientalmente sensíveis.

A construção dos mapas temáticos utilizou imagens multiespectrais do satélite CBERS-4A, sensores WPM e AWFI, pré-processadas e classificadas no software QGIS 3.40. A classificação supervisionada foi aplicada a partir de amostras obtidas por inspeção visual e dados secundários, com validação cruzada pelo shape de áreas urbanizadas do IBGE (2022).

As categorias mapeadas – áreas urbanizadas, vegetação, corpos d'água e solo exposto – foram convertidas em camadas vetoriais com precisão espacial de 2 metros, o que possibilitou comparações temporais e análise quantitativa detalhada. A seguir, apresentam-se os mapas temáticos produzidos, acompanhados de legendas explicativas e interpretação crítica de seus conteúdos.

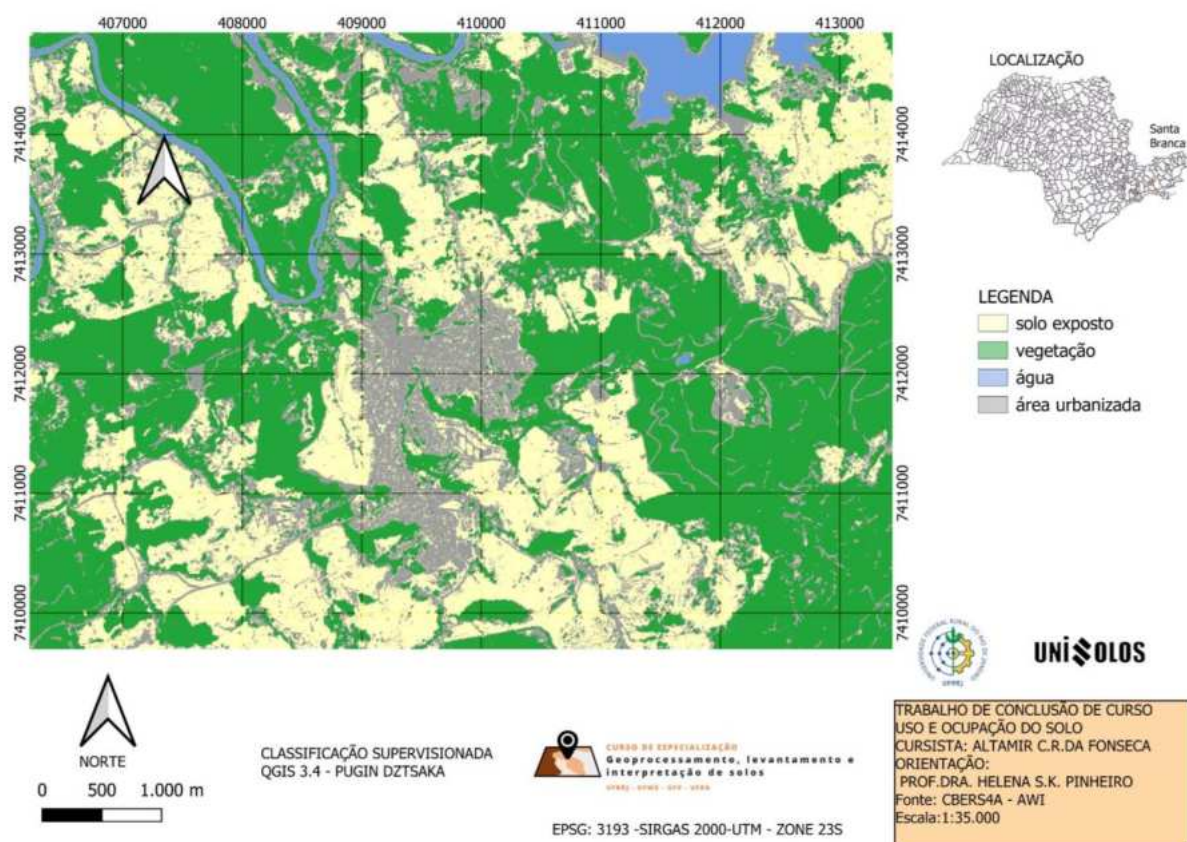


Figura 2- 4.1 Mapa – Uso e cobertura do solo (2025)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados CBERS-4A, IBGE e QGIS 3.40.

O Mapa 1 – Uso e Cobertura do Solo no Município de Santa Branca- SP (2025) apresenta a classificação supervisionada da imagem CBERS-4A referente ao ano de 2025,

segmentando o território em quatro grandes classes: vegetação natural, solo exposto, corpos hídricos e área urbanizada. A análise revela um crescimento expressivo da mancha urbana em direção às margens do Rio Paraíba do Sul e à região da barragem, evidenciando expansão territorial sobre áreas de risco hidrológico e ecológico. As áreas de solo exposto indicam também processos antrópicos de supressão vegetal, frequentemente associados a loteamentos irregulares.

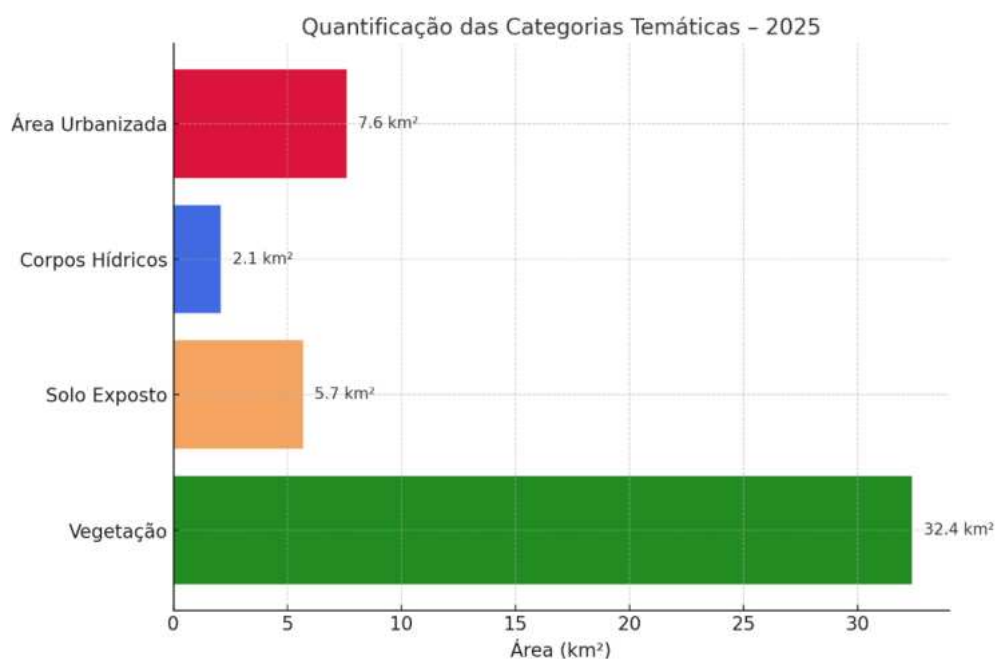


Figura 3 – Quantificação de categorias temáticas

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados CBERS-4A, IBGE e QGIS 3.40.

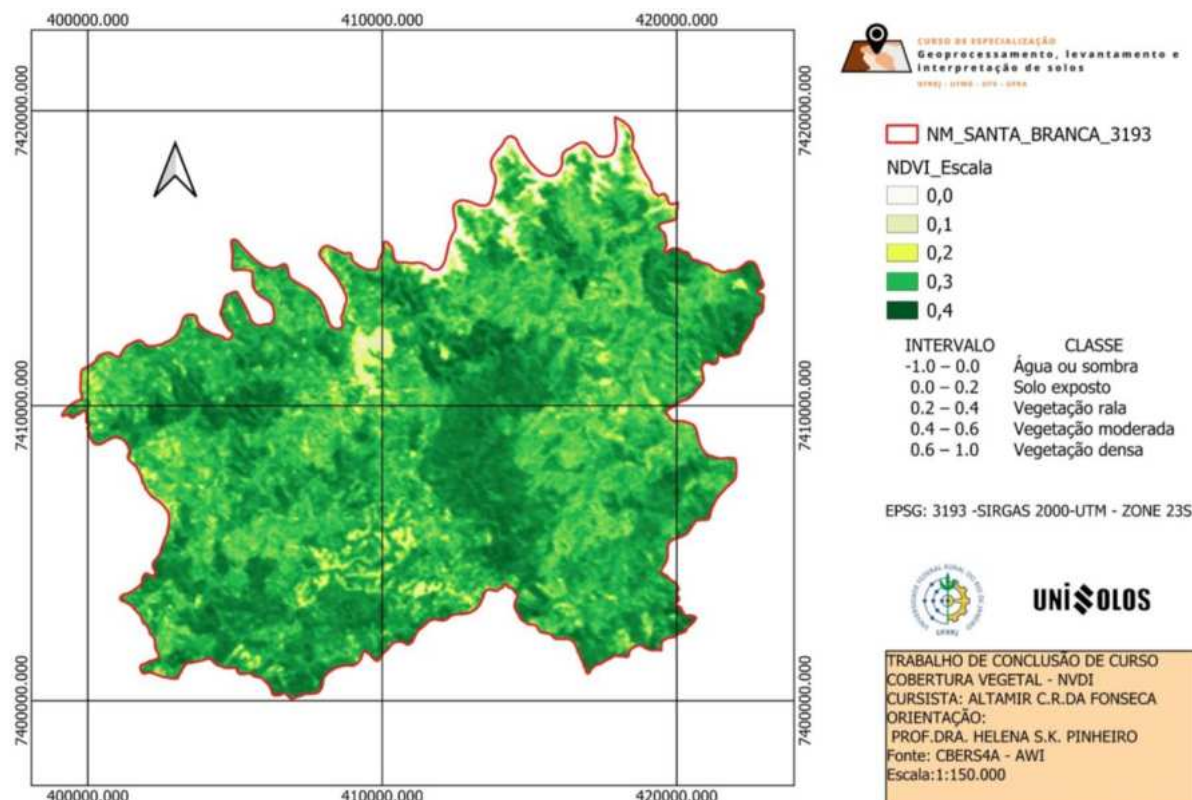


Figura 4- Mapa – NDVI – Índice de Vegetação

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados CBERS-4A, IBGE e QGIS 3.40.

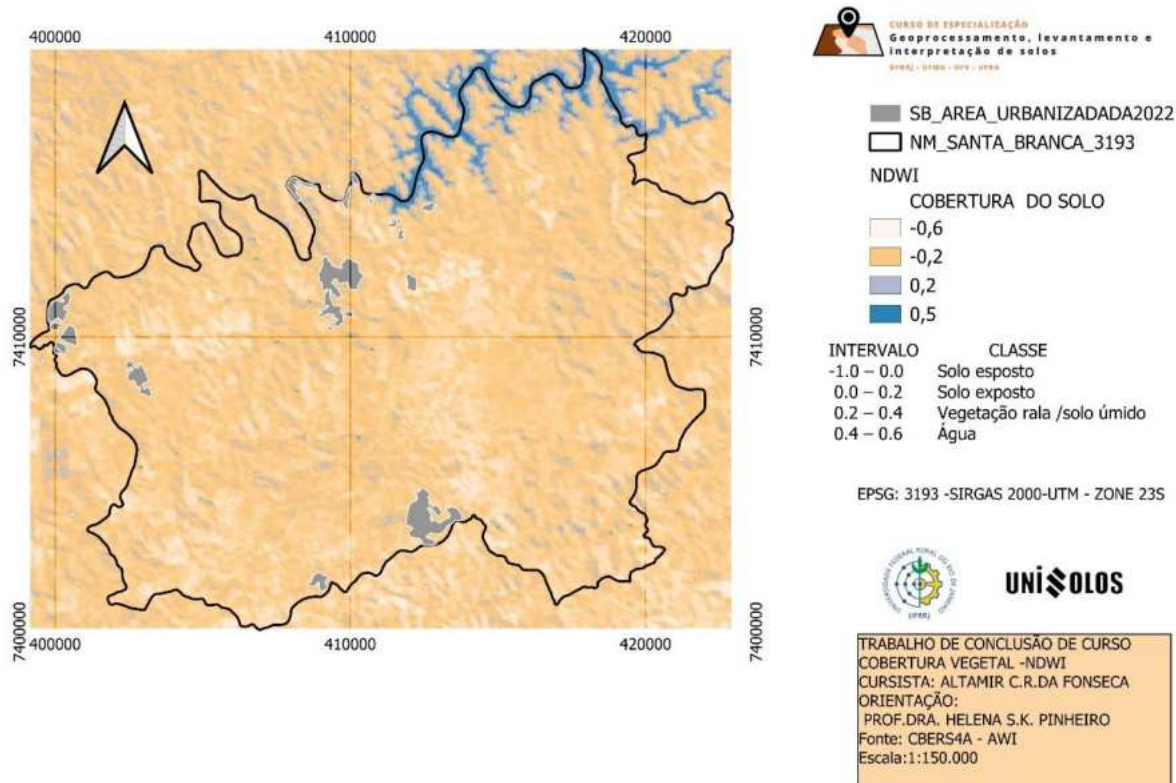


Figura 5- Mapa – NDWI – Índice de Umidade

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados CBERS-4A, IBGE e QGIS 3.40.

4.2 Análise Multiespectral Integrada: NDVI e NDWI, para Melhor Compreensão Física de Santa Branca (SP)

A interpretação dos mapas NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) para Santa Branca revela uma distribuição heterogênea da cobertura vegetal, fortemente influenciada pelo relevo local. As áreas com **declividade acentuada (>20%)**, especialmente nas bordas do município e em zonas de encosta, apresentam **valores NDVI entre 0,6 e 0,8**, compatíveis com vegetação densa e bem preservada. Esses trechos funcionam como **corredores ecológicos**, protegidos pela dificuldade de acesso e pela baixa pressão antrópica.

Por outro lado, as regiões com **declividade suave (0–8%)**, mais propensas à ocupação urbana e agrícola, exibem **valores NDVI entre 0,2 e 0,4**, indicando vegetação rala, pastagens degradadas ou solo exposto. A substituição da vegetação nativa por construções, vias e áreas de cultivo intensivo é claramente detectável pelas bandas espectrais utilizadas no índice, que mede a diferença entre a reflectância do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho visível (RED.).

Complementarmente, o mapa NDWI (Índice de Diferença Normalizada da Água) evidencia a **redução da umidade superficial** em áreas urbanizadas e de solo compactado. Zonas com valores NDWI abaixo de 0,2 indicam **baixo teor hídrico**, típico de superfícies impermeabilizadas, como telhados, pavimentos e estradas. Essa tendência é mais acentuada nas áreas de expansão urbana recente, onde o parcelamento irregular do solo rural — os chamados “chacreamentos” — compromete a retenção hídrica e a recarga dos aquíferos.

Interpretação Integrada dos Índices

- **NDVI alto (>0,6)**: vegetação nativa preservada em encostas e áreas de difícil acesso.
- **NDVI médio (0,3–0,6)**: vegetação secundária, pastagens e cultivos.
- **NDVI baixo (<0,3)**: solo exposto, áreas urbanizadas ou degradadas.
- **NDWI baixo (<0,2)**: baixa umidade superficial, indicando impermeabilização ou degradação hídrica.

Implicações Ambientais e Urbanas

- A correlação entre **declividade acentuada e vegetação preservada** reforça a importância de proteger áreas de encosta.
- A **expansão urbana em zonas de baixa declividade** está associada à perda de cobertura vegetal e à redução da infiltração hídrica.
- A análise integrada NDVI + NDWI + declividade permite identificar **zonas críticas de degradação ambiental**, fundamentais para o planejamento territorial.

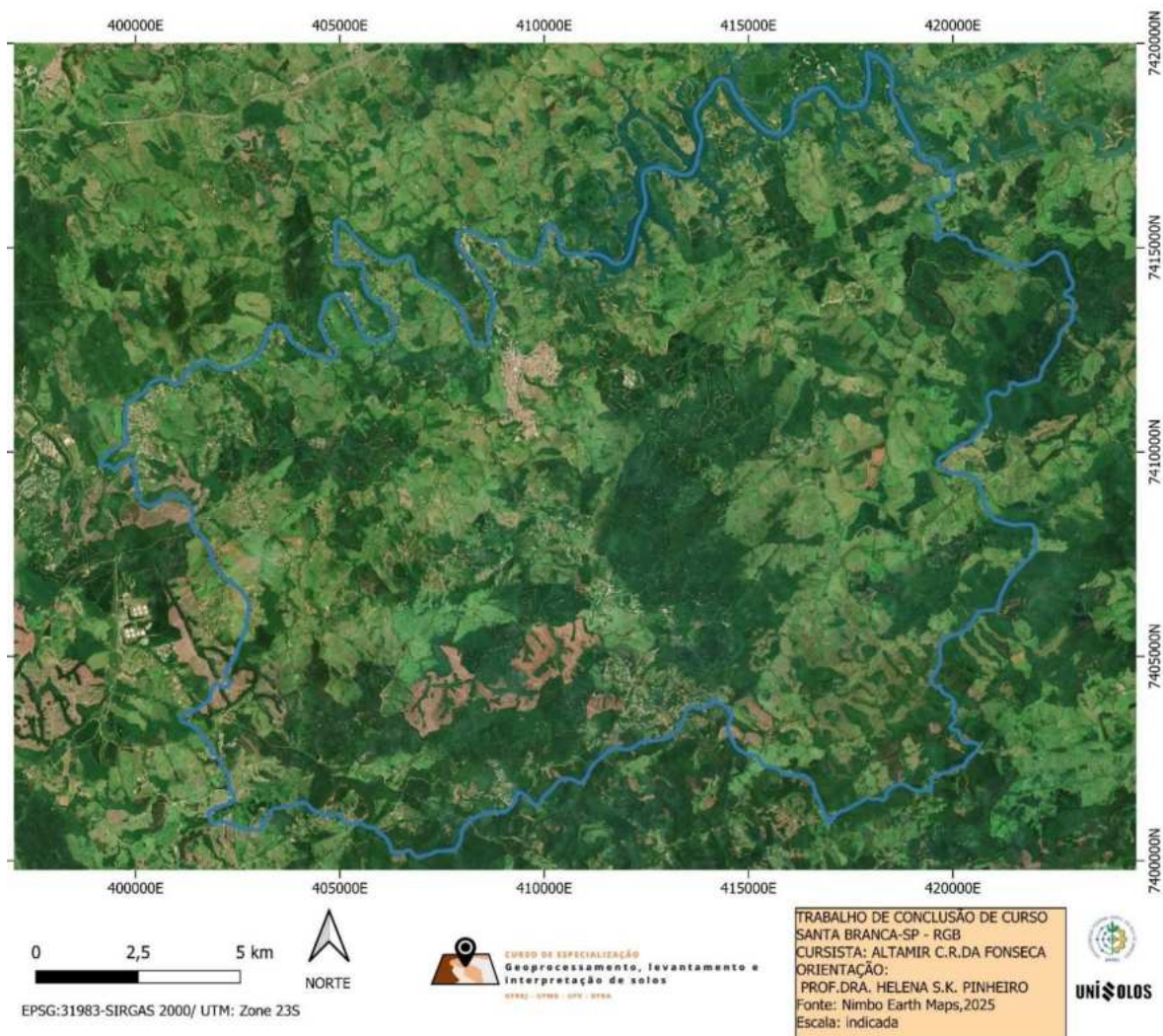


Figura 6- Mapa – Município de Santa Branca: RGB

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados CBERS-4A, IBGE e QGIS 3.40.

Mapa temático gerado a partir de composição RGB de imagem de satélite, evidenciando áreas de vegetação, corpos hídricos e ocupação urbana no município de Santa Branca- SP.

A imagem foi obtida por meio da plataforma Nimbo Earth Maps, utilizando composição RGB de bandas espectrais visíveis. O processamento foi realizado em ambiente SIG, com georreferenciamento no sistema SIRGAS 2000 / UTM Zona 23S. A escolha da composição RGB visa facilitar a interpretação visual da cobertura do solo, destacando elementos naturais e antrópicos.

O mapa integra os produtos cartográficos do presente trabalho, servindo como base para análises espaciais e subsidiando a proposta de zoneamento territorial. A escala gráfica e a orientação norte foram inseridas conforme convenções cartográficas, garantindo legibilidade e precisão espacial.

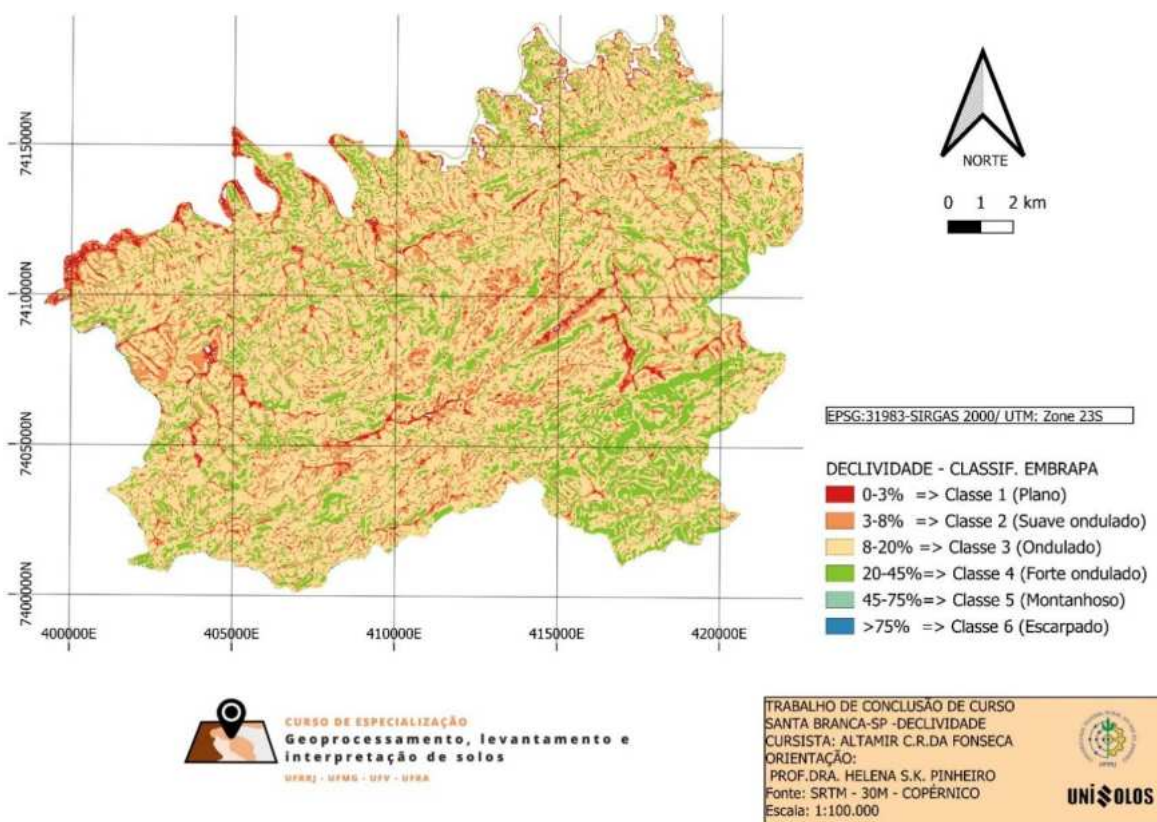


Figura 7- Mapa – Declividade

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados CBERS-4A, IBGE, MDE STRM e QGIS 3.40.

4.3 Análise Técnica do Mapa de Declividade – Santa Branca (SP)

A interpretação do mapa de declividade do município de Santa Branca (SP), elaborado a partir de dados altimétricos e processado no QGIS e classificado no padrão EMBRAPA, revela uma configuração geomorfológica diversificada, com variações significativas de relevo que influenciam diretamente o uso e ocupação do solo.

As áreas de **declividade suave (0–8%)** concentram-se nas porções centrais e ao longo do Rio Paraíba do Sul, favorecendo atividades agropecuárias e expansão urbana. Essas zonas apresentam maior acessibilidade e menor risco ambiental, sendo historicamente ocupadas por núcleos urbanos e áreas de cultivo.

Em contraste, as regiões com **declividade moderada a forte (8–45%)**, localizadas principalmente nas bordas do município e em áreas de transição para a Serra do Mar, apresentam limitações naturais à ocupação. Nesses trechos, observa-se a presença de vegetação nativa remanescente, que atua como barreira ecológica e proteção contra processos erosivos.

Destacam-se ainda áreas com **declividade acentuada (>45%)**, especialmente em zonas de encosta e morros isolados, onde a ocupação humana é restrita ou inexistente. Essas áreas funcionam como refúgios ecológicos e são fundamentais para a manutenção da biodiversidade e dos recursos hídricos locais.

A análise espacial evidencia a ocorrência de **parcelamentos irregulares em áreas de relevo acidentado**, com risco potencial de deslizamentos e degradação ambiental. A ausência de infraestrutura adequada e a impermeabilização do solo nessas zonas comprometem a estabilidade geotécnica e a qualidade ambiental.

a) Destaques técnicos

- **Fonte de dados:** Modelo Digital de Elevação (SRTM), processado no QGIS com reclassificação raster.
- **Intervalos de declividade utilizados:**
 - Plano: 0–3%
 - Suave ondulado: 3–8%
 - Ondulado: 8–20%
 - Forte ondulado: 20–45%
 - Montanhoso: 45–75%
 - Escarpado: >75%
- **Altitude média do município:** 732 metros
- **Altitude mínima:** 560 metros
- **Altitude máxima:** 1.095 metros

b) Implicações ambientais e urbanas

- A ocupação em áreas de forte declividade representa risco geotécnico e demanda ações de planejamento territorial.
- A vegetação em encostas atua como proteção natural contra erosão e deve ser preservada.
- A análise de declividade é essencial para orientar políticas públicas de uso do solo, conservação ambiental e expansão urbana sustentável.

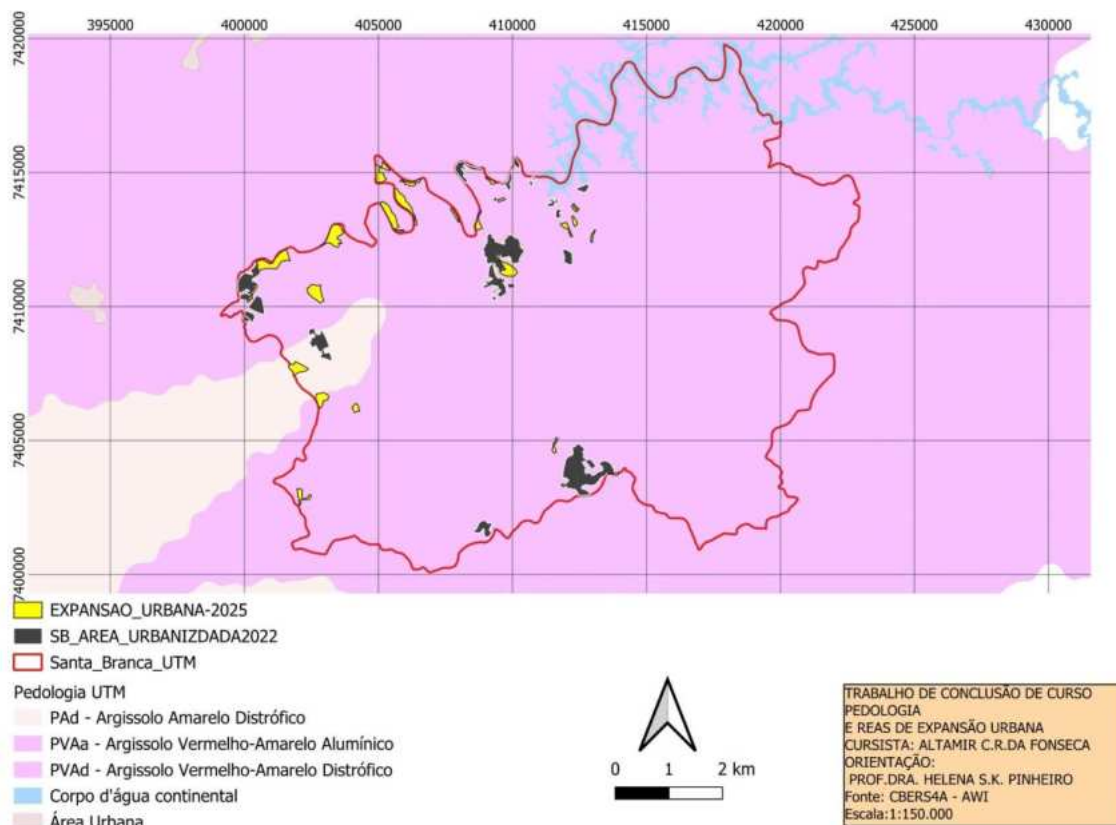


Figura 8- Mapa - Pedológico do Município

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados CBERS-4A, IBGE e QGIS 3.40.

4.4 Análise Pedológica e Riscos Ambientais Associados ao Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico em Santa Branca (SP)

De acordo com o levantamento pedológico realizado com base nas publicações da Embrapa e da plataforma Unisolos, o município de Santa Branca é predominantemente coberto por **Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico**, o qual representa mais de **90% da cobertura pedológica local**. Trata-se de um solo de baixa fertilidade natural, com baixa saturação por bases e textura média a arenosa, caracterizando-se por alta suscetibilidade à erosão, principalmente em áreas com relevo acidentado.

A combinação entre esse tipo de solo e as **declividades acentuadas (20%–40%)** observadas no território municipal, especialmente nas encostas e margens de corpos hídricos, impõe sérios riscos geoambientais. A degradação da cobertura vegetal em trechos significativos do município, em especial nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) e fragmentos florestais em estágio inicial de regeneração, acentua os processos erosivos e favorece a ocorrência de **movimentos de massa**, conforme alertas dos sistemas de monitoramento do **Cemaden** e da **Defesa Civil Estadual**.

Esses fatores evidenciam a urgência da implementação de estratégias de **proteção ambiental e restauração ecológica**, como o reflorestamento com espécies nativas, o uso de sistemas agroflorestais em áreas rurais produtivas e a aplicação de técnicas de conservação do

solo (terraceamento, curvas de nível e cobertura morta). Além disso, torna-se crucial o acompanhamento pluviométrico contínuo e o fortalecimento das políticas públicas de gestão territorial, considerando os riscos ambientais associados à dominância dos Argissolos em Santa Branca.

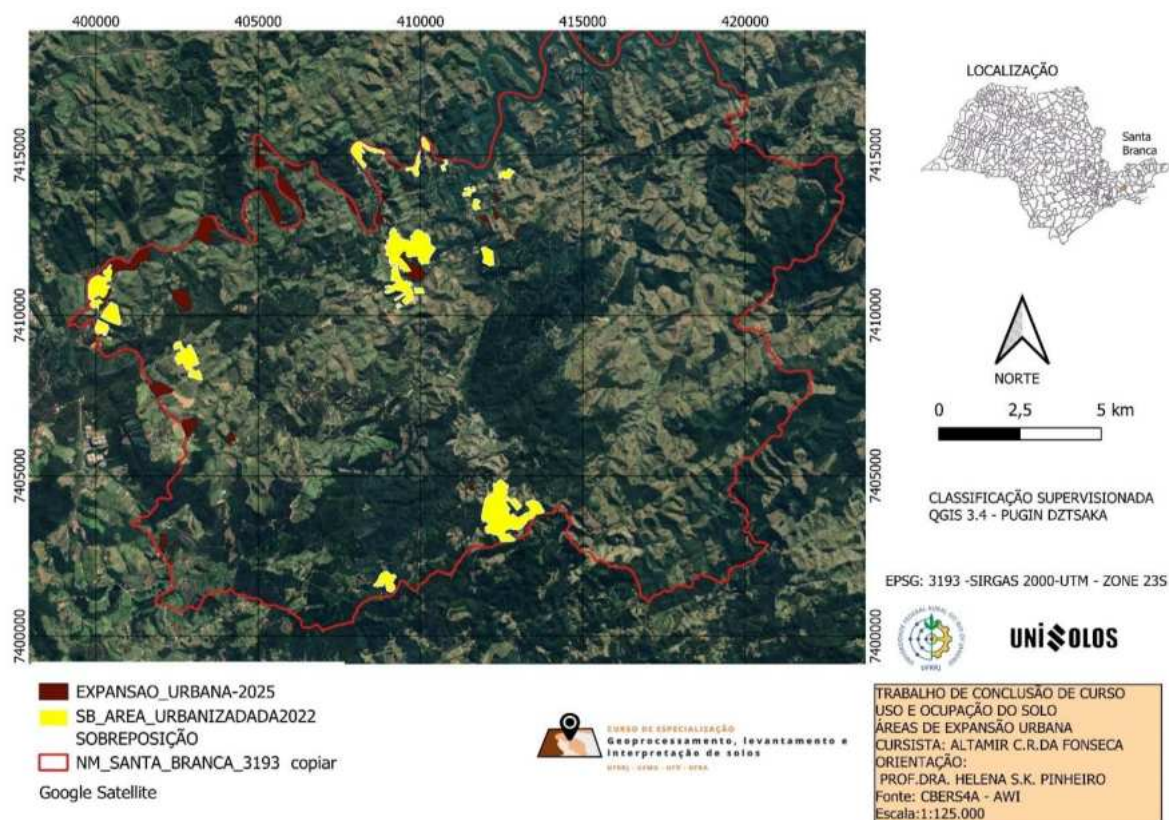


Figura 9- Mapa -Áreas de Expansão Urbana: comparativo entre 2022 (IBGE) e 2025 (levantados pelo autor)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados CBERS-4A, IBGE e QGIS 3.40.

4.5. Áreas de Expansão Urbana: Comparativo entre 2022 e 2025

Áreas de Expansão Urbana conforme comparativo entre 2022 (IBGE) e 2025 (Figura 9, elaborada pelo autor), demonstra a intensa atividade de expansão ao compararmos os dados do IBGE de 2022 e a imagem atual de 2025. Está ocorrendo uma expansão descontrolada de áreas próximo a barragem e ao Rio Paraíba do Sul. Estas regiões variam de ocupações para moradia e os chamados “chacreamentos”, são áreas rurais com parcelamento informal abaixo da área exigida pela legislação que ao se desenvolver criam núcleos urbanos em locais sem nenhuma infraestrutura.

4.5.1 Quantificação de áreas por categoria (km²)

A representação cartográfica foi convertida em um produto quantitativo (Tabela 2). A tabela de atributos da camada classificada foi utilizada para calcular a área de cada classe em

quilômetros quadrados, com posterior conversão em gráficos de setores e histogramas comparativos.

Este produto é essencial para a fase de **diagnóstico territorial**, servindo como base para análises de viabilidade de zoneamento, planejamento urbano e definição de áreas prioritárias para regularização fundiária e preservação ambiental.

Resumo das áreas por categoria:

- Vegetação: 32,4 km²
- Solo exposto: 5,7 km²
- Corpos hídricos: 2,1 km²
- Área urbanizada (2025): 7,6 km²
- Área urbanizada (IBGE 2022): 5,3 km²

Tabela 2- Quantificação das Áreas por Categoria Temática (Santa Branca – 2025)

Categoria Temática	Área (km ²)	Percentual sobre o total (%)
Vegetação	32,4	68,1%
Solo exposto	5,7	12,0%
Corpos hídricos	2,1	4,4%
Área urbanizada (2025)	7,6	15,5%
Total mapeado	47,8	100%

Fonte: Dados gerados por classificação supervisionada da imagem CBERS-4A (2025), processados no QGIS 3.40.

Tabela 3-Comparativo da Área Urbanizada entre 2022 e 2025 (Santa Branca- SP)

Ano	Fonte dos Dados	Área Urbanizada (km ²)	Variação Absoluta (km ²)	Variação Percentual (%)
2022	IBGE (Malha Municipal)	5,3	—	—
2025	Classificação CBERS-4A	7,6	+2,3	+43,4%

Fonte: IBGE (2022); Processamento próprio (CBERS-4A, 2025) via QGIS 3.40.

A Tabela 2 reforça a hipótese central deste trabalho: a existência de uma expansão urbana acelerada, não acompanhada por instrumentos de controle ou atualização cartográfica oficial. O crescimento de 2,3 km² em área urbanizada no intervalo de apenas três anos representa uma expansão de 43,4%, indicando um processo territorial ativo e, possivelmente,

desordenado. A sobreposição dos dados classificados com a base do IBGE (2022) revela que boa parte dessa expansão ocorre em áreas periféricas, muitas vezes próximas a corpos d'água ou regiões de maior fragilidade ambiental.

Esses resultados evidenciam o **potencial estratégico das geotecnologias livres** no monitoramento contínuo do território, sobretudo em contextos municipais onde o acesso a soluções convencionais é limitado. A replicabilidade do método, aliada à sua eficácia em captar dinâmicas territoriais recentes, respalda a proposta de um **protocolo técnico-normativo para zoneamento territorial**, especialmente útil em municípios de pequeno porte, como Santa Branca.



Figura 10–Área urbanizada Comparativo 2022 vs 2025

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados classificados CBERS-4A, IBGE e QGIS 3.40.

A análise do mapa pedológico urbano de Santa Branca (SP) revela uma dinâmica preocupante de expansão urbana desordenada, especialmente nas proximidades da barragem e do Rio Paraíba do Sul. Ao comparar os dados demográficos e territoriais do IBGE de 2022 com as imagens de satélite atualizadas de 2025, observa-se um crescimento acelerado de áreas urbanizadas em regiões anteriormente classificadas como rurais ou de preservação ambiental.

Destaca-se a proliferação dos chamados “chacreamentos”, caracterizados por parcelamentos informais do solo rural, frequentemente abaixo do mínimo legal exigido pela legislação fundiária. Esses núcleos urbanos emergentes carecem de infraestrutura básica, como saneamento, drenagem e acesso viário, e frequentemente ocupam áreas de alta vulnerabilidade ambiental, como encostas e margens de corpos hídricos.

4.5.2. Expansão urbana e pressões sobre o solo em Santa Branca (SP): análise integrada do mapa pedológico e NDWI

A aplicação do índice NDWI (*Normalized Difference Water Index*) nas imagens orbitais de 2025 reforça a pressão da expansão urbana sobre o solo. As áreas claras no mapa de solo exposto, captadas pela banda espectral NDWI, indicam alterações na cobertura superficial compatíveis com construções recentes e impermeabilização do solo. Essa técnica, ao destacar

a presença de água e umidade superficial, permite inferir a substituição de vegetação por estruturas urbanas, especialmente em áreas de várzea e entorno de cursos d'água.

Essa expansão urbana não planejada representa riscos significativos:

- **Ambientais:** perda de cobertura vegetal, aumento da impermeabilização do solo, comprometimento da qualidade da água e da biodiversidade local.
 - A correlação entre declividade acentuada e vegetação preservada reforça a importância de proteger áreas de encosta.
 - A expansão urbana em zonas de baixa declividade está associada à perda de cobertura vegetal e à redução da infiltração hídrica.
- **Sociais:** ocupações em áreas de risco, ausência de serviços públicos, vulnerabilidade a desastres naturais.
- **Legais:** violação da legislação ambiental e urbanística, como o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e normas de parcelamento do solo urbano.
 - A análise integrada NDVI + NDWI + declividade permite identificar zonas críticas de degradação ambiental, fundamentais para o planejamento territorial.

Diante desse cenário, torna-se urgente a integração entre planejamento urbano, gestão ambiental e monitoramento geotecnológico, com uso contínuo de ferramentas como NDWI, NDVI e mapas pedológicos para subsidiar políticas públicas de ordenamento territorial e proteção dos recursos naturais.

4.5.3 Dinâmica de ocupação e degradação da cobertura vegetal em Santa Branca (SP): análise multiespectral com NDVI e NDWI

A interpretação dos mapas NDVI revela uma presença acentuada de solo exposto e vegetação moderada, com destaque para fragmentos isolados de vegetação densa, especialmente em áreas de relevo mais acidentado e de difícil acesso. Essa configuração indica um processo de fragmentação ecológica, típico de regiões em expansão urbana não planejada.

A análise foi reforçada por um segundo mapa NDVI, elaborado a partir de imagens do provedor *nimbo.earth*, que oferece mosaicos mensais sem nuvens com base nos satélites Sentinel. Essa imagem confirma a tendência observada anteriormente, evidenciando a expansão descontrolada de núcleos urbanos em diversos pontos do município. Destacam-se os chamados “chacreamentos”, que consistem em parcelamentos irregulares do solo rural, frequentemente abaixo da metragem mínima legal, e que evoluem para núcleos urbanos sem infraestrutura adequada.

Essas áreas apresentam valores NDVI entre 0,1 e 0,3, compatíveis com vegetação rala ou solo nu, conforme literatura especializada. A substituição da vegetação por construções e vias é claramente detectável pelas bandas espectrais utilizadas no índice, que mede a diferença entre a reflectância do infravermelho próximo e do vermelho visível.

Complementarmente, o mapa NDWI (Normalized Difference Water Index), também derivado de imagens orbitais, confirma a expansão urbana ao destacar áreas claras com baixa umidade superficial, típicas de construções recentes e impermeabilização do solo. A banda espectral utilizada no NDWI permite identificar alterações na retenção hídrica da superfície, sendo eficaz para detectar áreas urbanizadas e corpos d'água degradados.

Essa combinação de índices multiespectrais evidência:

- A **redução da cobertura vegetal nativa** e o avanço de áreas impermeabilizadas.
- A **ocupação de zonas de risco ambiental**, como margens de rios e encostas.
- A **necessidade urgente de planejamento territorial**, com base em dados geoespaciais atualizados.

A geração e análise dos mapas temáticos permitiram identificar com precisão os principais padrões espaciais atuais do município de Santa Branca- SP. A combinação entre classificação supervisionada e validação com dados oficiais revelou não apenas a expansão recente do tecido urbano, mas também a carência de mecanismos institucionais para acompanhar em tempo real essas transformações.

A sobreposição entre os dados do IBGE (2022) e os produtos de 2025 evidenciou um crescimento urbano não monitorado oficialmente, com forte incidência sobre áreas ambientalmente sensíveis. Esse achado reforça a necessidade de instrumentos técnicos acessíveis e replicáveis, como os utilizados neste trabalho, para subsidiar a gestão territorial em municípios de pequeno porte.

A cartografia aqui desenvolvida, além de representar o território, assume papel de ferramenta de intervenção e monitoramento contínuo. Os resultados apontam que o uso de geotecnologias livres, aliado a protocolos técnicos bem definidos, pode contribuir significativamente para práticas mais sustentáveis de ocupação do solo e planejamento urbano.

5. RECOMENDAÇÕES DE APLICAÇÃO

Com base na metodologia desenvolvida e nos resultados obtidos por meio da classificação supervisionada de imagens CBERS-4A no ambiente QGIS 3.40, este capítulo apresenta diretrizes para aplicação prática dos produtos gerados no contexto da gestão pública, planejamento territorial, regularização fundiária, prevenção de desastres naturais e estudos ambientais.

Os mapas temáticos e análises quantitativas discutidos no Capítulo 4 revelaram uma expansão urbana de 43,4% entre 2022 e 2025, com incidência significativa sobre áreas de risco ambiental. Esses achados evidenciam a urgência da adoção de ferramentas técnicas de diagnóstico e monitoramento territorial, sobretudo em municípios de pequeno e médio porte.

A seguir, são apresentadas recomendações estruturadas para orientar a replicabilidade da metodologia e o uso estratégico dos dados no apoio à formulação e revisão de políticas públicas.

5.1 Adoção como Base Técnica para Revisão de Zoneamentos

A classificação temática obtida permite identificar com precisão padrões de uso e cobertura do solo, incluindo zonas de vegetação, corpos d'água, áreas impermeabilizadas e regiões em transição urbano-rural. Tais informações são fundamentais para subsidiar a revisão de Planos Diretores Municipais, leis de uso e ocupação do solo e zoneamentos ambientais, conforme preconizado pelo Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001).

Os dados atualizados permitem detectar expansões irregulares e invasões de Áreas de Preservação Permanente (APPs), favorecendo a definição de diretrizes urbanísticas com base técnica, ambiental e social. A metodologia pode ser utilizada como referência para demarcar zonas urbanas consolidadas, áreas de fragilidade ambiental e zonas de expansão urbana planejada.

5.2 Monitoramento de Mudanças no Uso do Solo

A aplicação periódica da mesma abordagem classificatória permite comparações intertemporais do uso e ocupação do solo, revelando tendências como desmatamentos, avanço urbano, recuo de vegetação ciliar ou variações na área de espelhos d'água.

A utilização de séries históricas de imagens CBERS, Sentinel 2 ou Landsat possibilita a construção de indicadores espaciais de mudança, fundamentais para alimentar sistemas de fiscalização ambiental, gestão de risco hidrogeológico e regularização fundiária com atualização contínua.

5.3 Apoio a Estudos Técnicos Simplificados (ETRs)

A cartografia temática gerada pode ser integrada como base para Estudos Técnicos Rurais e Urbanos (ETRs), especialmente em processos de licenciamento ambiental simplificado, regularização fundiária de interesse social (REURB) e elaboração de termos de referência para projetos de infraestrutura.

A resolução espacial de 2 metros é compatível com exigências técnicas para mapeamento em escala municipal, conforme estabelecido pelo Sistema Cartográfico Nacional (SCN). Os mapas também podem embasar laudos técnicos para avaliação de impacto ambiental, delimitação de áreas de amortecimento e estimativa de pressão antrópica sobre ecossistemas urbanos e rurais.

5.4 Capacitação Técnica de Equipes Municipais

O uso exclusivo de ferramentas de código aberto (QGIS 3.40) e dados públicos (CBERS-4A) favorece sua inserção em programas de capacitação técnica municipal, promovendo autonomia digital, democratização do acesso à informação espacial e formação continuada de agentes públicos.

Capacitar técnicos municipais, conselhos ambientais e núcleos de regularização fundiária para operar esse fluxo de trabalho é uma estratégia eficaz para fortalecer a infraestrutura informacional local, conforme recomendado pelo Guia para Elaboração de Planos Diretores Participativos (Ministério das Cidades, 2007).

5.5 Geração de Indicadores para Consórcios Intermunicipais

A estrutura replicável do modelo permite sua aplicação em consórcios públicos intermunicipais, favorecendo a integração de dados geográficos regionais, padronização de indicadores ambientais (como cobertura vegetal, áreas impermeabilizadas e disponibilidade hídrica) e suporte técnico a comissões de bacia hidrográfica, agências reguladoras regionais e sistemas municipais de geoinformação.

A construção de painéis regionais de monitoramento pode ser realizada com base no cruzamento entre mapas temáticos periódicos e outras variáveis de suporte, como declividade, uso agrícola ou densidade construtiva.

5.6 Integração com Outras Geotecnologias

O modelo metodológico é compatível com diversas bases geoespaciais e sensores remotos, como CBERS-4A, Sentinel 2, Landsat 9, SRTM e Copérnicos, podendo ser integrado a análises de:

- **Declividade e escorregamentos**, com Modelos Digitais de Elevação (MDE);
- **Classificação de solos**, com dados da Embrapa, para fins agrícolas e urbanos;
- **Mapeamento de áreas suscetíveis a inundações e deslizamentos**, por meio de modelos hidrológicos e de saturação do solo.

Essa integração amplia a capacidade preditiva e diagnóstica de territórios sujeitos a riscos socioambientais, especialmente em bordas urbanas e áreas rurais em transição. Permite ainda o monitoramento contínuo do território, antecipando eventos climáticos extremos e reduzindo a necessidade de deslocamentos físicos para fiscalização.

Além disso, garante a construção de um histórico sistemático da ocupação territorial, que deve ser disponibilizado à sociedade como instrumento de transparência e controle social.

5.7 Definição das Unidades de Zoneamento

A análise integrada dos mapas e a quantificação temática permitiram propor uma delimitação preliminar das unidades de zoneamento, orientada por critérios técnicos, ambientais e legais. As seguintes zonas foram identificadas como prioritárias:

- **Zona de Preservação Permanente e Áreas de Alta Fragilidade** (margens do Rio Paraíba do Sul, encostas, matas ciliares);
- **Zona Urbana Consolidada** (áreas classificadas como urbanizadas em 2022 e 2025);
- **Zona de Expansão Urbana Planejada** (áreas de solo exposto em 2025 contíguas à malha urbana);
- **Zona de Atividades Econômicas Sustentáveis** (setores rurais com estrutura viária e ocupação agrícola consolidada);
- **Zona Rural de Proteção e Conectividade Ecológica** (áreas de vegetação remanescente e corredores ecológicos).

Estas zonas podem compor a matriz espacial da revisão do Plano Diretor Municipal, desde que complementadas por dados fundiários, socioeconômicos e participação social qualificada, conforme estabelece o Estatuto da Cidade e o Decreto nº 10.531/2020 (Política Nacional de Desenvolvimento Urbano).

Embora este trabalho não tenha como escopo a formulação direta dessas propostas, devido à limitação temporal de um TCC, ele fundamenta a continuidade do projeto em etapas futuras, tanto acadêmicas quanto institucionais. Há potencial para implementação em municípios isolados de pequeno porte, como Santa Branca, ou em consórcios regionais, promovendo o rateio de custos e responsabilidades.

Em um sentido mais amplo, vislumbra-se a formação de uma rede nacional de informações geoespaciais, de baixo custo e alta eficiência, voltada à gestão territorial democrática, técnica e ambientalmente responsável.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo desenvolver e aplicar um protocolo metodológico para o mapeamento temático do uso e cobertura do solo no município de Santa Branca- SP, com base em geotecnologias livres. Utilizando exclusivamente o software QGIS 3.40 e imagens multiespectrais dos sensores CBERS-4A WPM e AWFI, foi possível gerar produtos cartográficos com alta precisão espacial (2 metros) e forte potencial de replicabilidade em contextos municipais com infraestrutura técnica limitada.

Os mapas temáticos obtidos por meio de classificação supervisionada revelaram um crescimento urbano significativo, com expansão de 43,4% entre os anos de 2022 e 2025, sendo parte desta sobre áreas ambientalmente sensíveis e juridicamente protegidas, como as margens do Rio Paraíba do Sul e zonas de encosta. A análise espacial também permitiu quantificar as categorias de cobertura vegetal, solo exposto e corpos hídricos, fornecendo insumos técnicos valiosos para planejamento e gestão territorial.

A principal contribuição do trabalho reside na proposta de um protocolo acessível e tecnicamente robusto, capaz de subsidiar diagnósticos territoriais, revisões de zoneamento, estudos ambientais e apoio à tomada de decisão da Defesa Civil, especialmente na prevenção de desastres naturais e formulação de políticas públicas. Além disso, o método permite ser incorporado à rotina de equipes técnicas municipais ou consórcios regionais, promovendo a autonomia institucional e a democratização do acesso à informação espacial, criando uma rede nacional de informações geoespaciais disponíveis a toda sociedade.

A partir dos resultados obtidos e da estrutura replicável do modelo, conclui-se que a adoção de ferramentas de geoprocessamento livre pode reduzir desigualdades técnico-operacionais entre municípios, fortalecer a governança territorial e favorecer o ordenamento urbano em consonância com os princípios do Estatuto da Cidade, da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano e da sustentabilidade ambiental.

6.1 Zoneamento Territorial

O zoneamento territorial é um instrumento técnico-normativo que visa organizar o espaço geográfico em função de critérios ambientais, sociais, econômicos e legais, com o objetivo de promover o uso adequado do solo. Conforme definido pela legislação urbanística brasileira, o zoneamento deve orientar a ocupação urbana, proteger áreas ambientalmente sensíveis, organizar a infraestrutura e garantir a função social da propriedade (BRASIL, 2001).

Além de seu caráter normativo, o zoneamento também tem papel diagnóstico, pois permite a leitura do território a partir de múltiplas variáveis. No contexto municipal, é um instrumento-chave para a formulação de Planos Diretores, Planos de Manejo e projetos de desenvolvimento territorial.

6.2 Planejamento Urbano e Geotecnologias

As geotecnologias, especialmente os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), têm se consolidado como ferramentas fundamentais para o planejamento urbano. Permitem integrar bases de dados de diferentes naturezas — físicas, sociais e econômicas — em uma mesma

plataforma, proporcionando análise espacial avançada e representação gráfica eficaz (CÂMARA et al., 2001).

Sua aplicação em municípios de pequeno porte contribui para a superação de desafios técnicos, financeiros e de pessoal, permitindo a construção de diagnósticos precisos e acessíveis à gestão pública. O uso de mapas temáticos, modelagens espaciais e análise de sobreposição são recursos que facilitam a elaboração de propostas territorialmente coerentes.

6.3 A Importância do SIG no Apoio à Gestão Municipal

O SIG permite ao gestor público visualizar os conflitos de uso do solo, delimitar áreas de preservação permanente, monitorar expansão urbana e prever impactos de políticas públicas. No caso de Santa Branca, cuja ocupação apresenta características mistas entre rural e urbana, o SIG torna-se essencial para organizar o território e orientar o desenvolvimento futuro.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso alcançou com êxito seus objetivos ao propor e aplicar uma metodologia replicável de classificação supervisionada do uso e cobertura do solo em municípios de pequeno porte, utilizando exclusivamente ferramentas e dados públicos, como o software QGIS 3.40 e as imagens multiespectrais do satélite CBERS-4A.

A metodologia empregada foi satisfatória para os objetivos desejados, considerando as limitações de processamento do computador utilizado — situação bastante comum nos municípios objeto deste protocolo. A utilização das bandas espectrais AWFI com a banda pancromática WPM do CBERS-4A permitiu executar todos os mapas necessários para análise. Foram gerados mapas temáticos contendo sete classes principais: áreas urbanizadas, pastagens, vegetação nativa, áreas agrícolas, corpos hídricos, reflorestamento e solo exposto.

O trabalho pode contribuir com recomendações práticas para aplicação em zoneamentos, estudos ambientais, consórcios intermunicipais e capacitação técnica. A experiência acumulada ao longo do processo reforça a importância da apropriação de ferramentas livres na gestão do território, especialmente em contextos com escassez de recursos tecnológicos.

Dessa forma, conclui-se que a integração entre dados orbitais de domínio público e ferramentas SIG livres é uma estratégia eficaz, técnica e socialmente justa para fortalecer o planejamento territorial, promover a equidade institucional e ampliar a capacidade de resposta dos municípios frente aos desafios ambientais e urbanos contemporâneos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Catálogo de Imagens CBERS-4A**. São José dos Campos, 2023. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project**, 2024. Disponível em: <<https://qgis.org>>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- DZETSAKA – **Supervised Classification Toolbox. Plugin QGIS**. Disponível em: <<https://plugins.qgis.org/plugins/DZetsaka/>>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São Paulo: Parêntese, 2009.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2011.
- BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Brasília: IBGE/MMA, 2019.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Estimativas da população residente para os municípios e para as Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS – CNM. **Perfil dos Municípios Brasileiros – População e Estrutura Administrativa**. Brasília: CNM, 2023. Disponível em: <https://www.cnm.org.br>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programa de Desenvolvimento Urbano Integrado e Sustentável (PRO-CIDADES): Manual Operacional**. Brasília: Ministério das Cidades, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2020.
- SILVA, E. F.; OLIVEIRA, L. C. **Classificação supervisionada com QGIS e sensores CBERS: uma aplicação em ambiente urbano**. Revista Brasileira de Geomática, v. 8, n. 2, p. 113–129, 2022.
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Accuracy assessment of remote sensing-derived maps**. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- SAGA GIS – **System for Automated Geoscientific Analyses**. 2024. Disponível em: <<http://www.saga-gis.org>>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. 356 p.
- UNISOLOS. **Mapa de Solos do Estado de São Paulo**. São Paulo: Unisolos, 2020. Disponível em: <https://www.unisolos.org.br/mapas>. Acesso em: 13 jul. 2025.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Relatório técnico de áreas de risco geo-hidrológico: Santa Branca (SP)**. São José dos Campos: Cemaden, 2023. Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br...> Acesso em: 13 jul. 2025.

SÃO PAULO (Estado). Defesa Civil. **Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC: escorregamentos e inundações**. São Paulo: Defesa Civil Estadual, 2024. Disponível em: <https://www.defesacivil.sp.gov.br>. Acesso em: 13 jul. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 28 maio 2012.

BRASIL. **Estatuto da Cidade**: Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estabelece diretrizes gerais da política urbana. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 11 jul. 2001.

BRASIL. **Política Nacional de Desenvolvimento Urbano**: Decreto nº 10.531, de 26 de outubro de 2020. Institui a Estratégia Nacional de Desenvolvimento Urbano. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 27 out. 2020.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

IBGE. **Malha Municipal – Área Urbanizada 2022**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: jul. 2025.

INPE. **Catálogo de Imagens CBERS-4A**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>. Acesso em: mai. 2025.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Guia para a Elaboração de Planos Diretores Participativos**. Brasília: MCidades, 2007. 160 p.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Edusp, 2006.

SILVA, J. A.; ALMEIDA, C. M. **Geotecnologias no planejamento municipal: potencialidades e limitações**. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, n. 2, p. 263–281, 2017.

WOEBBECKE, D. M. et al. **Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions**. *Transactions of the ASAE*, v. 38, n. 1, p. 259–269, 1995.

GITELSON, A. A.; MERZLYAK, M. N. **Spectral reflectance changes associated with autumn senescence of *Aesculus hippocastanum* L. and *Acer platanoides* L. leaves. Spectral features and relation to chlorophyll estimation**. *Journal of Plant Physiology*, v. 143, p. 286–292, 1994.

8. APÊNDICES

Cartografia: Lista de Mapas Utilizados

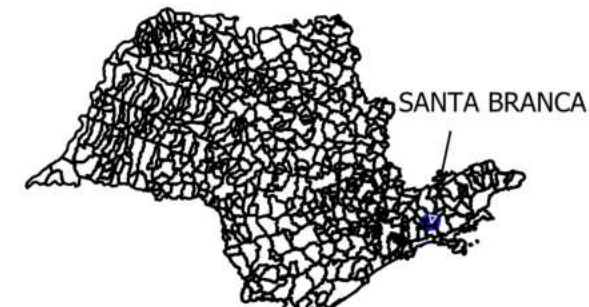
Abaixo, apresenta-se a lista dos mapas temáticos gerados e utilizados no desenvolvimento e análise deste trabalho.

Nº	Título do Mapa	Descrição
1	Uso e Cobertura do Solo – Santa Branca (2025)	Classificação temática com quatro categorias principais: vegetação, solo exposto, água, urbano.
2	NDVI – Índice de Vegetação	A interpretação dos mapas NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)
3	NDWI – Índice de Umidade	NDWI (Índice de Diferença Normalizada da Água)
4	Município de Santa Branca: RGB	Análise da imagem real do município multiespectral
5	Declividade	Análise técnica da morfologia do município
6	Expansão Urbana)
7	Comparativo IBGE 2022 vs CBERS 2025 – Áreas Urbanizadas	Sobreposição da malha urbana oficial do IBGE com a classificação de 2025.
8	Classificação Supervisionada	
9	Mapa- Pedológico de Santa Branca	Análise Pedológica e Riscos Ambientais Associados ao Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico em Santa Branca (SP)
10	10SB_CLASSIF_COMP_22_25_EXP_URBANA	Classificação temática com quatro categorias principais: vegetação, solo exposto, água, urbano-Dztsaka
11	11-SB_NVDI_NIMBO	A interpretação dos mapas NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)
12	12_SB_RGB_NIMBO	Análise da imagem real do município

Todos os mapas seguem padrão de legenda, escala gráfica, norte, coordenadas UTM e base cartográfica compatível com a SIRGAS 2000 / UTM Zona 23S.



LOCALIZAÇÃO
ESTADO DE SÃO PAULO



□ LimiteMunicipal

LEGENDA

- URBANIZADO
- VEGETAÇÃO
- SOLO EXPOXTO
- LimiteMunicipal



0 100 200 m



Universal Transverse Mercator (UTM)
IMAGENS CBERS- 4A - PRECISÃO 2M
EPSG:31983
SRC:SIRGAS 2000 / UTM zone 23S

CENTRO URBANO DE SANTA BRANCA - SP
COBERTURA VEGETAL
UNISOLOS - UFRRJ - TCC
AUTOR: ALTAMIR C. R. DA FONSECA
Email: fonsecamogi@gmail.com
ESCALA:1:10000

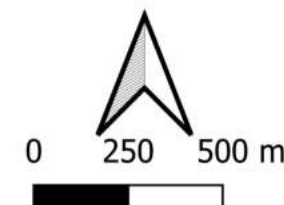
07/02/2025



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos
UFRRJ - UFMG - UFV - UFPA

SB_ANALISE_AREA_CENTRAL

-  Banda 3
-  Banda 2
-  Banda 1 (Gray)

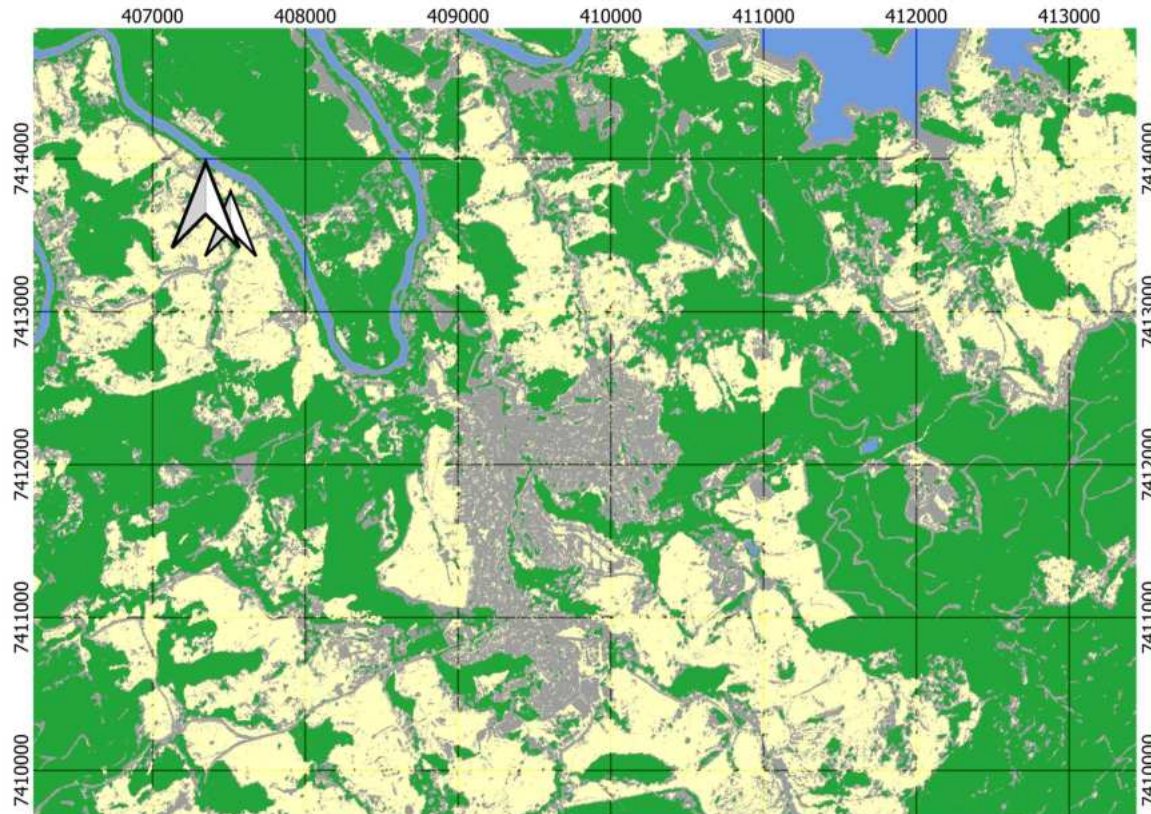


EPSG: 3193 -SIRGAS 2000-UTM - ZONE 23S



uniSOLOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ÁREA CENTRAL DO MUNICÍPIO
CURSISTA: ALTAMIR C.R.DA FONSECA
ORIENTAÇÃO:
PROF.DRA. HELENA S.K. PINHEIRO
Fonte: CBERS4A - AWI
Escala:1:20.000



LOCALIZAÇÃO

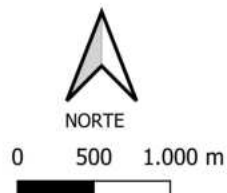


LEGENDA

- solo exposto
- vegetação
- água
- área urbanizada



UNISOLS



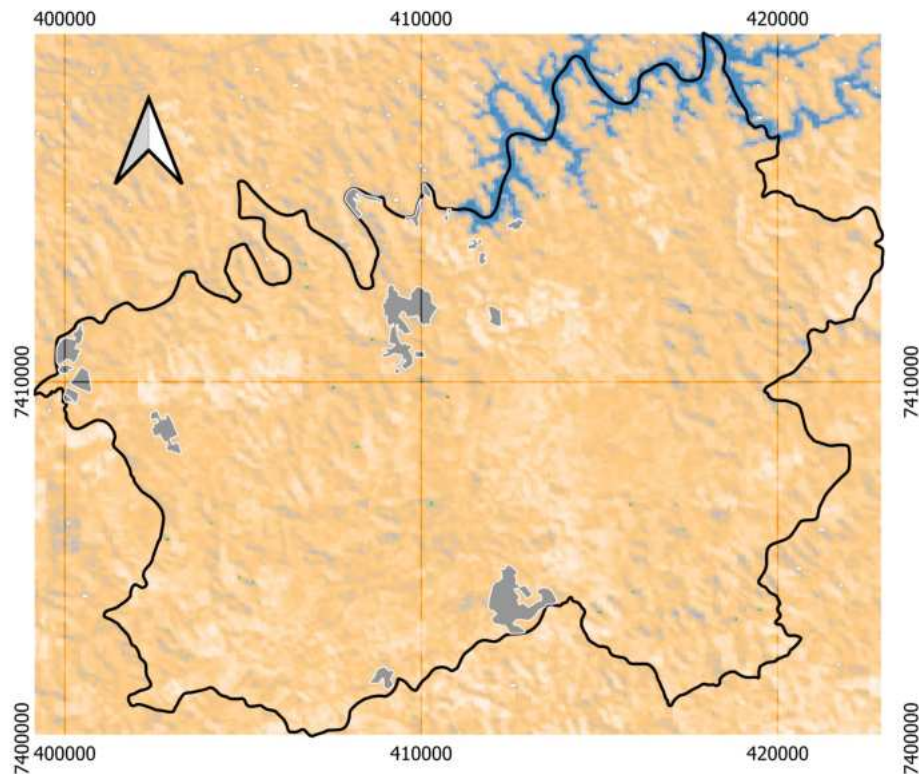
CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA
QGIS 3.4 - PUGIN DZTSAKA



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos
UNIRJ - UFMG - UFV - UFPA

EPSG: 3193 -SIRGAS 2000-UTM - ZONE 23S

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
CURSISTA: ALTAMIR C.R.DA FONSECA
ORIENTAÇÃO:
PROF.DRA. HELENA S.K. PINHEIRO
Fonte: CBERS4A - AWI
Escala: 1:35.000



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos
UFRRJ - UFRM - UFV - UFPA

SB_AREA_URBANIZADADA2022

NM_SANTA_BRANCA_3193

NDWI

COBERTURA DO SOLO

-0,6

-0,2

0,2

0,5

INTERVALO

CLASSE

-1.0 – 0.0

Solo exposto

0.0 – 0.2

Solo exposto

0.2 – 0.4

Vegetação rala /solo úmido

0.4 – 0.6

Água

EPSG: 3193 -SIRGAS 2000-UTM - ZONE 23S



uniSOLOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

COBERTURA VEGETAL -NDWI

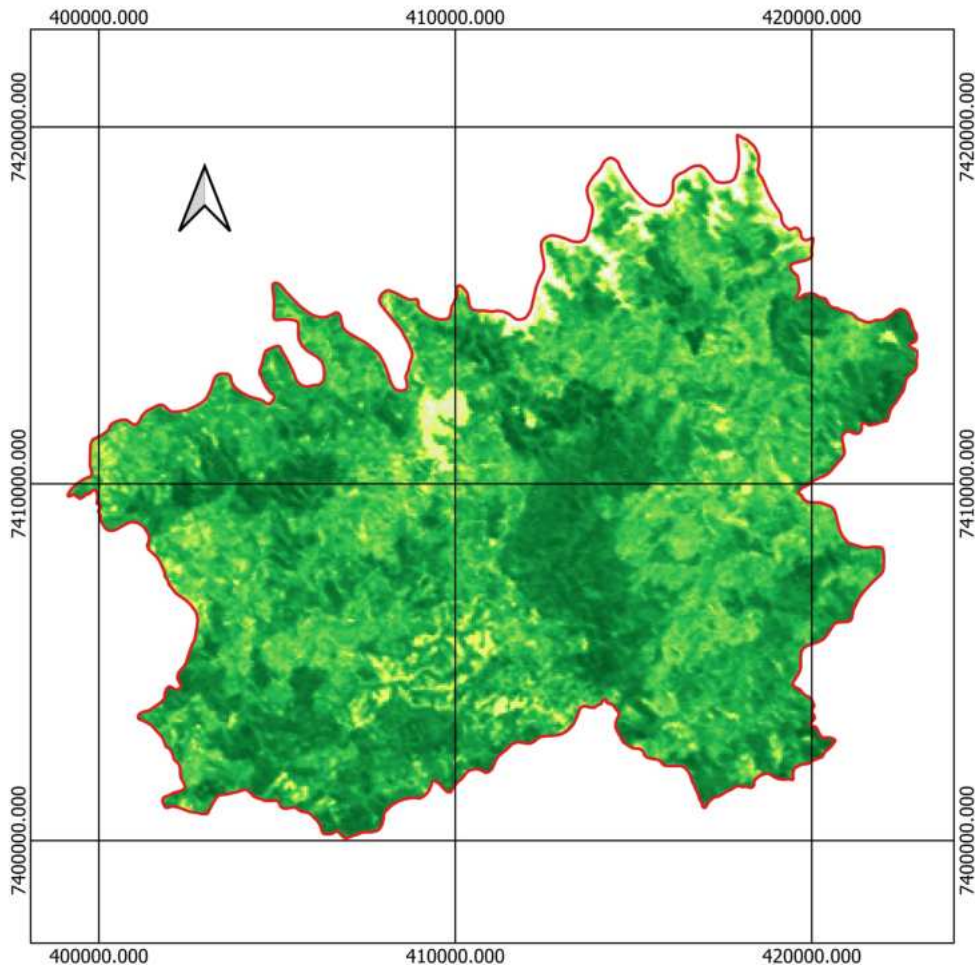
CURSISTA: ALTAMIR C.R.DA FONSECA

ORIENTAÇÃO:

PROF.DRA. HELENA S.K. PINHEIRO

Fonte: CBERS4A - AWI

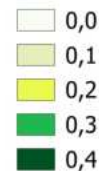
Escala:1:150.000



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos
 UFRJ - UFRS - UFV - UFPA

 NM_SANTA_BRANCA_3193

NDVI_Escala



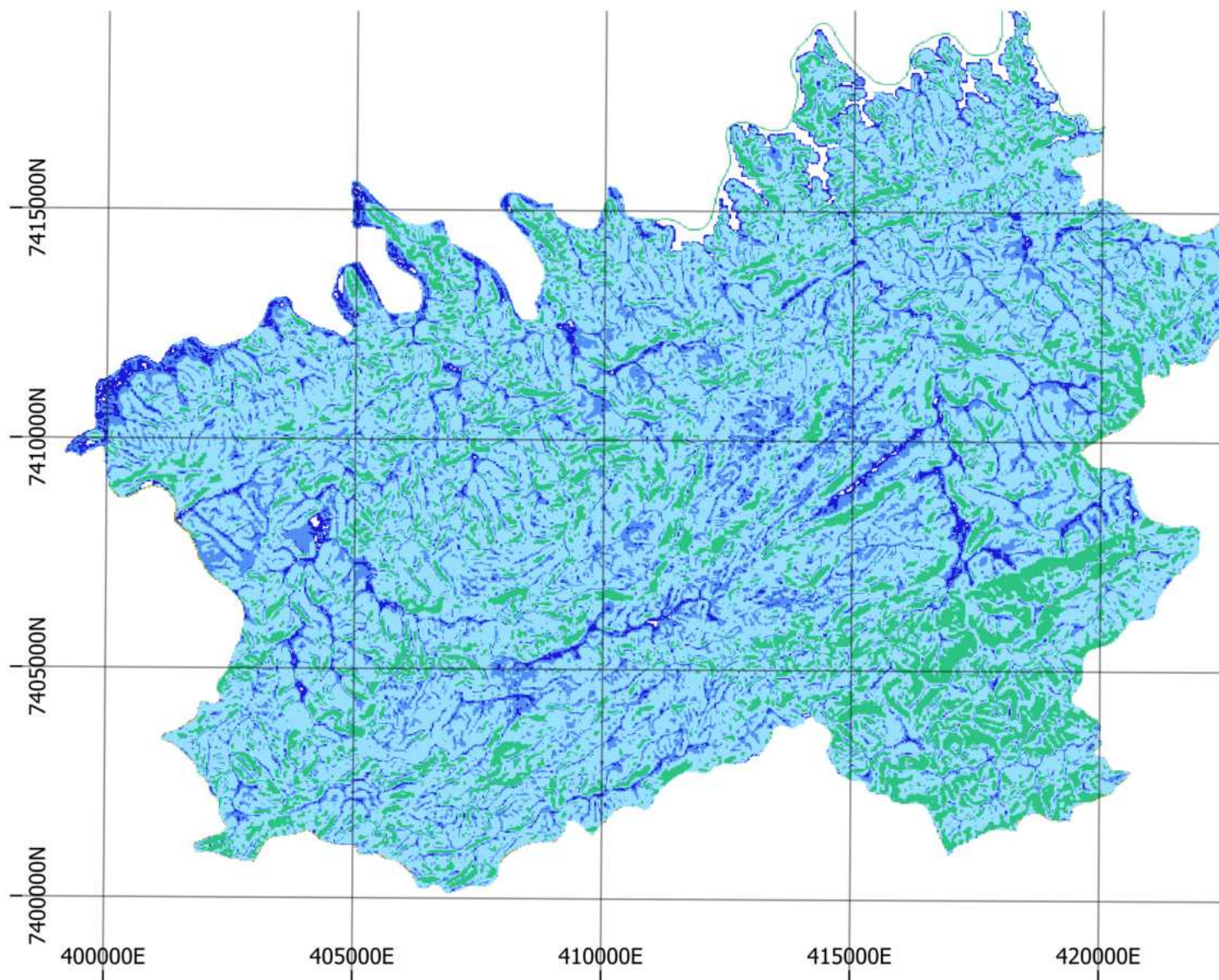
INTERVALO	CLASSE
-1.0 – 0.0	Água ou sombra
0.0 – 0.2	Solo exposto
0.2 – 0.4	Vegetação rala
0.4 – 0.6	Vegetação moderada
0.6 – 1.0	Vegetação densa

EPSG: 3193 -SIRGAS 2000-UTM - ZONE 23S



uniSOLOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
 COBERTURA VEGETAL - NDVI
 CURSISTA: ALTAMIR C.R.DA FONSECA
 ORIENTAÇÃO:
 PROF.DRA. HELENA S.K. PINHEIRO
 Fonte: CBERS4A - AWI
 Escala:1:150.000



0 1 2 km



EPSG:31983-SIRGAS 2000/ UTM: Zone 23S

DECLIVIDADE - CLASSIF. EMBRAPA

- 0-3% => Classe 1 (Plano)
- 3-8% => Classe 2 (Suave ondulado)
- 8-20% => Classe 3 (Ondulado)
- 20-45%=> Classe 4 (Forte ondulado)
- 45-75%=> Classe 5 (Montanhoso)
- >75% => Classe 6 (Escarpado)



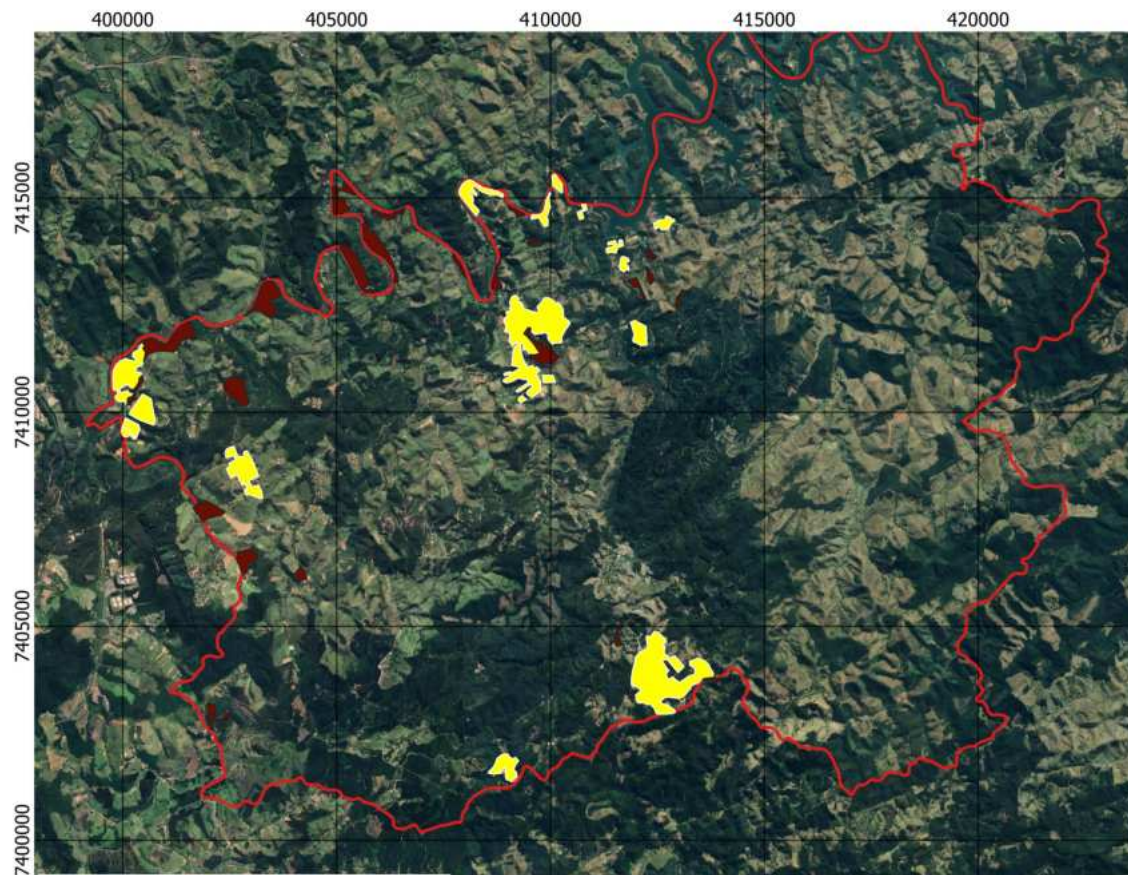
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos

UFRRJ - UFMG - UFV - UFPA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
 SANTA BRANCA-SP -DECLIVIDADE
 CURSISTA: ALTAMIR C.R.DA FONSECA
 ORIENTAÇÃO:
 PROF.DRA. HELENA S.K. PINHEIRO
 Fonte: SRTM - 30M - COPÉRNICO
 Escala: 1:100.000



UNISOLIS



NORTE

0 2,5 5 km

CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA
QGIS 3.4 - PUGIN DZTSAKA

EPSG: 3193 -SIRGAS 2000-UTM - ZONE 23S



UNISOLOS

- EXPANSÃO_URBANA-2025
- SB_AREA_URBANIZADADA2022
- SOBREPOSIÇÃO
- NM_SANTA_BRANCA_3193 copiar

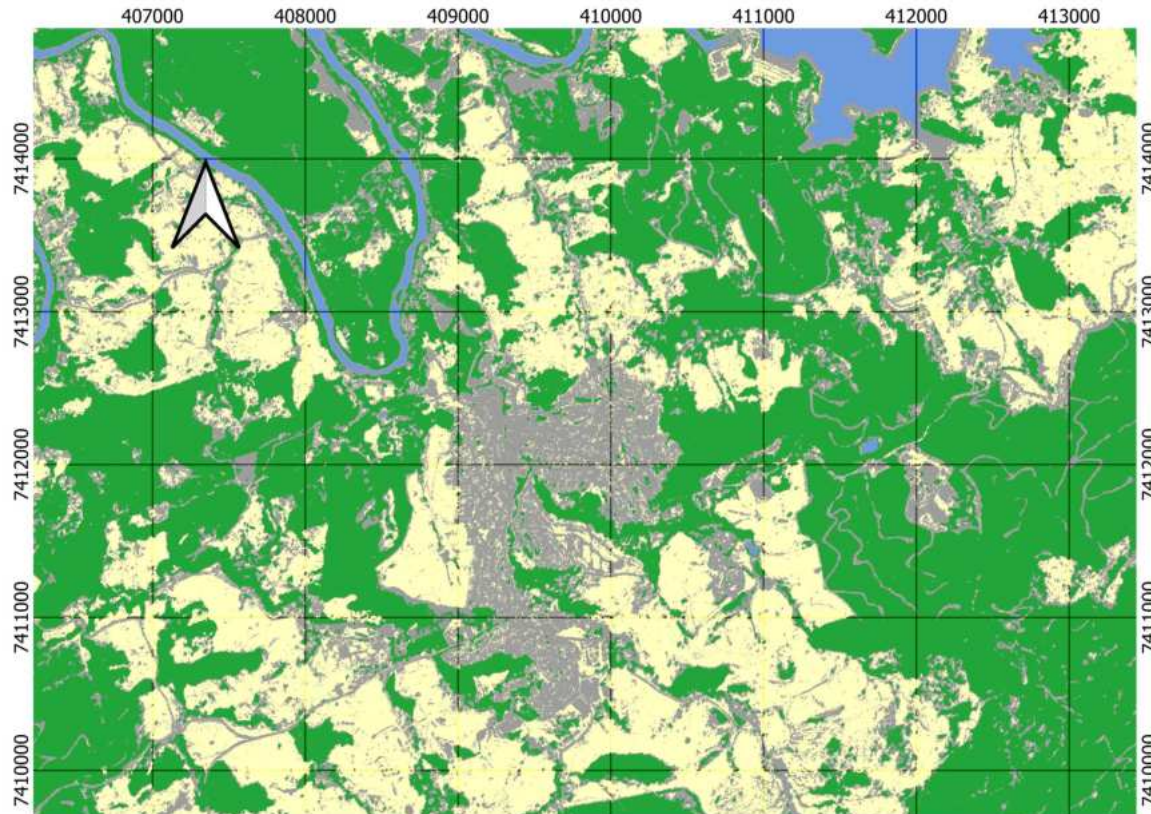
Google Satellite



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos

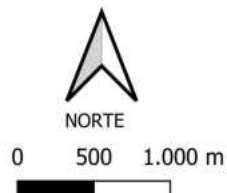
UFRRJ - UFPA - UFV - UFPA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
ÁREAS DE EXPANSÃO URBANA
CURSISTA: ALTAMIR C.R.DA FONSECA
ORIENTAÇÃO:
PROF.DRA. HELENA S.K. PINHEIRO
Fonte: CBERS4A - AWI
Escala:1:125.000



LEGENDA

- solo exposto
- vegetação
- água
- área urbanizada



CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA
QGIS 3.4 - PUGIN DZTSAKA



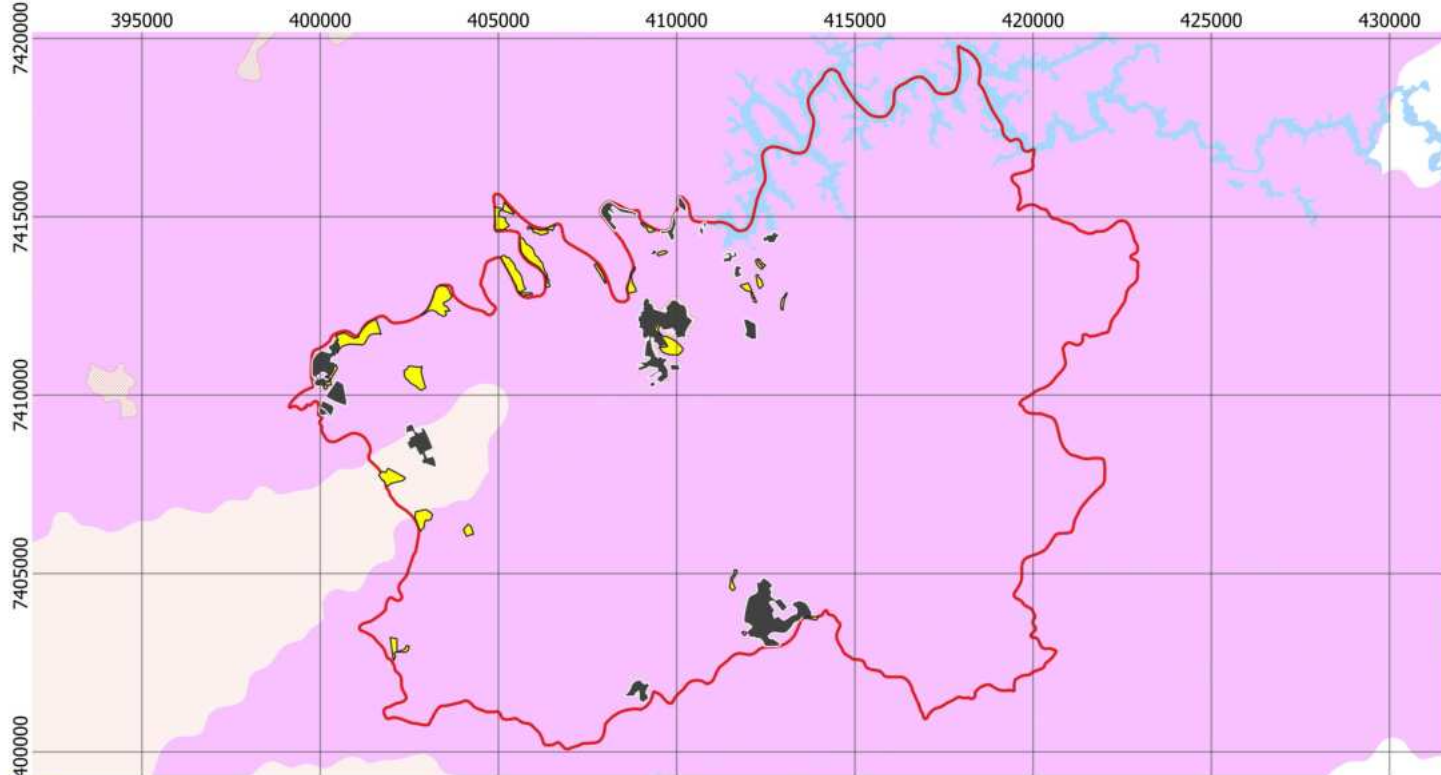
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos
UNRJ - UFMG - UFV - UFPA

EPSG: 3193 -SIRGAS 2000-UTM - ZONE 23S



UNISOLS

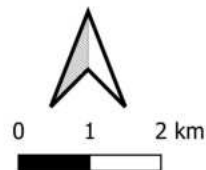
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
CURSISTA: ALTAMIR C.R.DA FONSECA
ORIENTAÇÃO:
PROF.DRA. HELENA S.K. PINHEIRO
Fonte: CBERS4A - AWI
Escala: 1:35.000



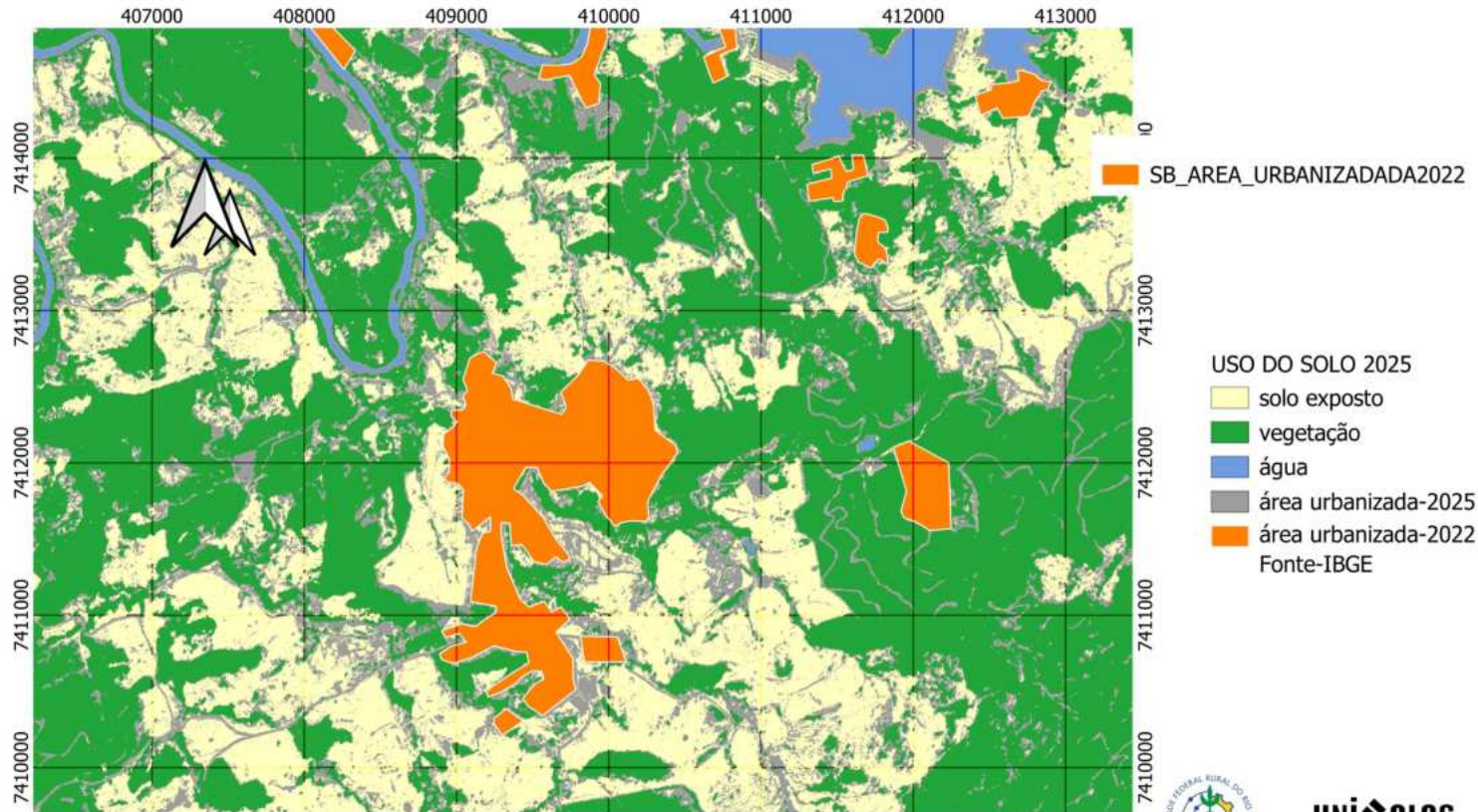
- EXPANSAO_URBANA-2025
- SB_AREA_URBANIZADA2022
- Santa_Branca_UTM

Pedologia UTM

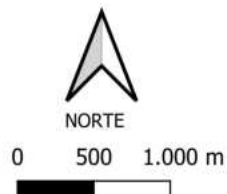
- PAd - Argissolo Amarelo Distrófico
- PVAa - Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico
- PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico
- Corpo d'água continental
- Área Urbana



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
 PEDOLOGIA
 E REAS DE EXPANSÃO URBANA
 CURSISTA: ALTAMIR C.R.DA FONSECA
 ORIENTAÇÃO:
 PROF.DRA. HELENA S.K. PINHEIRO
 Fonte: CBERS4A - AWI
 Escala:1:150.000



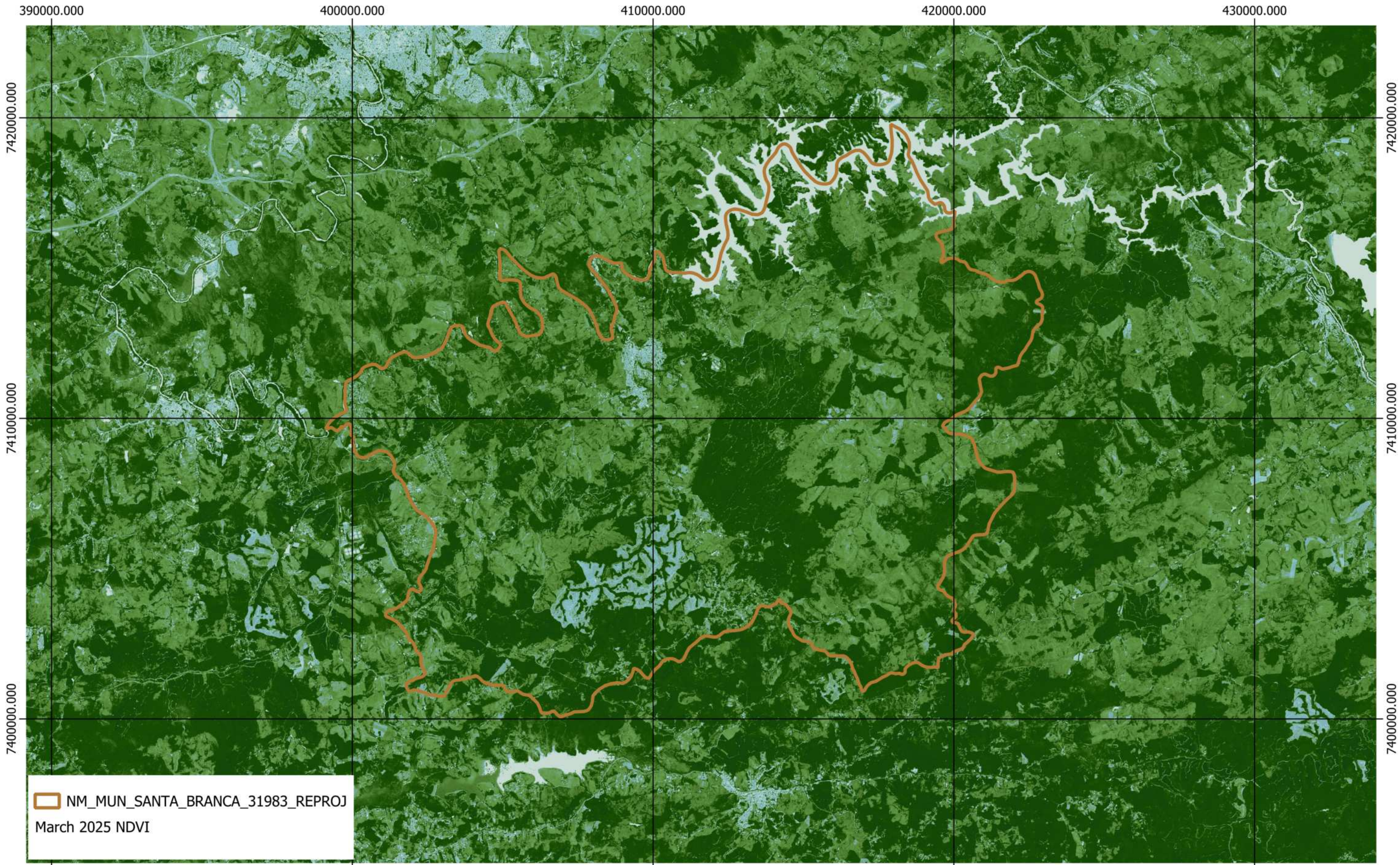
UNISOLS



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos
UFRRJ - UFRJ - UFV - UFPA

EPSG: 3193 -SIRGAS 2000-UTM - ZONE 23S

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
AMPLIAÇÃO DA ÁREA URBANA
CURSISTA: ALTAMIR C.R.DA FONSECA
ORIENTAÇÃO:
PROF.DRA. HELENA S.K. PINHEIRO
Fonte: CBERS4A - AWI
Escala: 1:35.000



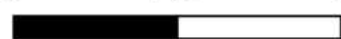
CD_MUN	NM_MUN	CD_RGI	NM_RGI	CD_RGINT	NM_RGINT	CD_UF	NM_UF	CD_REGIAO	NM_REGIAO	CD_CONCURB	NM_CONCURB	AREA_KM2
3546009	Santa Branca	350049	São José dos Campos	3511	São José dos Campos	35	São Paulo	3	Sudeste	3549904	São José dos Campos/SP	272,238

March 2025 NDVI
fonte: <https://prod-data.nimbo.earth/mapcache/tms/>
Provedor:wms



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos
UFRRJ - UFMG - UFV - UFPA

0 2,5 5 km



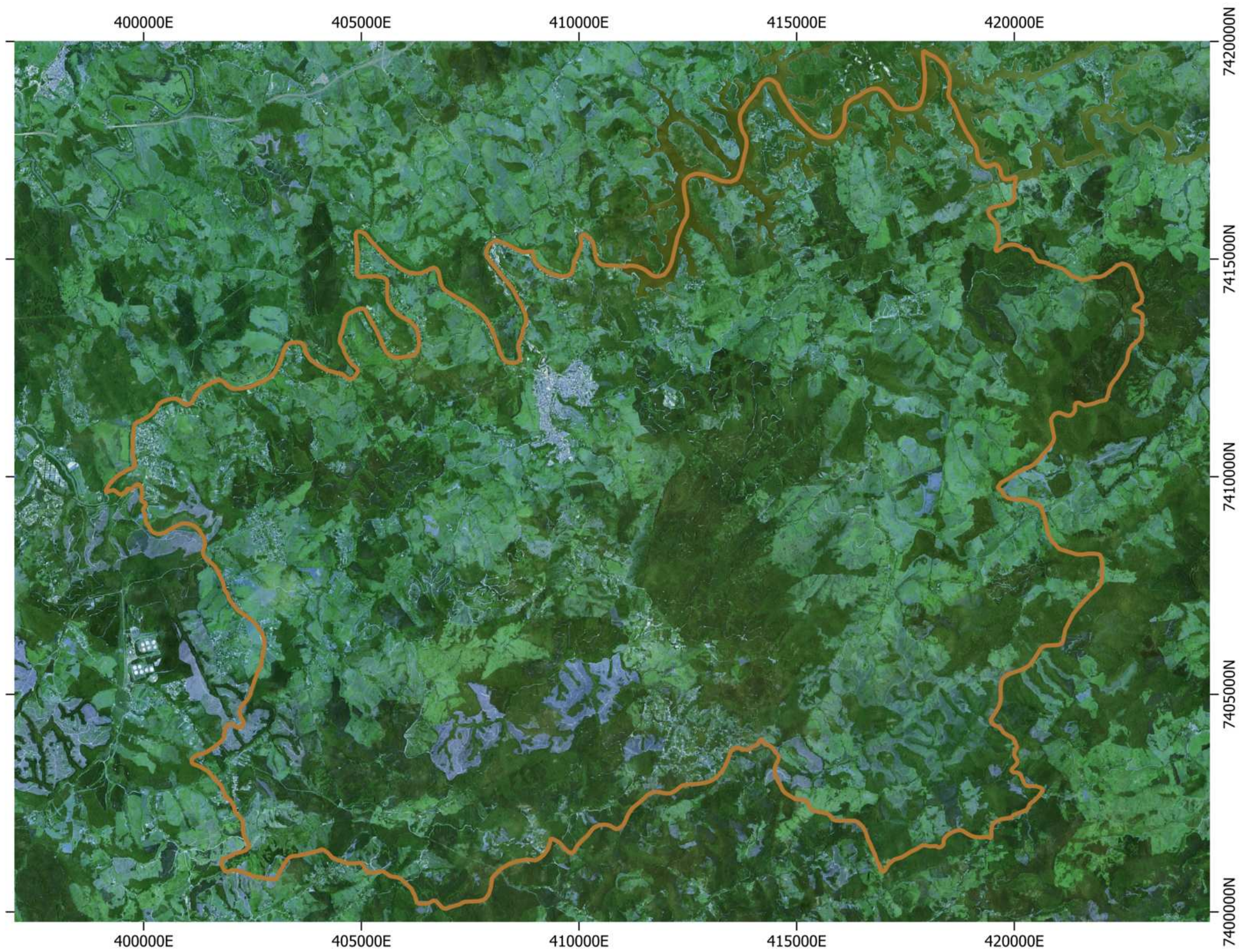
EPSG:31983-SIRGAS 2000/ UTM: Zone 23S



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
COBERTURA VEGETAL - NVDI
CURSISTA: ALTAMIR C.R.DA FONSECA
ORIENTAÇÃO:
PROF.DRA. HELENA S.K. PINHEIRO
Fonte: Nimbo Earth Maps,2025
Escala: indicada



UNISOLS



EPSG:31983-SIRGAS 2000/ UTM: Zone 23S



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO
Geoprocessamento, levantamento e
interpretação de solos
UFRRJ - UFMG - UFV - UFPA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
SANTA BRANCA-SP - RGB
CURSISTA: ALTAMIR C.R.DA FONSECA
ORIENTAÇÃO:
PROF.DRA. HELENA S.K. PINHEIRO
Fonte: Nimbo Earth Maps,2025
Escala: indicada



9. ANEXO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
COORDENADORIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA



ATA Nº 3598/2025 - CEAD (12.28.01.36)

Nº do Protocolo: 23083.040271/2025-97

Seropédica-RJ, 23 de julho de 2025.

ATA DE DEFESA

Aos dezesseis dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e cinco, às dez horas, através de web conferência, instalou-se a banca examinadora de Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, do cursista **Altamir Clodoaldo Rodrigues da Fonseca** sob a orientação da professora **Helena Saraiva Koenow Pinheiro**. A banca examinadora foi composta pelos pesquisadores **Leonardo Durval Duarte Guimarães** e **Niriele Bruno Rodrigues**. A defesa do TCC intitulado "**Zoneamento Territorial e Uso do Solo em Cidades de Pequeno Porte: Protocolo Normativo com Geotecnologias Integradas**", foi iniciada às dez horas e teve a duração de vinte minutos de apresentação seguida da avaliação pela banca. O cursista, após avaliado pela banca examinadora obteve o resultado:

(X) APROVADO, devendo o cursista proceder a eventual revisão solicitada pela supervisora e /ou pela banca, e entregar a versão final em até 15 dias à coordenação do Curso.

() NÃO APROVADO.

Seropédica, 16 de julho de 2025.

Leonardo Durval Duarte Guimarães

Primeiro Examinador

Niriele Bruno Rodrigues

Segunda Examinadora

Helena Saraiva Koenow Pinheiro

Presidente

Altamir Clodoaldo Rodrigues da Fonseca

Cursista

(Assinado digitalmente em 23/07/2025 15:07)
HELENA SARAIVA KOENOW PINHEIRO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptS (12.28.01.00.00.33)
Matricula: ###236#S

(Assinado digitalmente em 23/07/2025 15:35)
LEONARDO DURVAL DUARTE GUIMARAES
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DeptS (12.28.01.00.00.33)
Matricula: ###205#I



(Assinado digitalmente em 23/07/2025 21:11)
ALTAMIR CLODOALDO RODRIGUES DA FONSECA
DISCENTE
Matricula: 2024#####6

(Assinado digitalmente em 23/07/2025 14:25)
NIRIELE BRUNO RODRIGUES
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.797-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: 3598, ano: 2025, tipo: ATA, data de emissão: 23/07/2025 e o código de verificação: e390cd6824