



## ANÁLISE ESPACIAL DA EROSIÃO DO SOLO NA ÁREA NORTE DO MUNICÍPIO DE ALTAMIRA, PARÁ, BRASIL

*SPATIAL ANALYSIS OF SOIL EROSION IN THE NORTHERN AREA OF THE  
MUNICIPALITY OF ALTAMIRA, PARÁ, BRAZIL*

*ANÁLISIS ESPACIAL DE LA EROSIÓN DEL SUELO EN LA ZONA NORTE DEL  
MUNICIPIO DE ALTAMIRA, PARÁ, BRASIL*

**Ponciana Freire de Aguiar<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade do Minho

E-mail: [ponciana@ufpa.br](mailto:ponciana@ufpa.br)



ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0230-6789>

**Antonio Avelino Batista Vieira<sup>2</sup>**

<sup>2</sup>Universidade do Minho, e-mail: [vieira@geografia.uminho.pt](mailto:vieira@geografia.uminho.pt)



ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6807-1153>

### RESUMO

O município de Altamira passa por processos de desflorestação, intensificando os processos erosivos, agravados pela pastagem, pelo agronegócio e pelas invasões de terras, com a supressão da vegetação natural, por vezes em solos com alta fragilidade. Os objetivos desta pesquisa são identificar voçorocas e ravinas, e analisar a evolução de 7 das maiores voçorocas da área norte do município. A metodologia se deu por interpretação de imagens de satélites e mapeamento dos solos, e a avaliação da evolução de 7 voçorocas. Os resultados evidenciam uma grande quantidade de voçorocas e ravinas, extensas áreas afetadas pela erosão nos solos. A evolução das 7 voçorocas apresentou relação com a desflorestação por pastagem ou mineração. Uma das voçorocas, a V6, a de maior impacto, obteve área de erosão de 9151,3 m<sup>2</sup> e de assoreamento de 105546,7 m<sup>2</sup> que causou graves impactos tanto nos solos quanto nos rios.

**Palavras-chave:** Degradação. Desflorestação. Voçorocas. Morfologia. Monitoramento.

### ABSTRACT

The municipality of Altamira is undergoing deforestation processes, intensifying erosion processes, aggravated by livestock, agribusiness and land invasions, with suppression of natural vegetation, sometimes in soils with high fragility. The objectives of this research are to identify gullies and ravines and analyze the evolution of 7 of the largest gullies in the northern area of the municipality of Altamira. The methodology was based on the interpretation of satellite images and soil mapping, and an assessment was made of the evolution of 7 gullies. The results show a large number of gullies and ravines, extensive areas affected by soil erosion. The evolution of the 7 gullies was related to deforestation due to livestock or mining. The gully V6, one of the studied, the most impacted, had an erosion area of 9151.3 m<sup>2</sup> and silting of 105546.7 m<sup>2</sup>, this processes caused serious impacts on both soils and rivers.

Keywords: Degradation. Deforestation. Gullies. Morphology. Monitoring.

### RESUMEN

El municipio de Altamira sufre procesos de deforestación, intensificándose procesos de erosión, agravadas por los pastos por la agroindustria y las invasiones de tierras, con la supresión de la vegetación natural, a veces en suelos muy frágiles. Los objetivos de esta investigación son identificar barrancos y barrancos y analizar la evolución de 7 de los barrancos más importantes de la zona norte del municipio. La metodología se basó en la interpretación de imágenes satelitales y mapeo de suelos, y la evaluación de la evolución de 7 cárcavas. Los resultados muestran



una gran cantidad de cárcavas y barrancos, extensas zonas afectadas por la erosión del suelo. La evolución de las 7 quebradas estuvo relacionada con la deforestación por pastoreo o minería. Una de las quebradas, V6, la de mayor impacto, tuvo un área de erosión de 9151,3 m<sup>2</sup> y sedimentación de 105546,7 m<sup>2</sup>, lo que provocó graves impactos en tanto suelos como ríos.

Palabras clave: Degradación. Deforestación. Barrancos. Morfología. Monitoreo.

## INTRODUÇÃO

O Brasil tem sofrido muito com os processos erosivos por conta da degradação do solo, ocasionada pelo aumento da desflorestação, que tem acarretado problemas erosivos principalmente na região amazônica com índices que variam anualmente nas últimas décadas.

A degradação dos solos é um problema grave causado principalmente por práticas agrícolas e florestais inadequadas, mas também por atividades industriais, pelo turismo, pelo crescimento das zonas urbanas e industriais e pela construção de equipamentos (VIEIRA; BENTO-GONÇALVES, 2021). Os resultados destas ações são visíveis, particularmente, na erosão física dos solos, mas também na redução da matéria orgânica, na compactação, na redução da capacidade de retenção de água, na interrupções no ciclo dos nutrientes, na contaminação, na salinização, e, conseqüentemente, com redução da biodiversidade (FCT, s/d). Trata-se de um processo gradual, cujos efeitos só são visíveis quando os danos estão feitos (NEARING et al., 2017).

Vale ressaltar, que na dinâmica da paisagem, naturalmente, ocorre esses processos erosivos. No entanto, o aumento de diferentes processos erosivos têm preocupado os cientistas que percebem que a evolução dos solos e suas mudanças têm sido severas pelo uso inadequado dos mesmos (COSTA et al., 2023).

O manejo inadequado dos solos tem intensificado os processos erosivos também no município de Altamira, Pará, Brasil, muitas vezes pela expansão da monocultura e da pastagem, frequentemente de forma ilegal, com a supressão da vegetação natural, principalmente em áreas com declividades acentuadas e em solos com alta fragilidade ambiental.

Os processos erosivos podem chegar a índices severos como os voçorocamentos que são umas das formas mais agressivas para o solo, causando mudanças bruscas nas paisagens, e a degradação ambiental, geralmente associadas a atividades humanas intensas que destroem a capacidade de recuperação desses solos (PEREIRA, 2021).

Os impactos realizados nos solos pelo uso intensivo causa processos impactantes, tais como assoreamento de canais, inutilização da área de ocorrência e da área de entorno, destruição da drenagem, nos ambientes naturais e na infraestruturas de áreas urbanas, conforme ocorrem na cidade de Rio Preto da Eva no Amazonas (SILVA; VIEIRA, 2020).

Segundo Vieira (2008), pode-se definir voçorocas como sendo incisões erosivas contendo nas camadas dos solos paredes verticais, onde ocorrem quedas em blocos, além de formação de fundo plano, em profundidade superior a 1,5 m, em seções transversais com formato de U, que podem resultar de um conjunto de processos de escoamento superficial e subsuperficial. As ravinas se diferenciam das voçorocas, principalmente, pelas dimensões e podem ter gênese distinta, sendo menores, e causadas apenas por escoamento superficial concentrado (VIEIRA, 2008).

O aprofundamento e alargamento de ravinas podem gerar voçorocas, onde estas, em geral, com fundo chato, ao aprofundarem seus canais atingem o lençol freático, contendo frequentemente erosão acelerada, o que favorece à instabilidade e degradação nas paisagens (SUERTEGARAY et al., 2008).

Sendo assim, é fundamental que avancem as análises acerca dessa problemática, com estudos para o mapeamento e entendimento dos processos erosivos que ocorrem em Altamira,

Estado do Pará (PA), principalmente na sua área norte, uma das áreas do município que mais tem sofrido com os processos de erosão devido aos intensos desflorestamentos.

Frente ao grande problema da erosão dos solos, é fundamental fazer uso das tecnologias aplicadas para estudos de mapeamentos e análises de imagens satelitais, com uso de técnicas de sensoriamento remoto, para a identificação destes fenômenos. Também poderão ser colocadas ao serviço das instituições para se efetivar o cumprimento das legislações para a localização dessas feições, tanto naturais quanto as artificiais, no intuito de identificar e, eventualmente punir os responsáveis, e recuperar áreas antes degradadas, sabendo que a conservação e preservação da vegetação e das formas de relevo são fundamentais para a conservação de solos saudáveis.

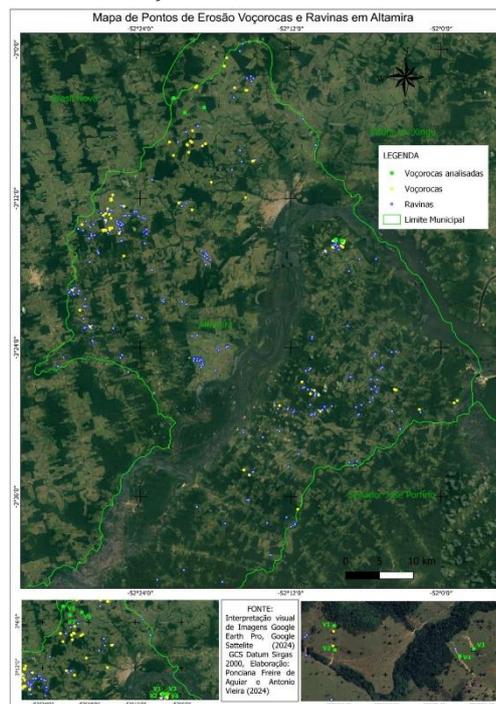
Essas análises têm também um papel importantíssimo na identificação das formas de relevos e dos usos pelas atividades humanas, as quais modificam os solos ao ponto de não retorno, o que reflete a perda produtiva de grande parte desses solos. São igualmente úteis para o planejamento ambiental e a gestão territorial na busca de minimizar os impactos ambientais da erosão dos solos.

## METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada a partir de análises qualitativas e quantitativas através de uma pesquisa exploratória, ao qual para tanto foram realizadas coletas, levantamentos bibliográficos e cartográficos, análise e processamentos de dados cartográficos com uso de SIG's, bem como análises bibliográficas para entendimento teórico e prático para sua utilização nas discussões do texto.

As voçorocas e ravinas foram identificadas através de análises de interpretação visual de imagens do Google Earth Pro, tendo sido coletadas deste SIGweb. Assim, foram identificadas um total cerca de 138 voçorocas (V) e um total de 372 ravinas (R), somente na área norte de Altamira. No entanto, escolheram-se apenas algumas das maiores voçorocas para a análise da evolução (Figura 1) e coletadas as imagens de 7 voçorocas na área de pesquisa.

**Figura 1.** Pontos de erosão, voçorocas e ravinas, da área norte de Altamira/PA.



Fonte: IBGE, 2024.

Foram realizadas análises multitemporais dessas voçorocas nos respectivos pontos de latitude e longitude de coordenadas geográficas (Figuras 01 e 02): V1 3°15'17.55"S e 52° 8'24.85"O (UTM 373315.07m E, 9640161.90 m S); V2 3°15'23.04"S e 52° 8'24.71"O (UTM 373319.88 m E, 9639993.62 m S); V3 3°15'22.69"S e 52° 7'53.19"O (UTM 374292.74 m E, 9640005.75 m S); V4 3°15'24.49"S e 52° 7'56.34"O (UTM 374195.87 m E, 9639949.76 m S); V5 3° 4'44.26"S e 52°18'53.94"O (UTM 353854.04 m E, 9659635.39 m S); V6 3° 3'55.32"S e 52°21'20.67"O (UTM 349339.23 m E e 9661081.63 m S); e V7 3° 5'4.87"S e 52°20'27.14"O (UTM 350996.38 m E, 9658948.95 m S).

As imagens das voçorocas foram analisadas de forma multitemporal, com objetivo de verificar sua evolução, nos respectivos períodos:

- V1 e V2 nas datas de 26/07/2014 (imagens Max Technologies), de 05/07/2017 (CNESairbus), de 13/06/2021 (Max Technologies), 21/07/2023 (CNESairbus) (Figura 2 A, B, C e D);

- V3 e V4 nas datas de 26/07/2014 (Maxartechologies), 05/07/2017 (CNESairbus), 27/07/2020 (Maxartechologies), 21/07/2023 (CNESairbus) (Figura 2 E, F, G e H);

- V5 nas datas de 17/08/2014 (CNESairbus), 29/06/2016 (CNESairbus), 28/06/2021 (Max Technologies) (Figura 2 I, J, K);

- V6 nas datas de 14/07/2013 (Max Technologies), em 17/08/2014 (Max Technologies), e em 28/06/2021 (Max Technologies) (Figura 2 L, M, N);

- V7 nas datas de 17/08/2014 (CNESairbus), 29/06/2016 (CNESairbus), e 28/06/2021 (Max Technologies) (Figura 2 O, P, Q).

Os mapas de solos, da área norte de Altamira, foram gerados no *software* QGIS 3.26.3, utilizando dados secundários de shapefiles do IBGE (2024). Também foram gerados mapas de solos com os pontos de ravinas e voçorocas, tendo sido geradas as classes pedológicas e associadas às feições erosivas para análise da tipificação do solo e seus processos erosivos, e o mapa das 7 voçorocas com suas respectivas áreas de erosão e assoreamento, a partir da interpretação visual das imagens coletadas, e geradas as shapefiles para o cálculos das áreas em metros quadrados.

A análise do terreno na área norte de Altamira também foi realizada para o conhecimento das altitudes do terreno e sua variação em relação as classes de solos, para identificação e compreensão dos processos que resultaram no avanço dos processos erosivos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise das imagens recolhidas e o trabalho de campo confirmaram o significativo processo de degradação a que estão sujeitos os solos na área norte do município de Altamira. Os processos erosivos identificados têm como causa fundamental o uso do solo por atividades monocultoras e da pecuária, em áreas rurais, provocando o incremento destes processos erosivos nos solos desprotegidos de vegetação, principalmente na área norte do município, onde ocorre a maior quantidade dos impactos negativos. Nesse setor, em muitas áreas de declives acentuado, ocorre a formação de ravinas e voçorocas, muitas vezes com processos irreversíveis de recuperação dos solos naturais.

O uso e ocupação inadequados dos solos têm sido responsáveis pela degradação, relacionados as atividades agrícolas e à pecuária intensiva em solos com fragilidade, bem como associados a condições climáticas de totais pluviométricos elevados com precipitação pluvial média anual de 1987 a 2015 entorno de 2.117,59 mm (SILVA et al., 2018), como é o caso de Altamira, com alta concentração de chuvas, causando um aumento desses processos erosivos,

acelerados pela desflorestação retirando também o CO<sub>2</sub> do solo e aumentando as emissões de gases de efeito estufa.

Estudos relatam erosão laminar na sub-bacia hidrográfica do Igarapé Ambé localizada no município de Altamira, por desflorestação pela pastagem na criação de gado de corte em solos intemperizados, com declividade suave a ondulada, que apresentam baixa fertilidade, bem como em relevo fortemente ondulado por dissecação, formando ravinas associadas a erosão pluvial (LOBATO, 2021).

Esse estudo de Lobato (2021) em Altamira também revela que a principal formação geológica que é Alter do Chão junto ao Diabásio Penatecaua, ocorre em relevos colinosos de declividade entre plana e fortemente ondulada, e em relevos de maior altitude, em que se utilizam predominantemente para atividade pecuária o que tem provocado processos erosivos como voçorocas e ravinas (LOBATO, 2021).

De acordo com mapeamentos de voçorocas já realizados em Rio Preto da Eva na Região Amazônica (SILVA; VIEIRA, 2020) as voçorocas podem se formar em áreas suscetíveis a erosão. Nesse caso, formaram-se em declividades de cerca de 26% a 55%, sendo que as mudanças antrópicas como a desflorestação contribuíram para o aumento das voçorocas, bem como por uso sem controle das águas pluviais.

Em Rio Preto da Eva, no Estado do Amazonas, as características físico-naturais e antrópicas desenvolveram 3 (três) grandes incisões erosivas principalmente por conta da convergência das águas pluviais para área de encostas íngremes, aumentando o risco de ocorrerem mais processos erosivos em outras áreas da cidade com características naturais de uso próximas às analisadas (SILVA; VIEIRA, 2020).

Os resultados dessa pesquisa permitiram a identificação de um número significativo de formas erosivas de grande dimensão, conforme observadas nas Figuras 1 e 2. Com efeito, foi possível cartografar cerca de 138 voçorocas (V) e um total de 372 ravinas (R), tendo-se selecionado aquelas que apresentavam maiores dimensões (as 7 maiores voçorocas, V1 a V7) e analisado a sua evolução através da observação das imagens de satélites do Google Earth Pro (2024) em diferentes anos.

### **Análise da Evolução das Voçorocas na Área Norte de Altamira**

A voçoroca V1 apresentava, em 2023, um comprimento na cabeceira principal de 38 metros (Tabela 1), onde predominam os processos erosivos, com largura principal de 8,6 metros, e profundidade da sombra de 2,3 metros ou profundidade da calha até a altura de 3 metros (Figura 2 A, B, C e D, 3). Nota-se na sua evolução que em 2014, essa voçoroca já havia se iniciado, apresentando características de colapso de rio por desflorestação, relacionados com a pastagem de gado, tendo avançado em área em 2017, se aprofundado em 2021 e com forte avanço desta data para 2023, tornando-se maior e mais profunda, não tendo sido identificadas áreas de acumulação de sedimentos decorrentes de assoreamento até o ano de 2023, tendo uma área de erosão de 275,6 m<sup>2</sup>.

A voçoroca V2 (Figura 2 A, B, C e D, e 3) apresentava, em 2023, um comprimento na cabeceira principal de 39,9 metros, com largura principal de 15,1 metros, e profundidade da sombra de 2,7 metros ou profundidade da calha até a altura de 4,3 metros. Nota-se na sua evolução que em 2014, essa voçoroca já existia em estado avançado pelo colapso desse mesmo rio, localizando-se abaixo deste na imagem, e tendo passado pelos mesmos processos erosivos e degradação por atividades antrópicas, tendo as mesmas características de avanço da anterior até 2023, mas contendo uma área de influência em que predomina o assoreamento decorrente desta por cerca de 68 m de comprimento, tendo uma área de erosão de 464,9m<sup>2</sup>, e de assoreamento de 730m<sup>2</sup>.

A voçoroca V3 (Figura 02 E, F, G e H, e 3) apresentava, em 2021, um comprimento na cabeceira principal de 48,1 metros, onde predominam os processos erosivos, com largura

principal de 13,5 metros, e profundidade da sombra de 2,1 metros ou profundidade da calha até a altura 2,7 metros. Em 2014, a voçoroca já estava instalada, provavelmente relacionada ao manejo inadequado do solo por pastagem, com desflorestação, ainda havia uma certa vegetação em sua calha, ausente em 2017, o que propiciou avanço da erosão, progredindo até 2020. Em 2023, esta voçoroca apresenta-se maior e mais profunda, com uma área de influência apresentando assoreamento com cerca de 120,2 metros de comprimento, tendo uma área de erosão de 211,3m<sup>2</sup>, e de assoreamento de 543,6m<sup>2</sup>.

**Tabela 1.** Dimensões das voçorocas na área norte de Altamira/PA.

Voço rocas	Solo	*Comp. (m) / área (m <sup>2</sup> ) na cabeceira principal com processos erosivos	*Comp. da largura principal (m)	**Prof. da sombra (m) / e da calha até a altura (m)	*Comp. (m) / área (m <sup>2</sup> ) da área assoreada	*Comp. total do impacto da voçoroca (m)	Total do *Comp. da área impactada (%)
V1	LAd15	38 / 275,6	8,6	2,3 / 3	ausente	38,0	0,6
V2	LAd15	39,9 / 464,9	15,1	2,7 / 4,3	68 / 730,0	107,9	1,7
V3	LAd15	48,1 / 211,3	13,5	2,1 / 2,7	120,2 / 543,6	168,3	2,7
V4	LAd15	88,3 / 466,1	8,3	1,1 / 2,6	122,9 / 1916,6	211,2	3,4
V5	LAd44	151,5 / 3006,7	56,8	3,6 / 6,6	1060,3 / 24316,6	1211,8	19,3
V6	LAd2	344,8 / 9151,3	79,6	6,9 / 8,4	3560,3 / 105546,7	3905,1	62,3
V7	LAd44	49,4 / 1430,2	22,4	1,3 / 2,2	573,8 / 14439,0	623,2	9,9
Total							100

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

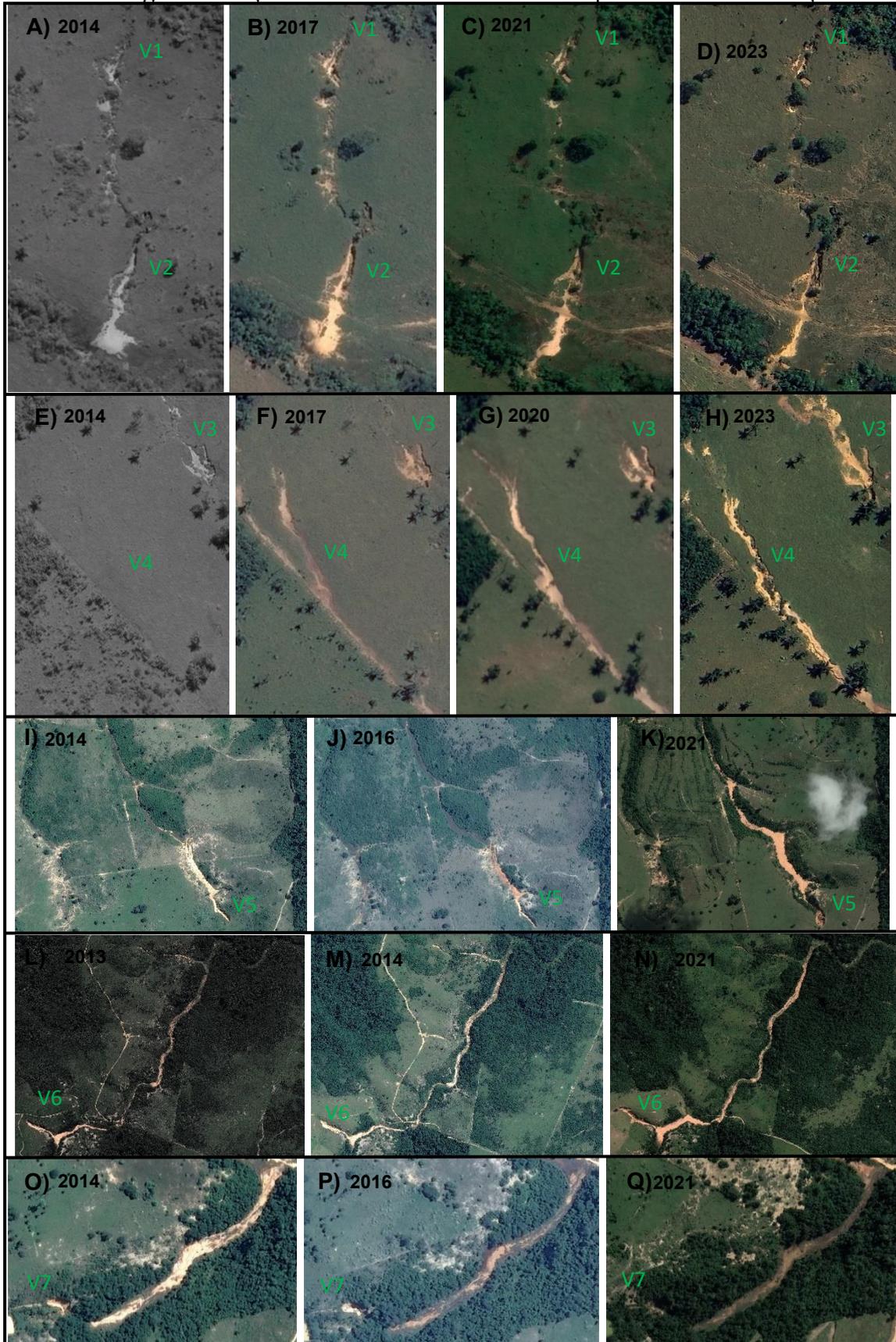
\*Comp. leia-se comprimento

\*\*Prof. Leia-se profundidade

A voçoroca V4 (Figura 2 E, F, G e H, e 3) apresentou, em 2023, um comprimento na área principal de erosão de 88,3 metros, com largura principal de 8,3 metros e profundidade da sombra de 1,13 metros ou profundidade da calha até a altura 2,6 metros. Em 2014 não existia a voçoroca, contendo já a desflorestação por pastagem, proporcionando, em 2017, o início do ravinamento, depois da construção de uma estrada. Este processo de ravinamento teve erosão aumentada até 2020, e em 2023, nota-se o voçorocamento instalado, seguindo os dois sentidos contrários, com uma área de influência de assoreamento de 126 metros de extensão para noroeste e de erosão com assoreamento de 122,9 metros para sudeste, tendo uma área de erosão de 466,1m<sup>2</sup>, e de assoreamento de 1916,6m<sup>2</sup>.

A voçoroca V5 (Figura 2 I, J, e K, e 3), em 2021, tinha um comprimento na cabeceira principal de 151,5 metros, com largura principal de 56,8 metros, e profundidade da sombra de 3,6 metros ou profundidade da calha até a altura 6,6 metros. Em 2014, a voçoroca já existia em estado avançado com área erosiva e área de assoreamento, apresentando-se com características parecidas em 2016, mas que avançou muito em aprofundamento, comprimento e largura até 2021.

**Figura 2.** Voçorocas da área norte de Altamira para análise da evolução.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Guitarrano et al. (2018) utilizaram imagens históricas Google Earth no estudo temporal para análise de voçorocas e obtiveram boas análises. No caso deste trabalho, tendo obtido êxito em identificar a evolução dessas feições erosivas, para o período de 2001 a 2017, demonstrando um estágio intermediário da dinâmica evolutiva da erosão.

A voçoroca V5 possui um total de comprimento em sua área de assoreamento de 1060,3 m de comprimento, tendo uma área de erosão de 3006,7m<sup>2</sup>, e de assoreamento de 24316,6m<sup>2</sup>, estando entre as três maiores da área de pesquisa.

A voçoroca V7 (Figura 2 O, P e Q, e 3) apresentava, em 2021, um comprimento na cabeceira principal de 49,4 metros, com largura principal de 22,4 metros, e profundidade da sombra de 1,3 metros ou profundidade da calha até a altura 2,2 metros. A voçoroca já existia em 2014, com fortes indícios de mineração, pelo formato e cor diferente da área do rio, tendo o levado ao colapso. O tamanho da área erosiva e do assoreamento não mudou muito até 2016, mas nota-se um aumento dessas áreas em 2021, com uma área de influência de assoreamento (que continuou no rio) decorrente dessa atividade degradante de 573,8 m de comprimento, tendo uma área de erosão de 1430,2m<sup>2</sup>, e de assoreamento de 14439,0m<sup>2</sup>.

Segundo Pereira (2021) as voçorocas variam em formato, tamanho, profundidade, resultando em impactos ambientais, sociais e econômicos, que se traduzem, por exemplo, na redução da produção agropecuária, e em propriedade rural privada desvalorizada, impactando inclusive as infraestruturas públicas, como as vias de comunicação.

A voçoroca é o estágio mais avançado de uma feição erosiva em áreas degradadas. Para sua contenção necessita-se de um investimento financeiro muito elevado, pois exige-se uma ação contínua e dispendiosa na recuperação dessa área degradada, pois passam por processos de erosão superficial, aprofundamento do solo, muitas vezes atingem o lençol freático, com consequente transporte de sedimentos assoreando nascentes e rios (PEREIRA, 2021).

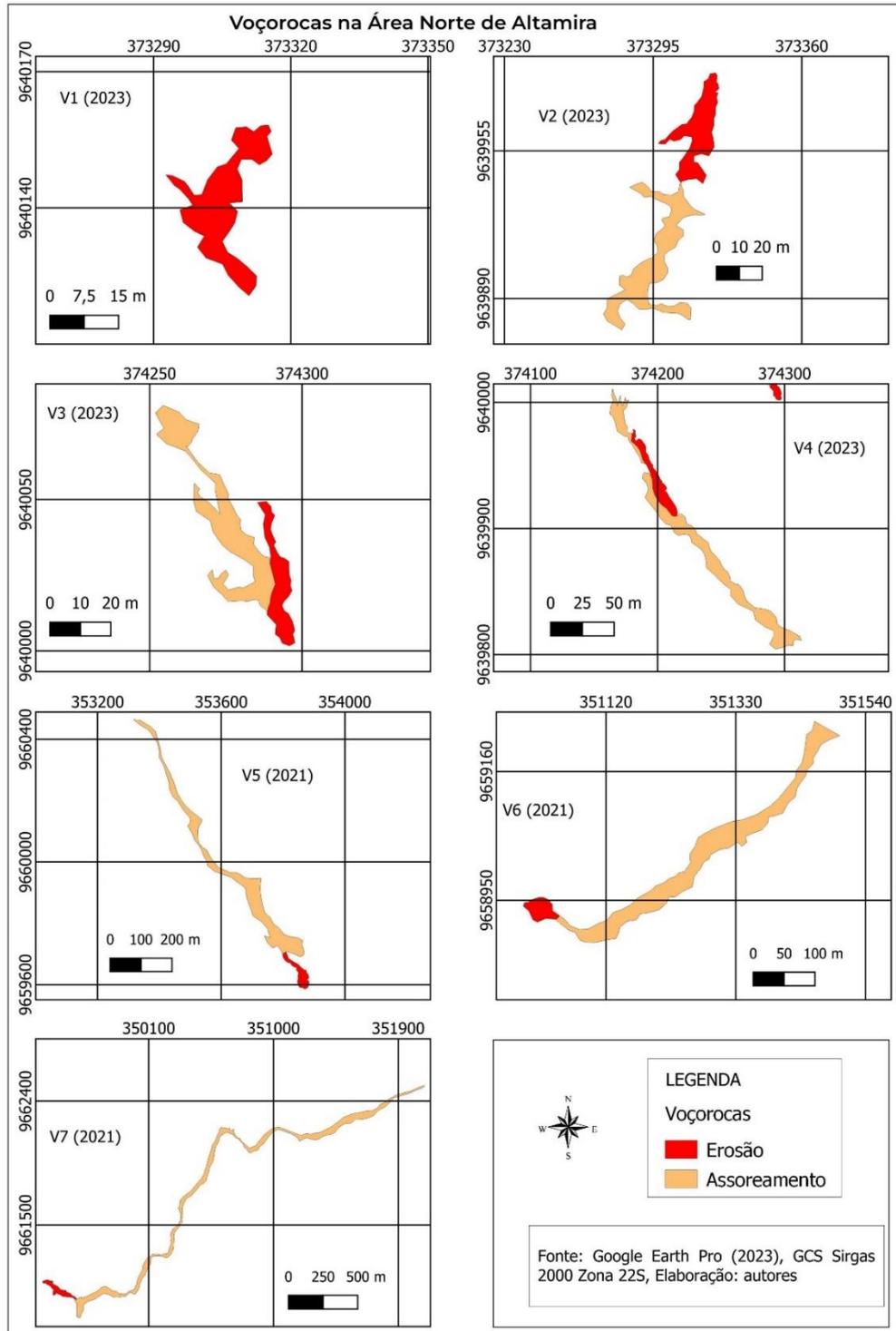
A partir das análises das imagens de satélites é possível analisar as heterogeneidades nas voçorocas: espectral, dentre outras a observação da sombra e água; e espacial, analisando-se a cabeceira, os canais e suas irregularidades e dimensões; e também a variação altimétrica e as declividades nas bordas, onde são mais elevadas (TEDESCO, 2015).

As formas erosivas podem ser agrupadas em feições de processos de erosão pluvial, erosão laminar e erosão linear, potencializadas essencialmente pela desflorestação associada à criação do gado. O próprio pastoreio intensivo com seu pisoteamento, intensifica a degradação pela compactação do solo, aliadas a falta da vegetação que reduz a infiltração da água, promovendo a escorrência superficial, canalizando os fluxos dos rios, em direção às estradas de piçarras e desenvolvendo formas erosivas associadas a sulcos ravinhas e voçorocas (PEREIRA, 2021).

Segundo Lobato (2021), as áreas de pastagem ocorrem principalmente nas áreas de ocorrência do Latossolo Vermelho e Amarelo, e principalmente sobre o relevo colinoso com classes de declividades variando entre plano (0 a 3%) e ondulado (8 a 20%), onde é possível observar a ocorrência de pasto sujo, e que por vez ou outra é possível notar o início de um processo de regeneração natural, mas que muitas vezes é caracterizado pelo surgimento de espécies de ervas daninhas, como ocorre no caso da Juquirá, observado em seu estudo na sub-bacia hidrográfica do Igarapé Ambé, em Altamira.

Depois da construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, em Altamira, os principais impactos ambientais estão relacionados ao uso e ocupação desordenados do solo, além da maior demanda por serviços públicos, a especulação imobiliária, e a pressão sobre os recursos minerais, florestais e pesqueiros, o que geram desflorestação e conflitos sociais, e ainda, impactos como a impermeabilização do solo e a derruba de vegetação (FREIRE, 2014).

**Figura 3.** Voçorocas na área norte de Altamira com áreas de erosão e assoreamento



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

### Solos da Área Norte de Altamira e Processos Erosivos

Os solos da área norte de Altamira conforme as figuras 4 e 5 são os seguintes, de acordo com a classificação da pedologia do IBGE (2024), e suas respectivas descrições e simbologias (Figura 4):

NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico (NVe4), ocorrendo em relevo suave a ondulado com textura argilosa e argilosa/muito argilosa, possuindo A moderado suave a ondulado, numa área de 194,9544 Km<sup>2</sup>, contendo 6 voçorocas e 13 ravinas (Figura 5). Encontra-se por vezes associado a NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico latossólico de textura argilosa/muito argilosa com A moderado em relevo ondulado apresentando-se erodido, com associação também com ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico de textura argilosa com A moderado em relevo ondulado e com LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico de textura argilosa com A moderado em relevo ondulado.

NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico argilosa (NVe2) ocorre em relevo suave a ondulado, e textura argilosa/muito argilosa com A moderado em relevo suave a ondulado e ondulado, que ocupa uma área de 501,8093 Km<sup>2</sup>, onde foram identificadas 99 ravinas e 21 voçorocas localizadas na parte oeste onde o solo é mais degradado (Figura 5), sendo um dos solos mais degradados de toda área norte de Altamira. Por vezes esse solo vem associado a LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico média com A moderado em relevo suave a ondulado e ondulado, e também a ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico com arenosa/média, com A moderado em relevo suave ondulado e ondulado, e com NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico de textura arenosa com A moderado em relevo plano, e/ou com PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário latossólico de textura argilosa muito cascalhenta.

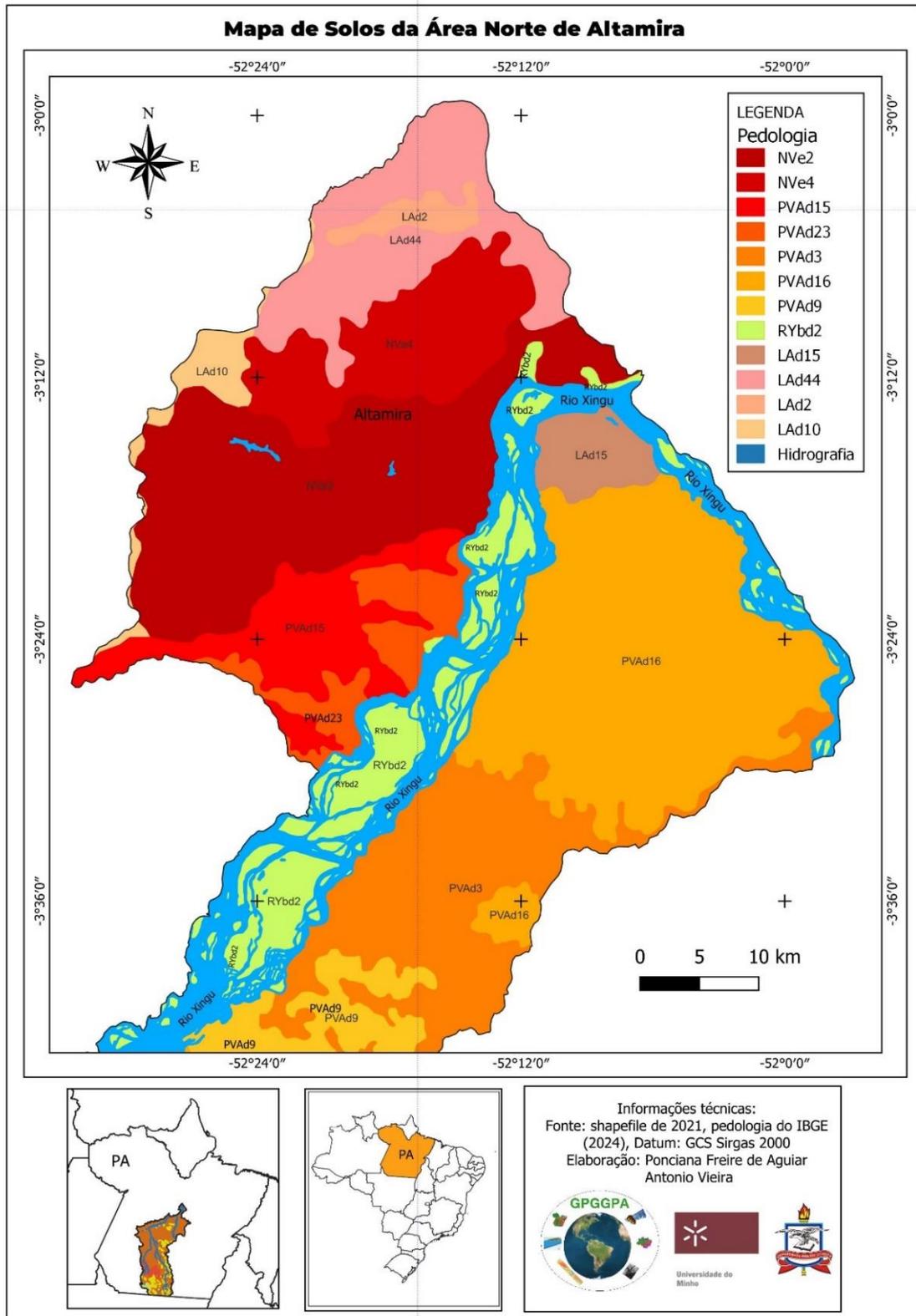
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (PVAd9) ocorre em relevo ondulado e forte ondulado, contendo 2 ravinas, possuindo uma área de 120,9714 Km<sup>2</sup>, de textura média/argilosa com A moderado em relevo ondulado e fortemente ondulado, associado a NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico de textura média cascalhenta e A moderado pedregosa rochosa em relevo ondulado e fortemente ondulado.

ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (PVAd15) ocorre em relevo ondulado e suavemente ondulado, possuindo uma área de 1342,9449 Km<sup>2</sup>, com textura média/argilosa e argilosa/muito argilosa com A moderado em relevo ondulado e suavemente ondulado, contendo 26 ravinas (Figura 5), por vezes associado a NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico em textura argilosa e muito argilosa com A moderado em relevo ondulado, ou com ARGISSOLO VERMELHO Distrófico, A moderado, em relevo ondulado, apresentando por vezes AFLORAMENTOS DE ROCHAS em relevo ondulado, associado a NEOSSOLO QUARTZARÊNICOS Órtico típico em textura arenosa e A moderado em relevo suave a ondulado.

ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (PVAd3) ocorre em relevo suavemente ondulado, em uma área de 1242,2369 Km<sup>2</sup>, apresentando 22 ravinas e 5 voçorocas (Figura 5), com textura argilosa e A moderado em relevo suave a ondulado, associado a LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico média e arenosa/média com A moderado em relevo suave a ondulado e plano.

ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (PVAd23) ocorre em relevo suavemente ondulado e ondulado, possuindo uma área de 145,0468 Km<sup>2</sup>, contendo 11 ravinas (Figura 5), de textura média/argilosa com horizonte A moderado em relevo suave ondulado e ondulado, associado a ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico de textura média/argilosa com A moderado em relevo suave a ondulado e ondulado, ou com este solo que por vezes vem cascalhenta/argilosa a cascalhenta suavemente ondulado, e/ou com LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico álico de textura média e argilosa com A moderado álico suavemente ondulado, ou com NEOSSOLO de típico textura arenosa e A moderado álico suavemente ondulado.

Figura 04. Mapa de solos da área norte de Altamira



Fonte: IBGE (2024).

ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (PVAd16) de relevo ondulado de textura média/argilosa e argilosa e A moderado em relevo ondulado, esse solo possui uma área de 726,5827 Km<sup>2</sup>, todo ele em condição erodida, contendo 11 voçorocas e 69 ravinas (Figura 5), associado a ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico de

Margarida Penteadó - Revista de Geomorfologia. v.1 n.2, dezembro de 2024, p.1-16  
<https://doi.org/10.29327/ISSN2966-2958.v1n2.2024.006>

textura média/argilosa e argilosa com A moderado em relevo ondulado, ou com LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico com textura e A moderado em relevo suave ondulado e ondulado, ou com ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico de textura argilosa com A moderado em relevo ondulado e suave ondulado, ou com I NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico de textura indiscriminada e A moderado em relevo ondulado com AFLORAMENTOS DE ROCHAS em relevo ondulado.

LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (LAd44) no qual se localizam as voçorocas V6 (que inicia em Vitoria do Xingu) e a V7 (Figura 4), e outras 20 voçorocas, e cerca de 18 ravinas (Figura 5), em relevo plano e suavemente ondulado de textura média e arenosa/média e A moderado em relevo plano e suavemente ondulado, associado a ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico arenosa/média e moderado plano, e/ou com NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico de textura arenosa, por vezes com PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário latossólico de textura média e muito cascalhenta com A moderado em relevo suavemente a ondulado e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico de textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta e A moderado suave a ondulado, possuindo uma área de 946,2607 Km<sup>2</sup>.

Segundo Lobato (2021), o Latossolo Vermelho-Amarelo associação de Latossolo Vermelho-Amarelo Alumínico + Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico Plíntico (LVaA1) apresenta ravinas e voçorocas por processos de erosão laminar ou linear acelerada em formas de relevo com colinas amplas e suaves com topos convexos, onde são utilizados em pastagens. Vale ressaltar que a situação é grave e exige providências imediatas, pois nascentes já se encontram assoreadas.

Os processos de assoreamento também são altamente destrutivos, pois o acúmulo de sedimentos nas calhas de nascente e dos rios, advindo da erosão das voçorocas reduz a vazão destes, levando-os a morte pela acumulação dos sedimentos a jusante.

No LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (LAd2) onde se localiza a voçoroca V5 (Figura 3), e também uma ravina, em relevo plano e textura muito argilosa e argilosa com horizonte A moderado plano, possui uma área de 30,99 Km<sup>2</sup>.

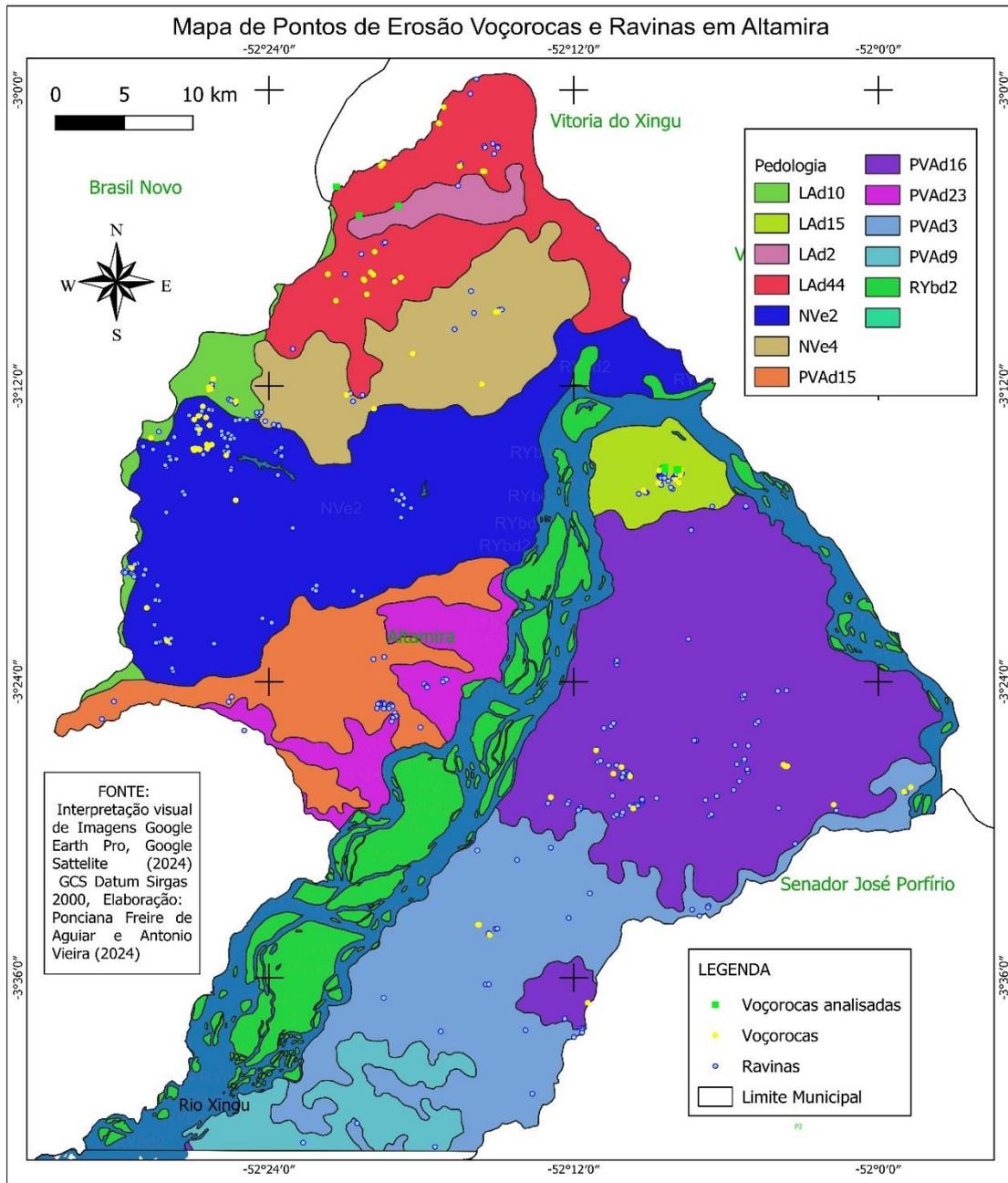
O LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (LAd10) ocorre em relevo suavemente ondulado e ondulado, apresentando uma área de 4360,56 Km<sup>2</sup>, com textura média, argilosa e arenosa/média com A moderado suavemente ondulado e ondulado, por vezes associado a PLANOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico e textura indiscriminada com A moderado em relevo plano ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico de textura média /argilosa e arenosa/média e A moderado ondulado, ou NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico e textura argilosa. No total esse solo contém 6 voçorocas e 19 ravinas.

No LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (LAd15) onde se localizam as quatro primeiras voçorocas, V1, V2, V3 e V4 (Figura 4), e outras 09 voçorocas, e cerca de 31 ravinas (Figura 5), em relevo suavemente ondulado, possui uma área de 61,12 Km<sup>2</sup>, e textura argilosa/muito argilosa, argilosa e média e A moderado suave ondulado, por vezes associado a ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico e textura argilosa e média/argilosa e A moderado ondulado.

O NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico (RYbd2) ocorre em relevo plano de textura indiscriminada e A moderado em relevo plano, possui uma área de 229,96 Km<sup>2</sup>, associado por vezes com GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico indiscriminada e A moderado em relevo plano, as margens de rios, com seu solo remobilizado constantemente pelas águas.

No mapa os corpos d'água (Figura 4) ocupam uma área de ≈285,18 Km<sup>2</sup>. Os Solos aluviais são uma classe de textura com complexidade de materiais de origem devido ao transporte de sedimentos.

**Figura 05:** Mapa de pontos de erosão de voçorocas e ravinas na área norte de Altamira identificados nas imagens Google Earth, associado as classes de solo do IBGE.



Fonte: Google Earth Pro (2024) e IBGE (2024).

De acordo com Lobato (2021), a bacia do rio Ambé possui uma litologia que está associada a depósitos aluvionares, constituídos principalmente por textura de areia fina a média, argiloso-siltosa e cascalho, tendo ainda, a formação dos Planossolos Hidromórficos Distrófico (SGd) muito intemperizados e de baixa fertilidade (LOBATO, 2021). Este solo não aparece na classificação do IBGE (2024).

A proteção dos solos é importantíssima pois eles cumprem funções essenciais, tais como do substrato para a produção de alimentos, regulação dos fluxos hidrológicos, sendo o seu manejo e uso da cobertura adequados fundamentais para os diferentes tipos de escoamento, caso contrário podem gerar prejuízos aos agricultores e até à sociedade em casos de grandes

perdas como já ocorreram, sendo útil as práticas de manejo do solo e da água visando a infiltração de água no solo e controlar as enxurradas (PELLEGRINI; BARBOSA, 2023).

Magalhães et al. (2012) identificaram em estudos sobre voçorocas em Manaus, na Amazônia, que esse tipo de processos erosivos atuantes em conjunto que a precedem e complementam, tais como escoamento superficial difuso formando pedestais ou por exfiltração do lençol freático com formação de alcovas, ou transportes de fluxos laminares verticais e subverticais que podem gerar escamamentos de material fino sobre superfícies mais resistentes, as fendas que contribuem para queda de blocos, ou filetes verticais produzidos por fluxos de adesão, que não deveria ocorrer, mas portanto ocorre, ao expandir caneluras, alcovas, marmitas e painéis, sendo essencial monitorar esses processos.

Segundo Costa et al. (2023), nos processos erosivos junto a voçorocas podem ocorrer o deslocamento de massa, devido a encosta íngreme da feição e ação da gravidade, propiciando a queda de blocos ou da própria vegetação no movimento de massa, que pode ocorrer por desmoronamento das paredes expostas à incisão.

Os monitoramentos de voçorocas são muito importantes, pois muitas vezes as voçorocas podem se aprofundar tanto nos solos que chegam a atingir o lençol freático, causando uma maior instabilidade e vulnerabilidade desses solos, e a incapacidade de sua recuperação, removendo muitos solos produtivos, assoreando rios e degradando as paisagens (MATIAZO; KRAMER, 2014).

Sendo assim, é fundamental a análise e o monitoramento das voçorocas na área norte de Altamira e em todo seu município, por estar sofrendo intensos processos erosivos e degradação do solo, pelo que o poder público deve atuar junto ao proprietários na recuperação da vegetação e desses solos de forma urgente.

A recuperação do solo é fundamental, primeiro por análises físico-químicas do solo, por práticas mecânicas e vegetativas de baixo custo, com função reflorestação para redução do impacto da gota da chuva, fertilidade do solo, redução da força da enxurrada e aumento da infiltração, o que contribui para a retenção de sedimentos, sendo ideal o uso de gramíneas e leguminosas e espécies arbóreas, através da calagem do solo que aumenta o cálcio e magnésio e a saturação de base do solo para aumentar a fertilidade química. Sabendo-se que o ideal é não desflorestar (MORAIS et al., 2018).

Sendo assim, as medidas de intervenção de emergência por parte do poder público que são muito importantes a serem implementadas em curto prazo, para evitar a progressão das voçorocas e ravinas, conforme vem ocorrendo na área norte de Altamira.

## CONCLUSÃO

O município de Altamira está sofrendo intensos processos erosivos e degradação do solo, tendo sido identificadas grandes quantidades de voçorocas e ravinas na área norte do município, ocorrendo extensas áreas erodidas em toda a área norte e com solos bem degradados.

Os resultados apontam um número de formas erosivas (138 voçorocas) e um total de 372 ravinas identificadas, tendo sido analisadas 7 voçorocas, sendo a maior a V6 com um comprimento total de impacto de  $\approx 3905$  m, com uma área total de erosão de  $\approx 9151$  m<sup>2</sup> e de acumulação de 105546,7 m<sup>2</sup>, profundidades de 3,6 m da sombra e 6,6 m da calha até a altura.

Os processos de erosão a montante das voçorocas causam impactos negativos, pois tendem a crescer rapidamente, e os processos de assoreamento destroem os rios, pela acumulação dos sedimentos a jusante.

A recuperação desses solos é necessária e urgente, onde deve-se cumprir as leis e as metas para o desenvolvimento sustentável. As medidas de intervenção de emergência são muito importantes a serem implementadas em curto prazo, para evitar a progressão das voçorocas e ravinas, tipo a identificação da voçoroca e os responsáveis, o monitoramento, a análise

físico-química do solo, a revegetação, a calagem do solo, e outras medidas de contenção da voçoroca.

A recuperação desses solos por meio da revegetação é necessária de forma urgente, devendo-se promover a recuperação das áreas degradadas, utilizando-se do cumprimento das leis e as metas para o Desenvolvimento Sustentável.

Assim, é fundamental a análise e o monitoramento das voçorocas na área norte de Altamira e em todo seu município com políticas públicas voltadas para a recuperação da áreas degradadas, dos seus solo e da sua vegetação, o que também contribui para o controle do CO<sub>2</sub> da atmosfera.

## REFERÊNCIAS

COSTA, R. J. A. da; ALVES, N. de S.; WACHHOLS, F. Mapeamento Morfométrico de Voçoroca no Bairro Galo da Serra, Presidente Figueiredo – AM. **Revista Presença Geográfica**, v. 10, n.1, 2023.

FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia. Diagnóstico de Apoio às Jornadas de Reflexão Estratégica. Documento de Trabalho nº 2. Eixo Temático 4 – **Recursos Naturais e Ambiente – Água e Ambiente**. ENEI – Estratégia Nacional de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente (2014-2020).

FREIRE, L. M. Impactos ambientais no Rio Xingu diante da implantação da Usina Hidroelétrica de Belo Monte no Estado do Pará: subsídios para o Planejamento Ambiental. **Revista Geonorte**, v. 10, n.10, p.341– 345, 2014.

LOBATO, A. A. C. Análise Geoecológica com subsidio ao planejamento ambiental da Subbacia Hidrográfica do Igarape Ambé, Altamira/PA. 124f. Dissertação de Mestrado. Altamira: PPGeo/UFPA. 2021.

MAGALHÃES, R. C.; VIEIRA, A. F. S. G.; AQUINO, R. N. de A.; GLORIA, S. A. Monitoramento e caracterização de duas voçorocas no Bairro Vila Buriti, Manaus (AM). **Revista Geonorte**, v. 1, n. 06, 2012. p. 84-100.

MATIAZO, S.; KRAMER, V. M. S. Análise e monitoramento de uma voçoroca urbana situada em uma vertente de Formação Geológica Arenito Caiuá com a presença de Latossolo Vermelho. **Revista Geonorte**, v. 10, n. 01, 2014. p. 5-10.

MORAIS, D. da S.; GRILLI, L; CLEMENTE, M. V. R.; LACERDA, R.; SANTOS, W.; ARAUJO, G. L. Análise e métodos de estabilização de voçoroca na cidade de Ipanema, MG. **IV Seminário Científico da FACIG**. 2018. p. 1-10.

PEREIRA, J. S. **O uso do Google Earth na identificação de voçorocas no município de Uberlândia**. 2021. Acesso em: 23 abril 2024. Disponível em: <https://comunica.ufu.br/noticias/2021/07/o-uso-do-google-earth-na-identificacao-de-voçorocas-no-municipio-de-uberlandia>.

SILVA, G. M.; VIEIRA, A. F. S. G. Mapeamento de voçorocas na cidade de Rio Preto da Eva (AM). Fortaleza: **Revista Geosaberes**, v. 11, p. 517-531, 2020.

SANTOS, Sarah Moura B. dos; BENTO-GONÇALVES, ROCHA, António; ROCHA, Washington Franca-; BAPTISTA, Gustavo. Assessment of Burned Forest Area Severity and Postfire Regrowth in Chapada Diamantina National Park (Bahia, Brazil) Using dNBR and RdNBR Spectral Indices. *Geosciences*, v. 10, n. 3, 2020.

SILVA, F. R. R.; NASCIMENTO, J. S. do.; MEDEIROS, M. L. S. da; FERREIRA, P. V. da S.; SILVA, C. M. da. Erosividade da chuva: análise do fator erosividade da chuva e distribuição da precipitação pluviométrica da chuva de Altamira (PA). *Anais do III Congresso Internacional das Ciências Agrária*, João Pessoa, n. 1, p. 1-14, 2018.

SUERTEGARAY, Dirce M. A. S. Terra: Feições Ilustradas. 3. ed. Editora: UFRGS, 2008. 264p.

TEDESCO, A. **Delimitação de voçoroca com imagens de alta resolução e ALS por meio de árvore de decisão e GEOBIA**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas). Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2015. p. 186.

VIEIRA, A. F. S. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. 310f. Tese (Doutorado em Geografia). Florianópolis: Universidade de Santa Catarina, 2008.

VIEIRA, A.; BENTO-GONÇALVES, A. "Soil degradation and conservation: A general overview". In *Soil Conservation: Strategies, Management and Challenges*, editado por Vieira, António; Bento-Gonçalves, António, New York, Estados Unidos: Nova Science Publishers, Inc., 2021. p. 1-30.