

UFRRJ

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

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Detecção de Processos Erosivos em Mato Grosso
Utilizando o Classificador *Random Forest***

Amanda Ribeiro Correa

2025



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

**Detecção de Processos Erosivos em Mato Grosso Utilizando o Classificador
*Random Forest***

AMANDA RIBEIRO CORREA

*Sob a Supervisão do Professor
Gustavo Souto Perdigão Granha*

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

Seropédica, RJ
Abril de 2025



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

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

C823d Correa, Amanda Ribeiro, 1990 Detecção de processos erosivos em Mato Grosso utilizando o classificador Random Forest / Amanda Ribeiro Correa. - Cuiabá, 2025.
18 f.: il.

Orientador: Gustavo Souto Perdigão Granha.
Trabalho de conclusão de curso(Especialização) . --
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / Curso de especialização em geoprocessamento, levantamento e interpretação de solos, 2025.

1. Geoprocessamento. I. Granha, Gustavo Souto Perdigão, 1975-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / Curso de especialização em geoprocessamento, levantamento e interpretação de solos III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me proporcionou o conhecimento necessário para a realização deste trabalho;

À minha família, pelo apoio em todo o processo;

À Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro;

Ao orientador, professor Gustavo Granha pela compreensão e contribuição ao longo do trabalho;

Aos amigos Joelson Cardozo, Dione Castro e Jeneffer Mamede pelo apoio na pesquisa;

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

RESUMO

DETECÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS EM MATO GROSSO UTILIZANDO O CLASSIFICADOR *RANDOM FOREST*

Correa, Amanda Ribeiro. **Detecção de Processos Erosivos em Mato Grosso Utilizando o Classificador *Random Forest*.** 2025. 20f. 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.

O geoprocessamento é uma ferramenta indispensável para o avanço na proteção ambiental. O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de mapear as erosões existentes nos municípios de Alto Taquari e Alto Araguaia, localizados no estado de Mato Grosso. Para isso foi realizada inspeção visual por meio de imagens de satélite de alta resolução para identificação de erosões no município de Alto Taquari. A partir daí foi realizada amostragem das erosões existentes, bem como da vegetação, hidrografia, uso do solo e declividade. Utilizou-se a classificação supervisionada por meio da ferramenta *Dzetsaka* no software QGIS para geração do mapa de classificação. A validação dos dados amostrados foi realizada no município de Alto Araguaia, gerando o mapeamento automático das erosões existentes no município. A acurácia geral da classificação foi de 0,87, com desvio padrão de 3,5%. O mapa gerado tem importância na análise do cadastro ambiental rural – CAR, contribuindo para a proteção ambiental.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Cadastro Ambiental Rural. *Dzetsaka*.

ABSTRACT

DETECTION OF EROSION PROCESSES IN MATO GROSSO USING RANDOM FOREST CLASSIFICATION

Correa, Amanda Ribeiro. **Detection of erosion processes in Mato Grosso using random forest classification.** 2025. 20p. 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.

Geoprocessing is an indispensable tool for advancing environmental protection. This study was developed with the aim of mapping existing erosions in the Alto Taquari and Alto Araguaia cities, located in the state of Mato Grosso. For this purpose, visual inspection was carried out using high-resolution satellite images to identify erosions in the municipality of Alto Taquari. From there, sampling of existing erosions was carried out, as well as vegetation, hydrography, land use and slope. Supervised classification was used using the Dzetsaka tool in the QGIS software to generate the classification map. Validation of the sampled data was carried out in the city of Alto Araguaia, generating automatic mapping of existing erosions in the city. The overall classification accuracy was 0.87, with a standard deviation of 3.5%. The generated map is important in the automatic analysis of the rural environmental registry – CAR, contributing to environmental protection.

Keywords: Geoprocessing. Rural Environmental Registry. *Dzetsaka*.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	1
2. JUSTIFICATIVA.....	2
3. APlicabilidade.....	3
3.1 Área de estudo	3
3.2 Coleta de Dados Geoespaciais e Processamento das Imagens de Satélite.....	3
3.3 Inspeção prévia e Identificação de Erosão.....	4
3.4 Classificação Supervisionada	4
3.5 Validação para o município de Alto Araguaia	5
3.6 Avaliação da acurácia da classificação	5
4. PROTÓTIPO	6
5. RECOMENDAÇÕES DE APLICAÇÃO.....	9
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	10
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
8. APÊNDICES	12

1. APRESENTAÇÃO

Nos últimos anos, as intensas atividades agrícolas têm acelerando a degradação do solo e diminuído a sua qualidade, como é o caso da erosão, que contribui para a perda de nutrientes e matéria orgânica do solo. A erosão ainda reduz a umidade do solo, resultando em uma maior suscetibilidade à seca. Vários estudos têm encontrado relação entre a redução da qualidade do solo associada com o aumento da erosão, tal como Fang et al., 2024; Mandal et al., 2021; Jin et al., 2021.

A erosão do solo em cultivos agrícolas é considerada um dos problemas ambientais mais sérios do mundo (Straffelini et al., 2022) e necessita que as políticas públicas tenham maior rigor na detecção e monitoramento das áreas com presença de processos erosivos. Cabe aos órgãos ambientais o mapeamento e a fiscalização das áreas degradadas, para que medidas de proteção sejam tomadas.

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) foi instituído como instrumento essencial no controle e monitoramento ambiental, permitindo o mapeamento das propriedades rurais, com a finalidade de identificação de áreas degradadas, para intervenção. No entanto, a análise do CAR exige a utilização de tecnologias avançadas de geoprocessamento para detecção precisa das áreas degradadas, especialmente locais com presença de erosão do solo.

Nesse contexto, o sensoriamento remoto é uma ferramenta importante na proteção ambiental, pois possibilita o monitoramento espaço-temporal da paisagem com precisão e pode ainda ser utilizada para estimar alterações de variáveis ambientais utilizando ferramentas como a modelagem estatística e classificadores supervisionados. Inúmeras pesquisas utilizaram essas ferramentas na predição de variáveis ambientais (Bezerra et al., 2020; Oliveira & Martini, 2024; Fang et al., 2022).

Dessa forma, o sensoriamento remoto pode subsidiar a análise do CAR, tal como fornecer mapas e bases de referência, os quais são fundamentais para detecção de degradação do solo, especialmente as bases que indiquem os processos erosivos.

O objetivo é desenvolver um mapa temático em formato raster para a representação de processos erosivos, a partir do uso de análise espacial por sensoriamento remoto nos municípios de Alto Taquari e Alto Araguaia, localizados na região sudeste de Mato Grosso. O produto desenvolvido servirá como base de referência para análise do CAR no estado, contribuindo para a mitigação da degradação e proteção ambiental.

2. JUSTIFICATIVA

O geoprocessamento é uma ferramenta eficaz na predição de fenômenos do meio ambiente, como o uso de modelagem geoestatística, interpoladores e classificadores, amplamente utilizados em estudos ligados ao solo.

Sabe-se que a coleta de dados “in loco” é oneroso e na maioria das vezes impossibilita o estudo em áreas muito extensas, por esse motivo o uso de classificadores geoestatísticos tem a função de predizer eficientemente dados que não poderiam ser coletados.

Os processos erosivos são um tipo de degradação relativamente lento, muitas vezes perceptíveis por imagem de satélite, dependendo do nível e do tamanho da degradação. Dessa forma, o uso de classificação supervisionada por aprendizado de máquina pode ser útil para a detecção automática de processos erosivos em uma maior área de abrangência. O mapeamento de processos erosivos visa a eficiência na proteção ambiental, bem como estabelecer a quantificação de erosões já instaladas no estado, assim como recurso relevante para a tomada de decisões do poder público.

Os arquivos matriciais ou raster têm sido uma estrutura adotada na identificação e monitoramento de áreas de risco ambiental. O formato raster é essencial na representação de dados contínuos em Sistemas de Informações Geográficos (SIGs), permitindo a análise detalhada de fenômenos ambientais como erosão, desmatamento e alterações no uso da terra (Silva et al., 2020). A utilização de imagens de satélite e modelos digitais de elevação (MDE) possibilita a criação de camadas de dados que facilitam a interpretação espacial e temporal de processos erosivos. Além disso, a integração de dados raster com outros bancos de dados, como o CAR, permite uma análise mais robusta das condições ambientais das propriedades rurais.

3. APPLICABILIDADE

3.1 Área de estudo

A área de estudo envolveu os municípios de Alto Taquari e Alto Araguaia, localizados na região sudeste do estado de Mato Grosso, região central do Brasil, nas coordenadas de referência $53^{\circ}23'30,313''W$ $17^{\circ}44'47,926''S$, conforme Figura 1. A área é constituída pela transição entre relevo plano, até declivoso, o que favoreceu a existência de dados para a coleta e desenvolvimento do estudo.

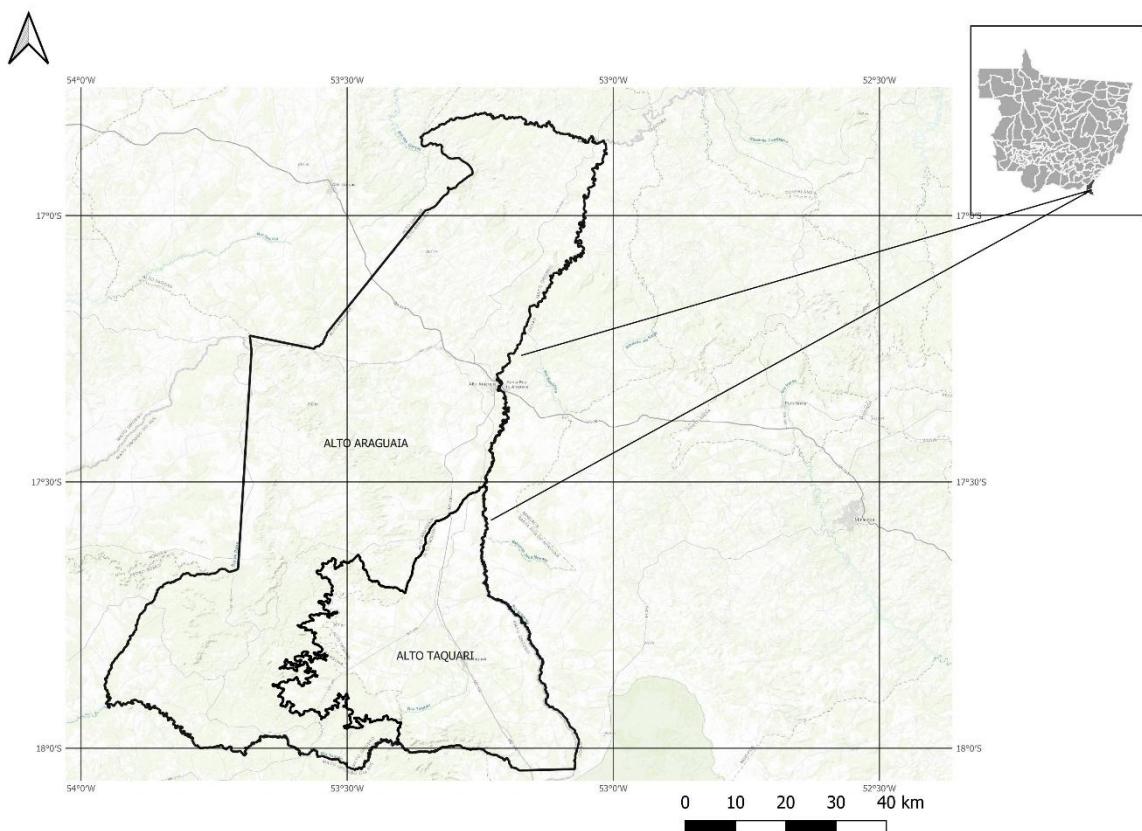


Figura 1 – Mapa da área de estudo, municípios de Alto Taquari e Alto Araguaia, localizados no estado de Mato Grosso. Fonte: Autoria própria.

3.2 Coleta de Dados Geoespaciais e Processamento das Imagens de Satélite

Foram utilizadas diversas imagens SENTINEL 2 L2A do ano de 2023, adquiridas gratuitamente por meio da plataforma Copernicus Browser. Após a aquisição das imagens, foi realizada a junção das bandas com a definição para o desenvolvimento do estudo das bandas 4, 3, 2, com a finalidade de gerar dados de erosões mais contrastados e mapeamento mais preciso.

Em seguida foi realizada a mesclagem e recorte das imagens para os limites dos municípios de estudo. O software utilizado para a processamento das imagens foi o QGIS, versão 3.16 e 3.40.

3.3 Inspeção prévia e Identificação de Erosão

Com base em imagens de satélite de alta resolução obtidas por Esri Satélite e Google Earth foi realizada uma inspeção prévia para a identificação de processos erosivos instalados ao longo do perímetro do município de Alto Taquari-MT. Foram escolhidas áreas de erosão em tamanho visível e suficiente para amostragem na próxima etapa.

3.4 Classificação Supervisionada

Após a análise prévia das imagens de satélite e detecção de processos erosivos instalados, foi realizada a amostragem das erosões e outras classes ao longo do município, conforme Figura 2. Tendo em vista a complexidade e a diversidade dos elementos ambientais das regiões mato-grossenses, no processo de amostragem foram separadas as seguintes classes: 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, definidas como erosão, água, cerrado denso, cerrado, agricultura, área urbana e áreas de declividade, respectivamente.

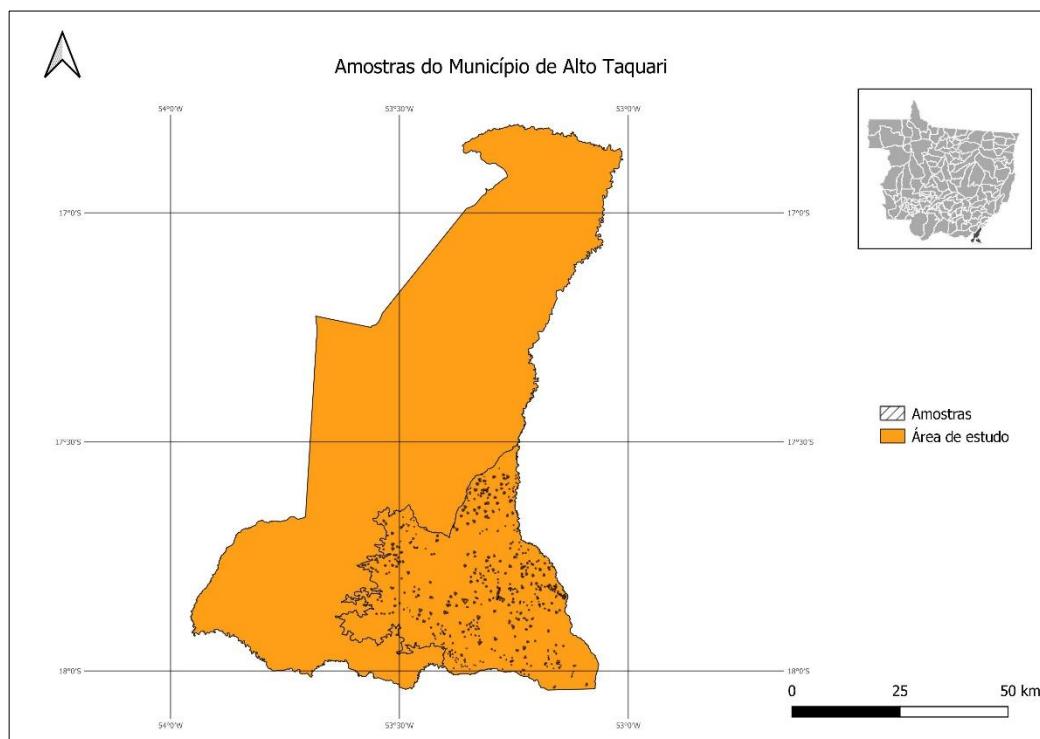


Figura 2 – Localização das amostras no município de Alto Taquari-MT. Fonte: Autoria própria.

Após definidas as classes realizou-se a classificação supervisionada utilizando a ferramenta *Dzetzaka classification tool* (Karasiak, 2016), com o algoritmo de classificação

Random Forest. A ferramenta trata-se de um complemento do software QGIS que utiliza algoritmos de classificação baseados em aprendizado de máquina.

Após o procedimento, gerou-se o mapa de classificação supervisionada para o município de Alto Taquari-MT.

3.5 Validação para o município de Alto Araguaia

De posse das amostras e mapa gerado para o município de Alto Taquari, foi realizada nova classificação supervisionada abrangendo o município de Alto Araguaia-MT, com a finalidade de obter a validação e eficiência na classificação de áreas não amostradas no município vizinho.

3.6 Avaliação da acurácia da classificação

Foi utilizado o plugin AcAtaMa como complemento ao QGIS para avaliação da acurácia da classificação, considerando o erro igual a 0,05, ou 5%. Para isso foram conferidos os pontos gerados automaticamente pelo plugin via imagens de satélite de alta resolução.

4. PROTÓTIPO

Após realizada a classificação supervisionada no município de Alto Taquari e validação no município vizinho de Alto Araguaia, o mapa gerado pode ser visualizado na figura 3.

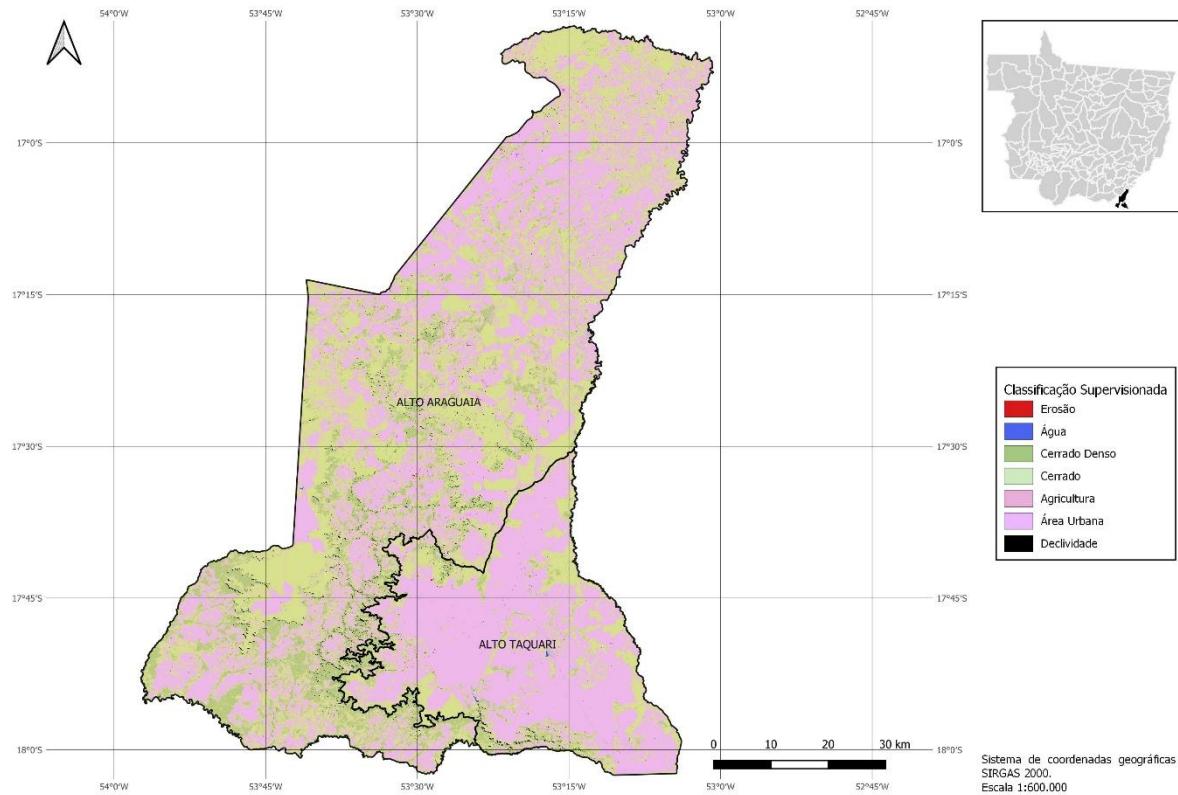


Figura 3 – Mapa da classificação supervisionada nos municípios de Alto Taquari e Alto Araguaia, abrangendo as classes de erosão, vegetação, hidrografia, uso do solo e declividade. Fonte: Autoria própria.

É possível verificar que nos municípios estudados as áreas agrícolas predominam, especialmente em Alto Taquari. Já no caso das erosões, em menor escala, as características das áreas amostradas no mesmo município podem ser visualizadas na figura 4.

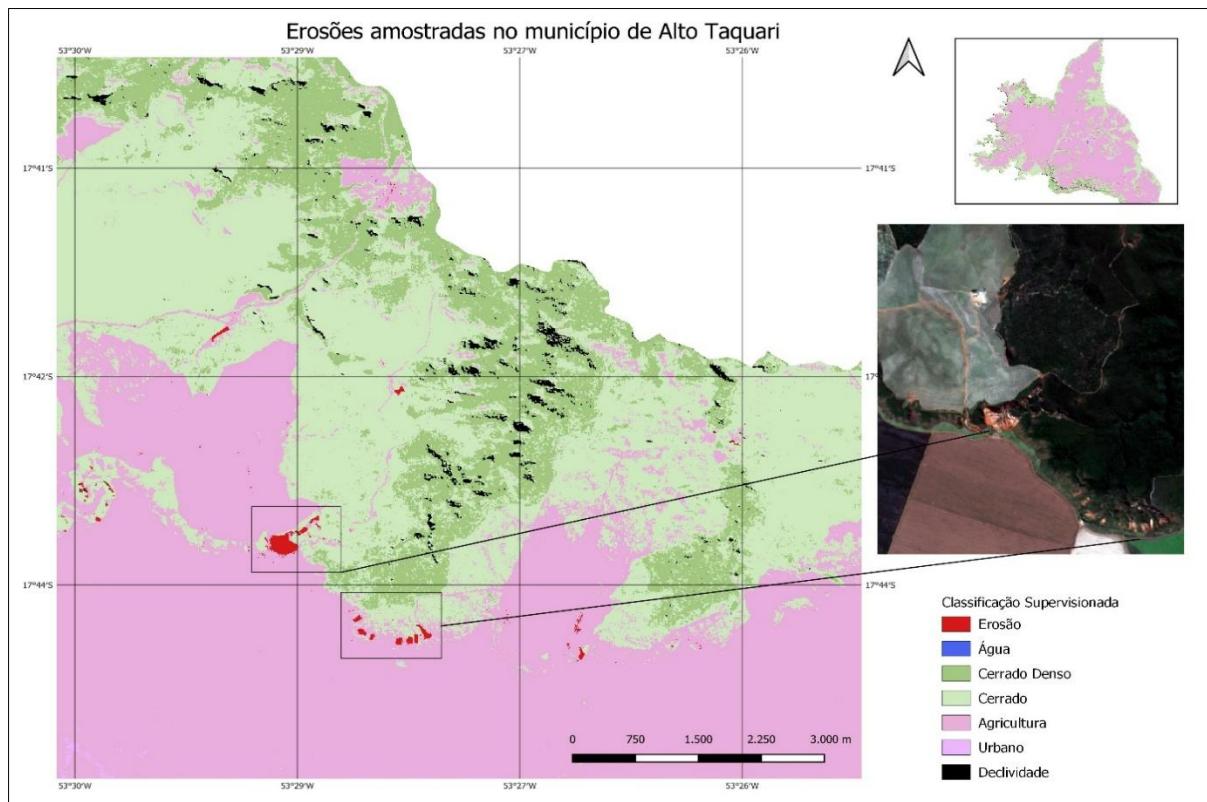


Figura 4 – Características de áreas identificadas e amostradas como processos erosivos no município de Alto Taquari-MT. Fonte: Autoria própria.

Por meio da inspeção visual em imagens de satélite de alta resolução, pode-se visualizar com maior eficácia os aspectos das áreas com presença de erosão que foram amostradas (Figura 5).



Figura 5 – Detalhamento de erosões amostradas no município de Alto Taquari utilizando imagens de alta resolução. Fonte: Autoria própria.

De acordo com a validação realizada no município vizinho de Alto Araguaia, é possível verificar que extensas áreas de declividade existentes no município foram eficientemente identificadas pela classificação, como áreas de erosão (Figura 6).

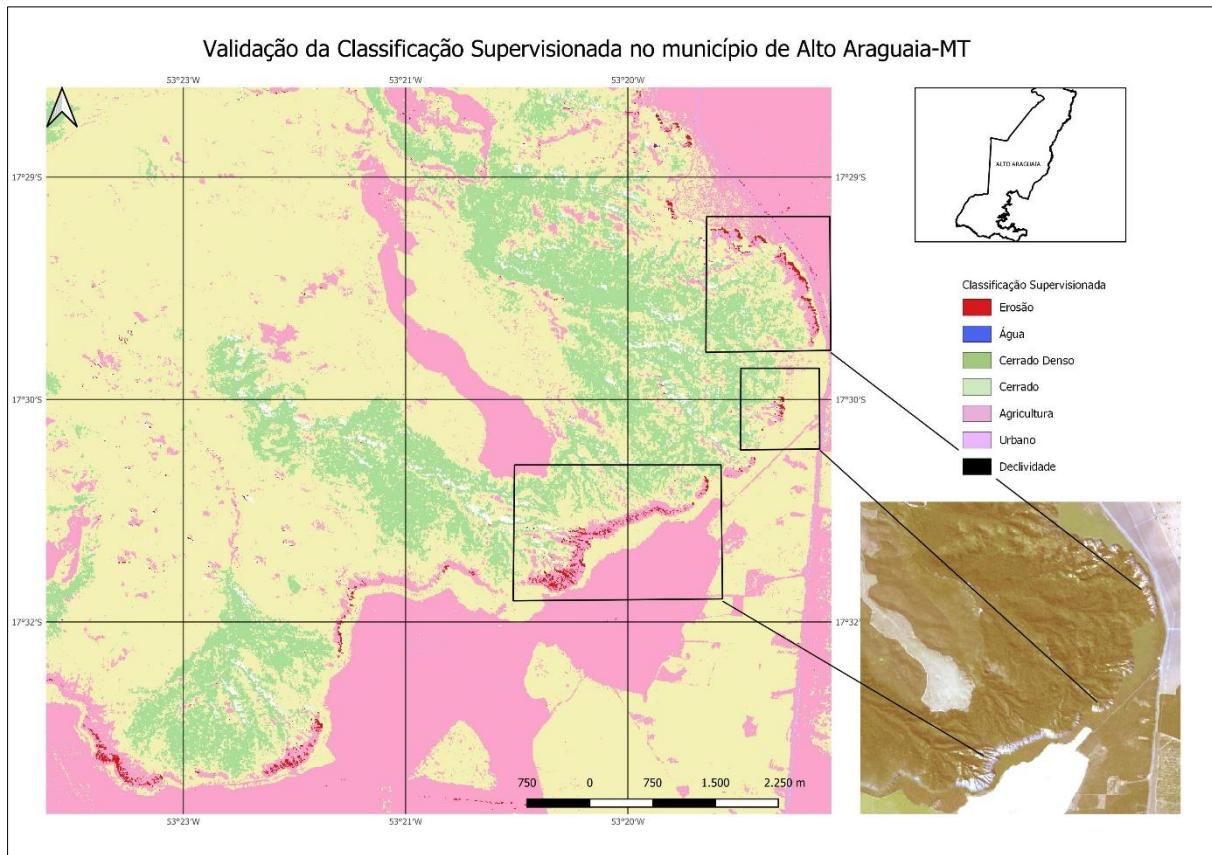


Figura 6 – Classificação supervisionada automática em áreas não amostradas de erosões no município de Alto Araguaia-MT. Fonte: Autoria própria.

O detalhamento das erosões existentes identificadas automaticamente pela classificação supervisionada pode ser visualizado na imagem de alta resolução de satélite (Figura 7). Dessa forma foi possível verificar a possibilidade de mapear áreas de erosões automaticamente utilizando a ferramenta de classificação supervisionada.

De acordo com o mapa final, nota-se que as erosões existentes identificadas em inspeção visual foram corretamente classificadas pelo método. No entanto, para algumas reduzidas áreas úmidas ou de declividade e sem a ocorrência de erosões, as quais apresentaram aspecto diferente das amostradas no município de Alto Taquari, houve menor eficiência no método, classificando-as como erosão.



Figura 7 – Detalhamento de erosões validadas no município de Alto Araguaia na classificação automática utilizando imagens de alta resolução. Fonte: Autoria própria.

O valor da acurácia geral obtida para o mapa final dos municípios de Alto Taquari e Alto Araguaia foi de 0,87, com erro padrão igual a 3,5%, o que indica que a ferramenta de classificação pode ser considerada válida para uso, com desempenho satisfatório em termos de classificação e precisão.

5. RECOMENDAÇÕES DE APLICAÇÃO

De acordo com os produtos desenvolvidos neste trabalho pretendeu-se fornecer o mapeamento de erosões presentes nos municípios de Alto Taquari e Alto Araguaia no estado de Mato Grosso. A partir do conhecimento das erosões já instaladas mostradas nos mapas, a análise da situação dos imóveis nesses municípios pode ser mais rápida e precisa, uma vez que devido à complexidade dos imóveis rurais, as erosões podem muitas vezes passarem desapercebidas e não serem detectadas em análise manual.

Da mesma forma, com o advento da automatização de análises de CAR no estado de Mato Grosso, a detecção automática de processos erosivos por meio do mapeamento prévio é indispensável para a proteção ambiental. Desse modo, cadastros de imóveis com áreas erodidas podem ser automaticamente detectados e reprovados, a fim de possibilitar o monitoramento da degradação das erosões no Mato Grosso.

Este trabalho, portanto, pode contribuir tanto para o processo de análise manual, quanto também na automatização das análises do cadastro ambiental rural, atentando-se para a importância de se considerar os processos erosivos na análise automatizada. Os processos erosivos são um dos principais problemas ambientais recorrentes do uso intensivo do solo, agravados pelas práticas ineficientes de conservação e necessitam urgente de monitoramento mais eficiente do poder público estadual para providências quanto a recuperação ambiental.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o mapa de classificação automática desenvolvido é possível identificar os principais processos erosivos instalados nos municípios de Alto Taquari e Alto Araguaia-MT. Por toda a extensão classificada verifica-se a eficiência na detecção de processos erosivos instalados, com exceção de poucas áreas automaticamente classificadas como erosão, não identificadas em inspeção visual.

Sabe-se que as áreas rurais no estado de Mato Grosso são extensas e apresentam diferenças mesmo entre as classes de vegetação, áreas agrícolas, existência de áreas úmidas, podendo gerar inúmeros dados e diferentes aspectos nas imagens de satélite, o que reduz a eficiência na classificação automática.

A partir deste trabalho, recomenda-se a expansão do mapeamento para outros municípios do estado de Mato Grosso, a fim de tornar mais eficiente o monitoramento ambiental das erosões no estado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, A. C.; SILVA, J. L. B.; SILVA, D. A. O.; BATISTA, P. H. D.; PINHEIRO, L. C.; LOPES, P.M.O.; MOURA, G. B. A. Monitoramento Espaço-Temporal da Detecção de Mudanças em Vegetação de Caatinga por Sensoriamento Remoto no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 01, p. 286-301, 2020.

FANG, H., ZHAI, Y.; LI, C. Evaluating the impact of soil erosion on soil quality in an agricultural land, northeastern China. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 15629, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65646-5>. Acesso em: 20 nov. 2024.

JIN, H. F. ET AL. Evaluation of the quality of cultivated-layer on different degrees of erosion in sloping farmland with purple soil in China. **Catena**, v. 198, p. 105048. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.105048>. Acesso em: 31 mai. 2025.

KARASIAK, Nicolas. (2016) **Dzetsaka Qgis Classification plugin**. Disponível em: <https://github.com/nkarasiak/dzetsaka>. Acesso em: 16 mar. 2025.

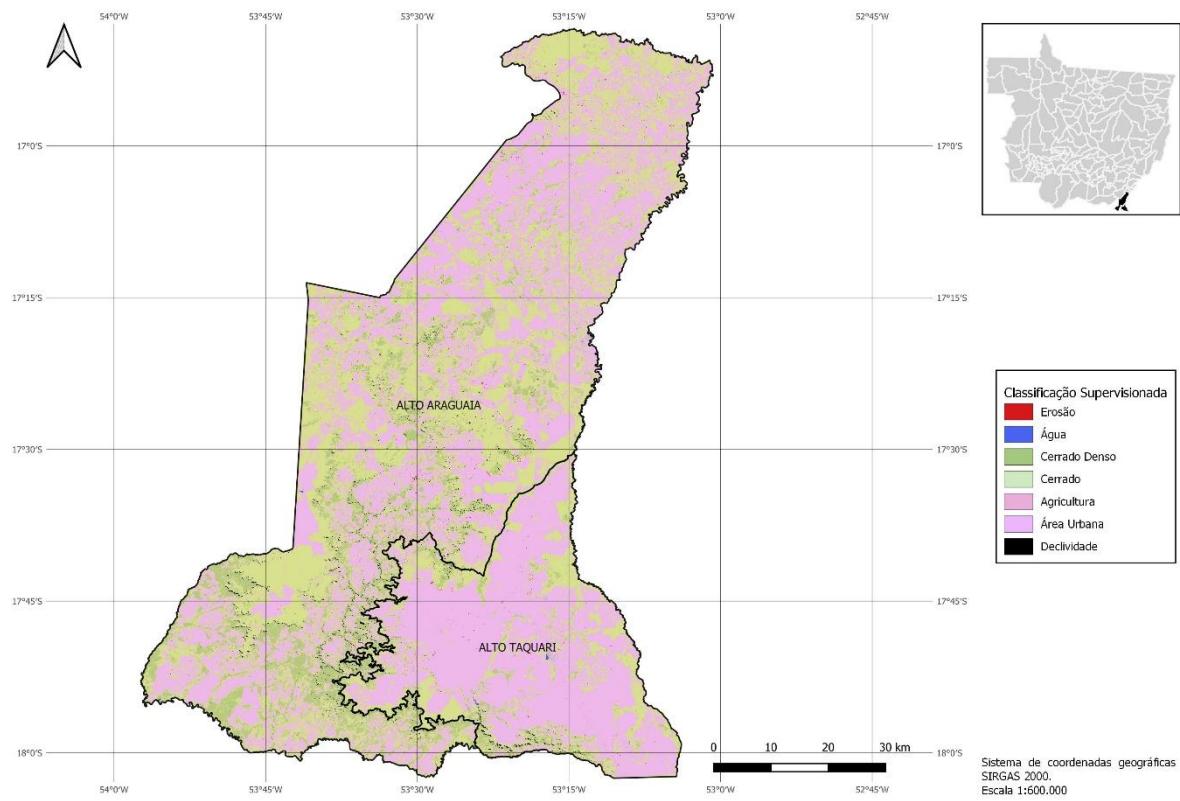
MANDAL, D.; CHANDRAKALA, M.; ALAM, N. M; MANDAL, U. Assessment of soil quality and productivity in different phases of soil erosion with the focus on land degradation neutrality in tropical humid region of India. **Catena**, v. 204, p. 105440, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105440>. Acesso em: 15 mar. 2025.

OLIVEIRA, G. T. D.; MARTINI, L. C. P. **Avaliação da área cultivada de soja em Abelardo Luz (SC) por classificação supervisionada usando imagens do satélite Sentinel-2**, 2024. 16 p. Trabalho de Conclusão de Curso.

STRAFFELINI, E.; PIJL, A.; OTTO, S.; MARCHESINI, E.; PITACCO, A. A high-resolution physical modelling approach to assess runoff and soil erosion in vineyards under different soil managements. **Soil and Tillage Research**, v. 222, p. 105418, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105418>. Acesso em: 04 abr. 2025.

8. APÊNDICES

Apêndice A: Mapa de Classificação Supervisionada para os municípios de Alto Taquari e Alto Araguaia -MT



ATA Nº 3646/2025 - CEAD (12.28.01.36)

Nº do Protocolo: 23083.040650/2025-87

Seropédica-RJ, 25 de julho de 2025.

ATA DE DEFESA

Aos dezessete dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e cinco, às dezessete horas, através de web conferência, instalou-se a banca examinadora de Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, da cursista **Amanda Ribeiro Correa** sob a orientação do professor **Gustavo Souto Perdigão Granha**. A banca examinadora foi composta pelos professores/pesquisadores **Niriele Bruno Rodrigues** e **Vitor Oliveira de Vasconcelos**. A defesa do TCC intitulado "**Detecção de Processos Erosivos em Mato Grosso Utilizando a Classificação Supervisionada**", foi iniciada às dezessete horas e teve a duração de vinte minutos de apresentação seguida da avaliação pela banca. A cursista, após avaliada pela banca examinadora obteve o resultado:

(X) APROVADA, devendo a cursista proceder a eventual revisão solicitada pelo supervisor e/ou pela banca, e entregar a versão final em até quinze dias à coordenação do Curso.

() NÃO APROVADA.

Seropédica, 17 de julho de 2025.

Niriele Bruno Rodrigues

Primeira Examinadora

Vitor Oliveira de Vasconcelos

Segundo Examinador

Gustavo Souto Perdigão Granha

Presidente

Amanda Ribeiro Correa

Cursista

(Assinado digitalmente em 25/07/2025 15:46)

GUSTAVO SOUTO PERDIGAO GRANHA

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeGEOIM (12.28.01.00.00.87)
Matrícula: ####524#0

(Assinado digitalmente em 28/07/2025 13:40)

AMANDA RIBEIRO CORREA

DISCENTE
Matrícula: 2024#####3

(Assinado digitalmente em 25/07/2025 15:48)

NIRIELE BRUNO RODRIGUES

ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.797-##

(Assinado digitalmente em 25/07/2025 16:20)

VITOR OLIVEIRA DE VASCONCELOS

ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.997-##