

MAPEAMENTO DE VOÇOROCAS NA CIDADE DE RIO PRETO DA EVA (AM)

MAPPING OF GULLIES IN CITY OF RIO PRETO DA EVA (AM)

MAPEO DE CÁRCAVAS EN LA CIUDAD DE RIO PRETO DA EVA (AM)

<https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.947>

GABRIELA MENDONÇA DA SILVA ^{1*}
ANTONIO FÁBIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA ²

¹ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Campus Manaus. Av. General Rodrigo Octávio, 6200, Coroado I, CEP: 69080-900, Manaus (AM), Brasil, Tel.: (+55 92) 3305.1181, gabrielamendoncadasilva@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-3385-7655>

*Autor correspondente

² Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Campus Manaus. Av. General Rodrigo Octávio, 6200, Coroado I, CEP: 69080-900, Manaus (AM), Brasil, Tel.: (+55 92) 3305.1181, fabiovieira@ufam.edu.br, <http://orcid.org/0000-0002-9416-8765>

Histórico do Artigo:

Recebido em 27 de Março de 2020.

Aceito em 13 de Julho de 2020.

Publicado em 13 de Julho de 2020.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal mapear as voçorocas do perímetro urbano da cidade de Rio Preto da Eva, no Amazonas. Vale destacar que estas, constituem-se feições erosivas que se caracterizam por apresentar grande impacto na paisagem, principalmente em ambiente urbano. Foram utilizadas como ferramentas a ficha cadastral e as imagens geradas por VANT e processadas no software Agisoft Metashape. A extração dos dados geomorfológicos foram feitos por meio da imagem Alos Palsar, na qual foram processadas no software Arcgis 10.5 para obtenção de hipsometria, curvas de nível e declividade. Os resultados apontam a existência de 3 voçorocas que somam uma área de mais de 5.254,42 m² e um volume erodido de mais de 89.000 m³. Pelas características observadas em campo, verificou-se que estas estão bastante ativas, e indicam riscos para a população de seu entorno.

Palavras-chave: Urbano. Morfometria. Voçoroca.

ABSTRACT

This work had as main objective to map the gullies of the urban perimeter of the city of Rio Preto da Eva, in Amazonas. It is worth mentioning that these are erosive features that are characterized by having a great impact on the landscape, especially in urban environments. The registration form and the images generated by UAVs processed using the Agisoft Metashape software were used as tools. The extraction of geomorphometric data was performed using the Alos Palsar image, in which they were processed in the Arcgis 10.5 software to obtain hypsometry, contour lines and slope. The results indicate the existence of 3 gullies that add up to an area of more than 5,254.42 m² and an eroded volume of more than 89,000 m³. Due to the characteristics observed in the field, it was found that these are quite active, and indicate risks for the population in their surroundings.

Keywords: Urban. Morphometric. Gully.

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo principal mapear las cárcavas del perímetro urbano de la ciudad de Rio Preto da Eva, en Amazonas. Vale la pena mencionar que estas son características erosivas que se caracterizan por tener un gran impacto en el paisaje, especialmente en entornos urbanos. El formulario de registro y las imágenes generadas por los UAV procesados con el software Agisoft Metashape se utilizaron como herramientas. La extracción de datos geomorfológicos se realizó utilizando la imagen de Alos Palsar, en la cual se procesaron en el software Arcgis 10.5 para obtener hipsometría, líneas de contorno y pendiente. Los resultados indican la existencia de 3 barrancos que suman un área de más de 5,254.42 m² y un

volumen erosionado de más de 89,000 m³. Debido a las características observadas en el campo, se descubrió que son bastante activas e indican riesgos para la población de su entorno.

Palabras clave: Urbano. Morfometria. Cárcavas.

INTRODUÇÃO

As voçorocas são consideradas incisões erosivas que apresentam como características a queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais e fundo plano, formando secção transversal em U e profundidade superior a 1,5 m (VIEIRA, 2008).

O surgimento dessas feições deve-se em parte ao escoamento concentrado das águas da chuva sobre o solo desprotegido de vegetação. Para Lopes e Guerra (2001), o surgimento das voçorocas surge a partir das chuvas torrenciais que ocasionam o escoamento concentrado, originando ravinas que poderá evoluir para o estágio de voçoroca na medida em que a erosão se aprofunda no terreno.

Essas feições erosivas podem ser classificadas quanto ao tipo, forma e tamanho. Sendo: Tipo - conectada, desconectada e integrada (OLIVEIRA, 1989); Forma - linear, bifurcada, irregular, ramificada e retangular (VIEIRA, 2008); Tamanho - muito pequena, pequena, média, grande e muito grande (VIEIRA e ALBUQUERQUE, 2004).

A ocorrência de voçorocas em ambiente urbano não é exclusivo de grandes cidades, como Manaus, por exemplo, onde desde 1987 vem ocorrendo esses tipos de incisões erosivas (VERTANATI e BARANCOSKI, 1987; VIEIRA, 1998, 2008). Diversas cidades exibem a problemática de voçorocamento, como apontado por Guerra (2004), onde o autor destaca três cidades brasileiras, sendo: Sorriso (MT), Açailândia e São Luís (MA). Nestas, o processo de expansão urbana vem gerando danos ambientais, com conseqüente voçorocamento. Outros autores, como Francisco (2011), ressalta que a periferia da cidade de Rancharia (SP) passa por processos de voçorocamento; Kállas e Sant'Ana (2018), salientam as causas de voçorocamento da área urbana do município de Luiziana (PR).

Também não é exclusiva de cidades brasileiras, como no caso da cidade de Koboko, no noroeste de Uganda, na qual ocorrem voçorocas em virtude da construção de estrada em meio urbano, mudanças na cobertura do solo, impermeabilização de superfícies e sistema de drenagem urbana inadequada (ZOLEZZI et al., 2018).

Estas feições podem ocorrer também em outros ambientes, como em áreas de lavoura, como apontado por Rezende et al. (2011), os quais descrevem a recuperação de áreas degradadas por voçorocas na zona rural do município de Mineiros (GO); Alves (2007) ao monitorar os processos erosivos e a dinâmica de sedimentos da voçoroca situada na fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia (MG), dentre outros. Além de áreas rurais, em vias de acesso em rodovias, AM-010 com 6 voçorocas (DIRANE, 2016), AM-363 e AM-330 com 28 voçorocas (SILVA, 2014; ABREU, 2016) e na BR-174 com 31 Voçorocas (CARVALHO, 2017).

Essas incisões provocam uma série de impactos ao meio, como assoreamento de canais, inutilização da área de ocorrência e da área de entorno, destruição de aparelhos urbanos (redes de drenagem, vias pavimentadas, rede elétrica, pontes, habitações, etc.). Em pequenas cidades, o surgimento de voçorocas parece estar atrelada aos mesmos problemas das grandes cidades, ou seja, ligadas ao uso e ocupação do solo, principalmente no que se refere ao sistema de drenagem pluvial, como é o caso da cidade de Rio Preto da Eva (AM).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para os procedimentos metodológicos, o mapeamento teve como base a ferramenta *Google Earth Pro* para identificação das possíveis feições na cidade, na qual foram confirmadas em visita de campo.

A extração dos dados geomorfométricos na área foi obtida por meio das imagens do radar Alos Palsar. O radar Palsar é um sensor ativo do satélite Alos da empresa japonesa Japan Aerospace Exploration Agency – JAXA com a finalidade de mapeamento do uso e cobertura da terra (NOVO, 2010).

Foram extraídos as variáveis geomorfométricas como hipsometria, curvas de níveis e declividade (SANTOS, et al., 2018) do terreno de forma a caracterizar o relevo onde as feições estão situadas. As variáveis foram tratadas no *software* ArcGis 10.5, como também a finalização dos mapas em ambiente de (SIG) - Sistema de Informação Geográfica com a finalidade inicial de localização de possíveis feições erosivas do tipo voçorocas e para a produção de mapas temáticos (localização, declividade, altimetria, etc.).

Mediante a isso, as voçorocas foram mapeadas com o VANT-Veículo Aéreo Não Tripulado, modelo *Phanton 4*, da DJI com características de tempo de voo máximo de 28 minutos, sensor de câmera de 12 MP, lente esférica tendo um campo de visão de 94°, sensores de obstáculos, GPS / GLONASS (Figura 1).

Figura 1- VANT- LATOSSOLO utilizado para mapeamento das feições



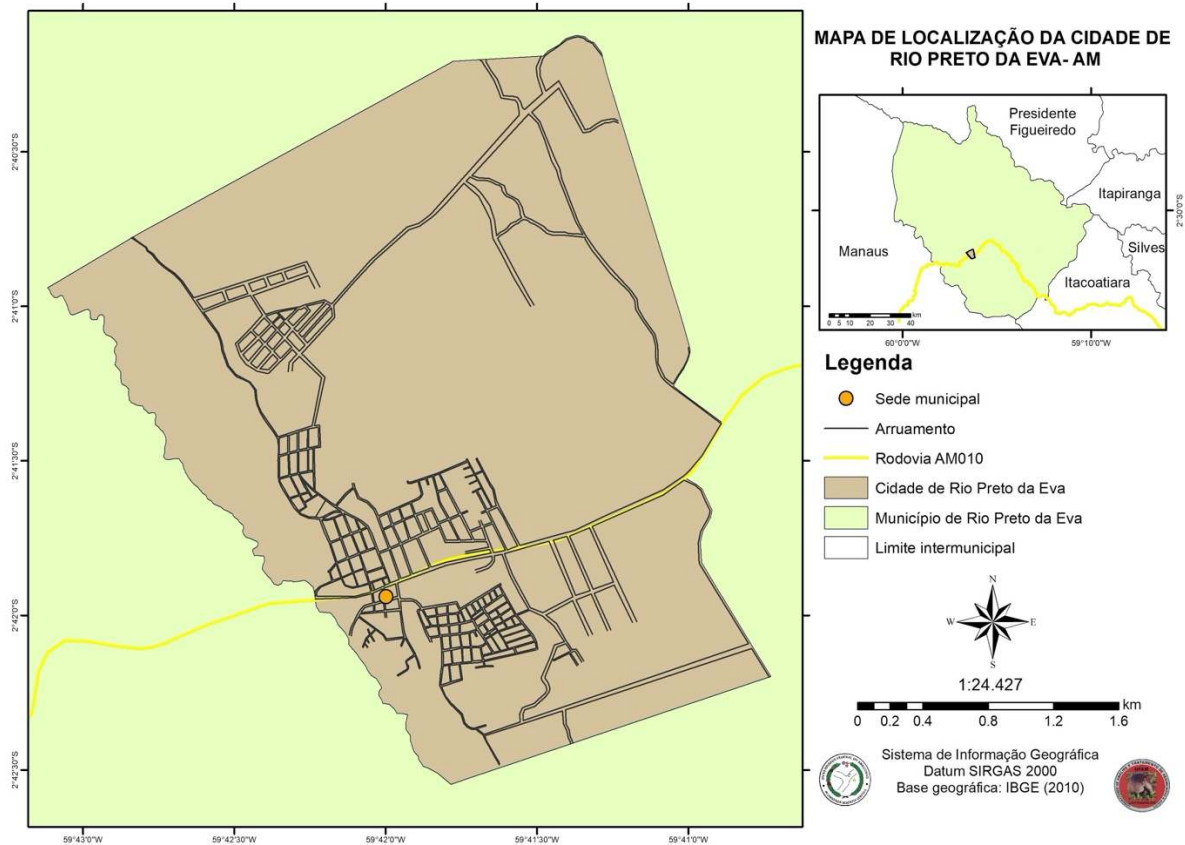
O mapeamento se deu através de voos autônomos, configurados a partir de planos de voo específicos para cada voçoroca. Esses planos, foram idealizados no aplicativo de celular PIX4D-Professional Photogrammetry and Drone-Mapping.

Nas três incisões, foi determinado as seguintes configurações para obtenção das imagens: altitude 60m, type grid, camera angle 90° e overlap 80%. Após a obtenção das imagens, as mesmas foram processadas no software Agisoft Metashape com a finalidade de converter as imagens adquiridas pelo VANT em modelos 2D e 3D.

Área de estudo

A área de estudo está localizada na cidade de Rio Preto da Eva a leste da capital do Amazonas com aproximadamente 11 km² de área (Figura 2), fazendo parte da Região Metropolitana de Manaus (RMM) juntamente com as cidades de Iranduba, Manacapuru, Presidente Figueiredo, Novo Airão, Autazes, Manaquiri, Itapiranga, Itacoatiara, Silves, Careiro e Careiro da Várzea.

Figura 2 - Localização da cidade de Rio Preto da Eva-AM



Do ponto de vista dos aspectos físicos, a cidade está situada na Bacia Sedimentar do Amazonas correspondendo a Formação Alter do Chão a qual se configura por depósitos sedimentares aluviais e coluviais do período Cenozóico com a ocorrência de perfis lateríticos e solos sobre o topo da formação que evidencia a atuação do intemperismo na região (SARGES, 2007).

Com base no Mapa Geomorfológico do IBGE (2010), a cidade está assentada na Planície Amazônica e Planalto Uatumã-Jari. A planície amazônica encontrada ao longos dos canais hidrográficos possui características de uma área plana resultante de acumulação fluvial, sujeita a inundação periódica, correspondendo às várzeas atuais. O Planalto Uatumã-Jari apresenta modelados de aplainamento com forma de relevo de superfície aplainadas conservadas e formas de modelados de dissecação homogênea com predominância de colinas e interflúvio tabulares (IBGE, 2010).

De modo geral, a cidade está submetida ao Clima Equatorial quente e úmido com elevadas precipitações anuais (TROPPMAIR, 2012). Localmente, a precipitação no período de 1995 a 2011 fica em torno de 2.300 mm, sendo abril, o mês mais chuvoso com média de volumes chuvosos de 321,4 mm e o mês de agosto o com menor pluviometria, com volume anual médio para o período de 86,5 mm (CARVALHO, 2012).

Conforme o mapa de solos para o Estado do Amazonas (IBGE, 2010), predomina na área em estudo o Latossolo Amarelo e ao longo dos rios, o Neossolo Quartzarênico.

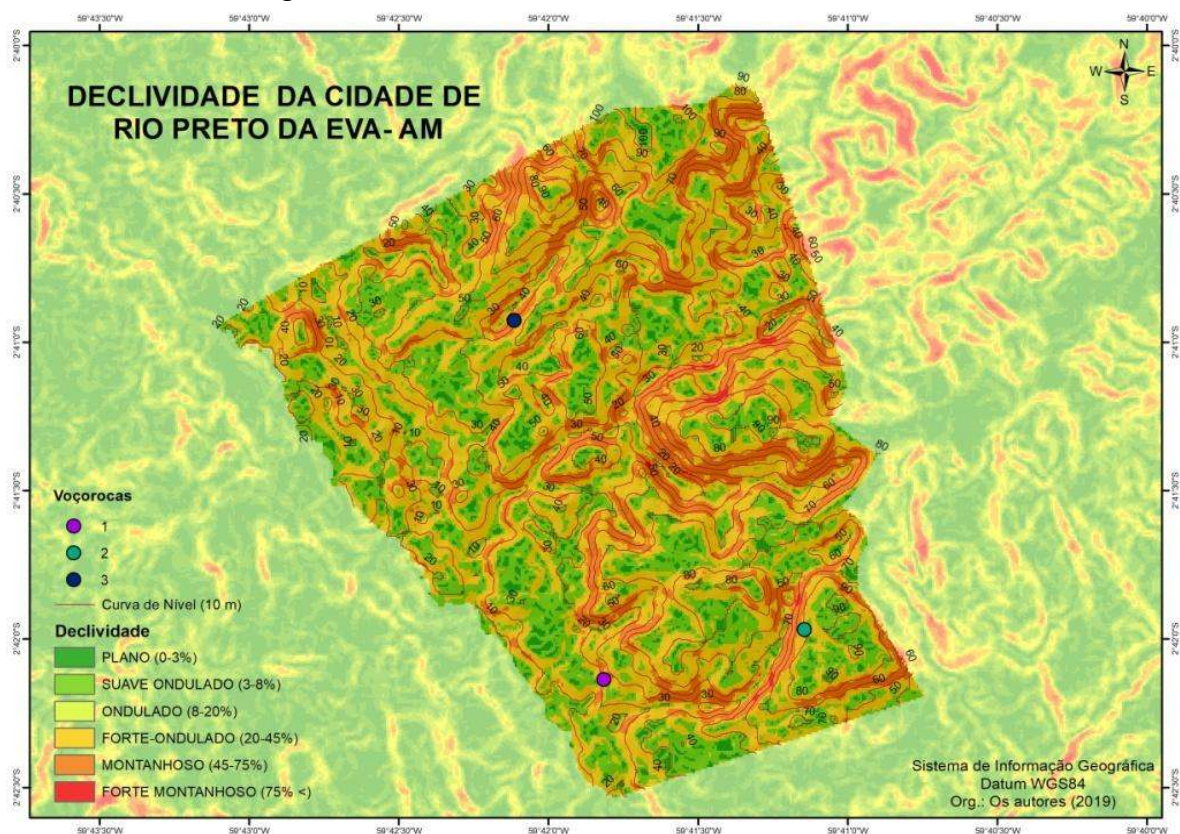
A cidade de Rio Preto da Eva está inserida na Floresta Equatorial da Amazônia, abrangendo florestas de tipo de mata de terra firme e de várzea. As Mata de terra firme são áreas não inundáveis pelo regime hidrográfico com a predominância de espécies como Castanheiras, Ucauba Branca e Cedros. Já a Mata de várzea são áreas sujeitas a inundações periódicas com espécies características como a Sumaúma, Pau Mulato e o Cedro (TROPPMAIR, 2012).

A cidade surgiu a partir da abertura da rodovia AM-010, para ligar as cidades de Manaus e Itacoatiara. Após a construção dessa via, houve uma crescente aquisição das terras às margens desta, na qual, culminou a origem da colônia que mais tarde se tornaria na referida cidade pela Emenda Constitucional n. 12, de 10-12-1988.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

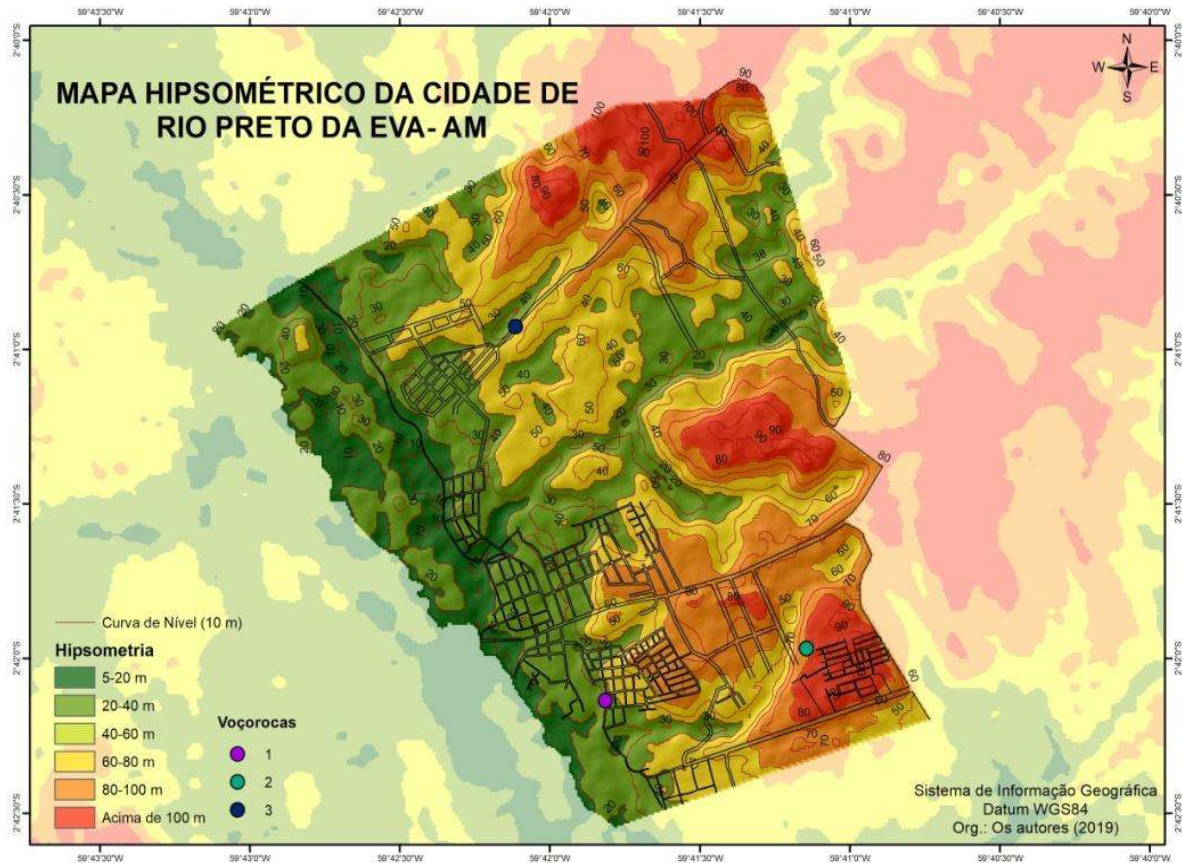
Foram identificadas três voçorocas na área urbana de Rio Preto da Eva (Figura 3), sendo duas na proximidade de ruas pavimentadas e uma em via não pavimentada. Em todos os casos, houve forte influência da drenagem das vias para a formação dessas incisões, somadas à declividade da encosta (entre 8% e 74%). Destacando que todas as voçorocas mapeadas na cidade estão situadas nas encostas.

Figura 3 - Declividade da cidade de Rio Preto da Eva



Com base na extração da variável altimetria, a cidade de Rio Preto da Eva, varia de 5 m nos fundos de vales a 100 m nas partes mais elevadas. As voçorocas 1 e 3 estão situadas na altimetria entre 40-60m, enquanto a voçoroca 2 está na altimetria entre 80-100m (Figura 4).

Figura 4 - Hipsometria da cidade de Rio Preto da Eva



O surgimento das feições mapeadas se devem principalmente da convergência do escoamento de água pluvial das vias de acesso (voçorocas 1, 2 e 3) juntamente com as águas servidas oriundas das residências próximas (voçorocas 1 e 2). Portanto, a voçoroca 3 é a única que apresenta sua origem ligada somente às águas das chuvas.

A primeira incisão mapeada na cidade, encontra-se na rua 31 de março (Figura 5). A voçoroca está situada em altimetria de 40 a 60m, em área de convergência de escoamento de água das partes elevadas do relevo. Apesar dessas três voçorocas estarem com suas respectivas cabeceiras em superfície de baixa declividade, a maior parte dessas incisões encontram-se em encosta com declividade 26%. Assim, concluiu-se a esse respeito, que a declividade foi fator importante para acelerar o escoamento vindo dos platôs e provocar o desenvolvimentos destas.

Essa porção da cidade foi a primeira área a ser ocupada, portanto, composta por ocupações mais antigas com uma estrutura consolidada. Ainda assim, a concentração de ocupações irregulares, aspectos topográficos e o sistema de drenagem pluvial (Figura 6-A), contribuíram para o surgimento desta feição erosiva. Destaca-se o papel exercido pela drenagem (Figura 6-A) a qual continua convergindo todo o escoamento das águas pluviais e servidas para a cabeceira da voçoroca (Figura 6-B), tornando-a bastante ativa.

Figura 5 - Voçoroca 1, situada na proximidade da rua 31 de março



Fonte: VANT Latossolo (2019).

523

Figura 6 - Sulco à montante da cabeceira da voçoroca canalizando água da chuva e servidas - Maio/2019 (A); Escoamento do sulco convergindo na cabeceira da incisão - Maio/2019 (B)



Fonte: Os autores (2019).

A voçoroca encontra-se, portanto, ativa, na qual foi identificado presença de depósitos de sedimentos oriundos de movimento de massa e depósito de lixo residenciais. Apesar da área do entorno desta incisão exibir alguma cobertura vegetal, essa vegetação é insuficiente para conter o avanço desta.

Foi realizada uma tentativa de contenção nessa incisão por iniciativa particular (o proprietário do terreno), onde foi realizado obras de engenharia com inserção de aterro, terraplanagem e a construção de uma pequena galeria pluvial (Figura 7). A falta de conhecimento técnico, por parte do proprietário do terreno na execução dessas obras, culminaram no aumento da voçoroca.

Figura 7 - Área à montante da incisão antes do aterro - Maio/2019 (A); existência de sulco à montante da cabeceira em Julho/2019 (B); aterro com construção de caixa coletora em Dezembro/2019 (C); Aprofundamento do sulco em Dezembro/2019 (D)



No primeiro monitoramento realizado na feição em maio de 2019, a incisão apresentava parâmetro métricos de área de 169m^2 , no entanto, com as intervenções em Dezembro/2019, a área passou a ter uma área de $212,8\text{m}^2$. Após as intervenções, a feição mudou de forma, de retangular para bifurcada, ou seja, crescendo em duas direções - setas (Figura 8).

Figura 8 - Forma da cabeceira (seta) da incisão.



A voçoroca 2, está situada no conjunto Residencial Sebastião Ferreira da Costa (Figura 9). Com base nas características topográficas, a feição encontra-se na altimetria entre 80-100m e em encosta com declividade de 55%, sendo considerada conforme os parâmetros da EMBRAPA (2018) como relevo ondulado.

Figura 9 - Voçoroca 2 situada no conjunto residencial.



Fonte: VANT - Latossolo (2019).

Assim como a anterior, essa feição tem seu surgimento atrelado ao sistema de drenagem pluvial e de águas servidas, oriunda da construção de um conjunto residencial localizado à montante desta, de onde provém a maior parte da água para o seu interior. Vale ressaltar que, a área descampada deixada pelo conjunto, onde hoje se encontra a feição, está sendo ocupada de forma irregular, o que intensifica o crescimento da voçoroca. Fica evidente que, o principal fator intensificador da evolução desta feição erosiva é o sistema de drenagem das águas pluviais e servidas (Figura 10).

Figura 10 - Drenagem de água pluvial e esgoto residencial (A-B) para voçoroca (C) formando caminhos preferenciais dentro da feição (D). (Maio/2019)



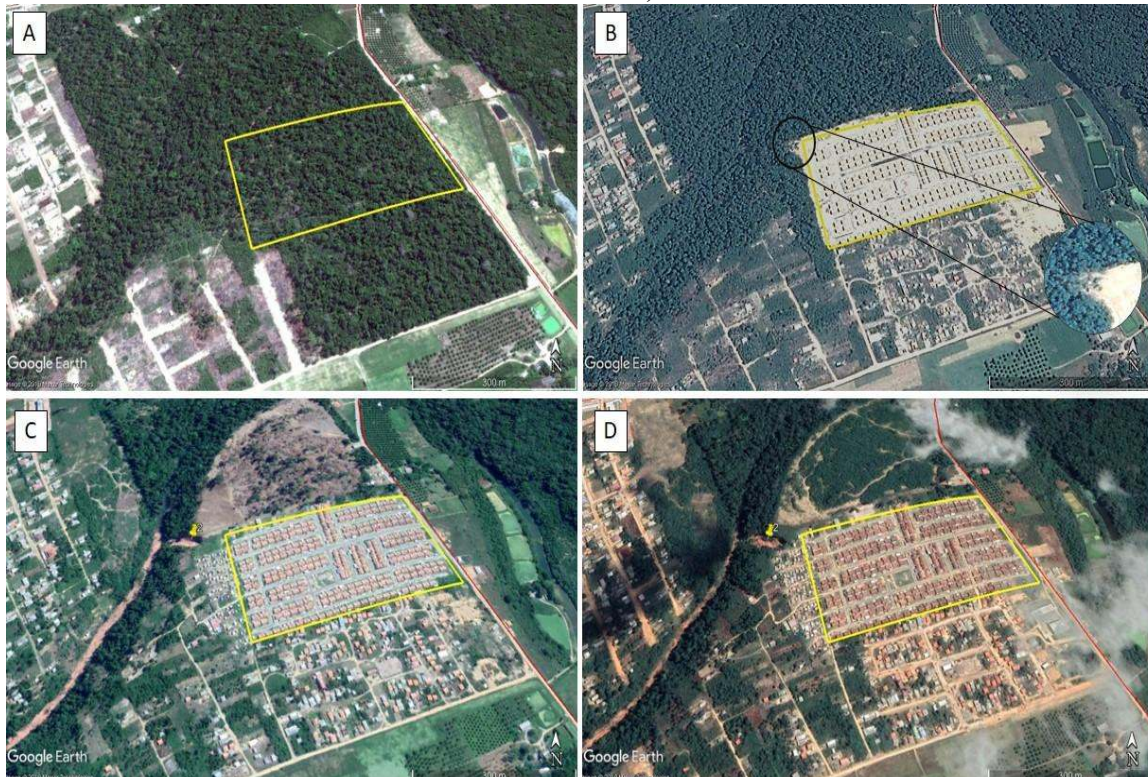
Fonte: VANT- Latossolo e os autores (2019).

Vale destacar que, os aspectos geomorfométricos possuem seu peso na influência nos processos de erosão, com destaque para declividade e a forma côncava da vertentes, que

somados à retirada da cobertura vegetal contribuem para o surgimento e a expansão acelerada de feições como as voçorocas.

Como mencionado, a construção do conjunto habitacional, especificamente o sistema de drenagem das águas das chuvas e servidas deste, foi a principal causa para surgimento desta voçoroca (Figura 11).

Figura 11 - Surgimento e evolução da voçoroca (alfinete) na área do conjunto (circunscrito em amarelo)



Fonte: imagens do Google Earth Pro. Org.: os autores (2019).

Na figura 11-A do ano de 2011, a área do conjunto está coberta por vegetação e sem indicativo de voçorocamento. No ano de 2014 (Figura 11-B), o conjunto já está construído e sem evidência de voçoroca, no entanto, percebe-se uma exposição do solo (área em destaque na Figura 11-B), denotando um possível processo erosivo (erosão laminar). Já, no ano de 2017 (Figura 11-C), é perceptível a existência da referida voçoroca. A área desmatada deixada pelo conjunto e o sistema de drenagem impulsionaram para a crescimento da feição (Figura 11-D) em 2019. Vale ressaltar que o intervalo das imagens foram de acordo com as imagens disponibilizadas em boa qualidade pelo *Google Earth Pro*. Desta forma, é possível que esta feição, tenha se originado entre os anos de 2015 e 2016, visto que em 2017 ela estava completamente consolidada enquanto voçoroca.

E por último a voçoroca 3, situada na proximidade de via não pavimentada, ao norte da cidade de Rio Preto. Vale destacar, que esta área encontra-se com poucas características urbanas, ocorrendo nesta, predominância de sítios, chácaras e fazendas, ou seja, com menos intervenções antrópicas (Figura 12). A feição situa-se em declividade de 28%, caracterizando uma forte influência do relevo para o surgimento da feição.

Com base nas imagens de satélite do *Google Earth Pro*, a voçoroca tem seu histórico datado de 2005 (Figura 13). O possível surgimento como já descrito, tem relação com a abertura da estrada e a má drenagem da água pluvial. A Figura 13, exhibe a evolução temporal da voçoroca, onde em 2005 (figura 13-A), já era perceptível a feição e ao longo dos anos 2011 (B), 2014 (C) e 2019 (D) ocorre uma aumento gradativo da área de abrangência desta. Mesmo

com a via não sendo pavimentada (o que permitiria uma maior infiltração da água da chuva), a convergência da água pluvial oriunda dessa pista, contribuiu para a expansão da feição.

Figura 12 - Voçoroca 3, na cidade de Rio Preto



Foto: VANT- Latossolo (2019).

Figura 13 - Evolução da voçoroca (alfinete) nos anos de 2005 (A), 2011 (B), 2014 (C) e 2019 (D)



Fonte: imagens do Google Earth Pro. Org.: os autores (2019)

Com base nas imagens do VANT por meio do programa Agisoft, foi extraído dados métricos das voçorocas, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Dados morfométricos das voçorocas mapeadas.

VOÇOROCAS	COMPRIMENTO (m)	LARGURA MÉDIA (m)	PROFUNDIDADE (m)	ÁREA (m ²)	VOLUME (m ³)
01*	32,7	19,83	10,7	648,44	6.938,31
02*	116	31,13	17,9	3.611,08	64.638,33
03**	45,1	22,06	17,1	994,90	17.429,34
Total	193,8	73,02	45,7	5.254,42	84.005,98

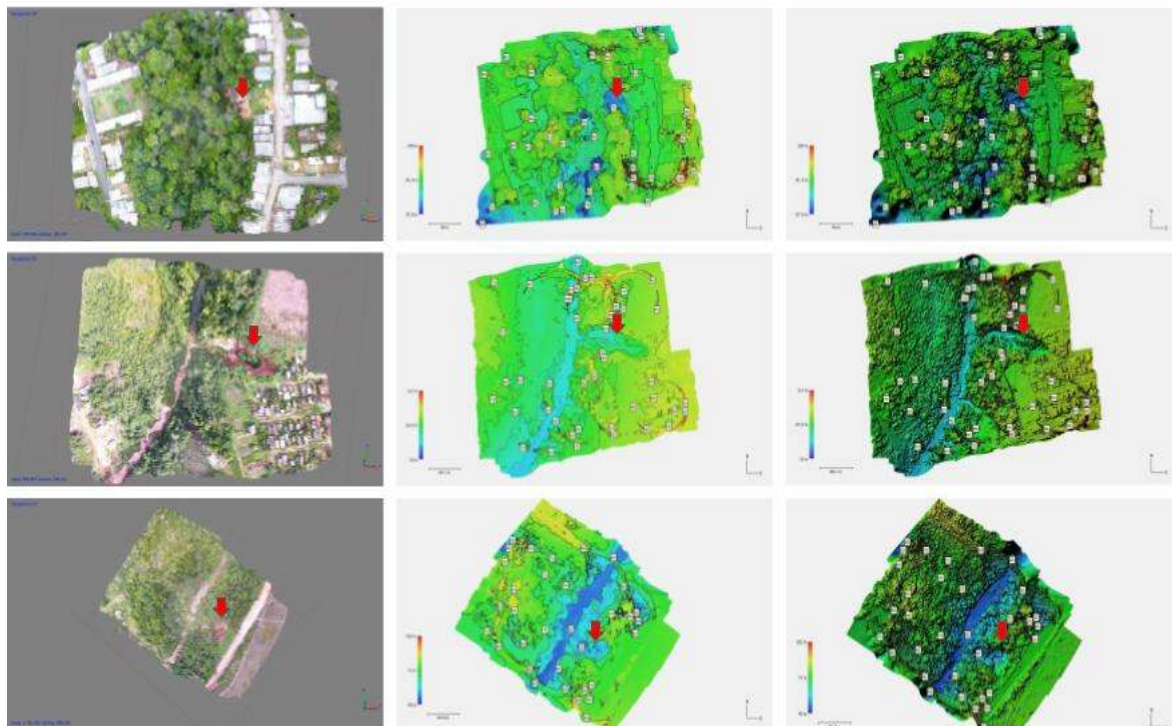
Fonte: VANT-Latossolo (2019*; 2020**).

Dando destaque para a voçoroca 1, apesar de ser a menor entre as três, a mesma indica não somente o risco ambiental mas também o social, visto que esta incisão está bastante ativa e próxima de residências. Em julho de 2019, encontrava-se com um comprimento de aproximadamente 31m, largura média de 16,9m e profundidade de 10m (cabeceira). No entanto, com as intervenções, a incisão passou a ter no ano de 2020 dimensões distintas desde o primeiro monitoramento, conforme apresentado no Quadro 1.

Em termos de área, a maior voçoroca encontrada na cidade de Rio Preto remete a incisão situada no conjunto residencial com 3.611,08m². A segunda maior refere-se a voçoroca 3 situada em via não pavimentada, possuindo uma área de 994,90 m². E, por último, a primeira voçoroca localizada na rua 31 de março com 648,44 m² (quadro 01).

Com base nas imagens do VANT no ano de 2019 e 2020, fez-se a caracterização altimétrica (MDE) da área de cada voçoroca. A primeira voçoroca mapeada encontra-se na altimetria da cabeceira em torno de 61m (Figura 14-A) e a segunda com 65m e terceira voçorocas com 70m (Figura 14-B e C). Cabe salientar que, os dados de altimetria com base nas imagens de Radar apresentaram pouco divergência dos dados extraídos pelo VANT.

Figura 14 - MDE das voçorocas (seta em vermelho) mapeadas na cidade de Rio Preto da Eva.



Fonte: Imagens VANT- Latossolo processadas no Agisoft.

CONCLUSÃO

O mapeamento das feições de voçorocamento na cidade de Rio Preto da Eva permitem concluir que as feições surgiram em áreas naturalmente suscetíveis a processos erosivos (declividade em torno de 26 a 55% das encostas), que somadas à intervenção humana ao ocupar as respectivas áreas (poder público e/ou ação da população), sem controle adequado das águas pluviais, acabou por contribuir para o surgimento e evolução dessas feições. Por conta dessas características (físicas/naturais e antrópicas), foi possível o desenvolvimento de 3 grandes incisões erosivas, as quais devem a sua existência em maior grau à convergência das águas pluviais para as encostas. Assim, destaca-se o potencial que outras áreas apresentam para o surgimento desse tipo de feição erosiva na cidade de Rio Preto da Eva - AM.

REFERÊNCIAS

- ABREU, N. R. P. **Classificação de Unidades Ambientais na paisagem da bacia hidrográfica do Rio Sanabani, em Silves-Amazonas**. 2016. 106 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.
- ALVES, R. R. **Monitoramento dos processos erosivos e da dinâmica hidrológica e da sedimentologia de uma voçoroca: estudo de caso na Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia (MG)**. 2007. 109f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade de Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.
- CARVALHO, D. P. **Ocorrência de voçorocas (gullies) na rodovia BR 174, trecho Manaus-Presidente Figueiredo (AM): gênese, morfologia e previsão de riscos**. 2017. 130f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.
- CARVALHO, J. S. **Caracterização hidrogeológica da região a norte da cidade de Manaus, com base em informações geofísicas (resistividade elétrica), teológicas e geomorfológicas**. 2012. 157f. Tese (Doutorado em Clima e Ambiente), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2012.
- DIRANE, A. C. M. **Mapeamento das áreas de risco a voçorocamento e caracterização geoambiental da rodovia AM-010 Manaus/Itacoatiara – AM**. 2016. 106f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Amazonas, 2016.
- FRANCISCO, A. B. **O processo de voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia (PR)**. 2011. 120f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.
- GUERRA, A. J. T. Erosão urbana: ocupação irregular e o desencadeamento de processos erosivos acelerados – alguns exemplos brasileiros. In: **IV Simpósio Nacional de Geomorfologia**, São Luís do Maranhão, 2004.
- IBGE. **Mapa de Geologia do Estado do Amazonas**. Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 2010.
- IBGE. **Mapa de Geomorfologia do Amazonas**. Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 2010.

LOPES, S. L.; GUERRA, A. J. T. Monitoramento de voçorocas por satélites GPS em áreas de areia quartzosa podzolizada: praia mole, Florianópolis – SC. In: **VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. Goiânia (GO), 2001.

KÁLLAS, F. e SANT'ANA, L. C. F. Análise ambiental da causa da voçoroca urbana localizada no município de Luiziana- PR. In: **XIV Fórum Ambiental**, Alta Paulista, 25 a 27 de julho de 2018.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento Remoto: princípios, e aplicações**. 4 ed., São Paulo: Blucher, 2010. 388p.

OLIVEIRA, M. A. T. **Slope geometry and gully erosion development**: Bananal, São Paulo, Brazil. Berlim: Z. Geomorph. N. F., 1989.

REZENDE, W. S.; GOBBI, C. N.; SILVA, C. E. e ALMEIDA, J. R. Recuperação de voçorocas na zona rural do município de Mineiros (GO): financeiramente viável e ambientalmente sustentável. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.2, n.2, p. 68-81, 2011.

SANTOS, H. G. ; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. ; OLIVEIRA, V. A. ; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. ; ARAÚJO FILHO, J. C. ; OLIVEIRA, J. B. ; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. 356p.

SARGES, R. R. **Relação entre as estruturas tectônica, sedimentação coluvial e geomorfogênese da região de Manaus, Amazonas**. 2007. 109f. Tese (Doutorado em Geociências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SILVA, E. D. **Causas e consequências da ocorrência de voçorocas nas estradas AM-330 (Silves) e AM-363 (Itapiranga), Amazonas – Brasil**. 2014. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.
TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e meio ambiente**, Rio de Janeiro: Technical Books, 9 ed., 2012. 252p.

VERTANATTI, E. e BARANCOSKI, R. E. P. A ocorrência de voçorocas em dois aeroportos da Amazônia. In: **Anais**, 4º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, São Paulo: ABGE/DAEE, p.379-405, 1987.

VIEIRA, A. F. S. G. **Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM)**. 1998. 181f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

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

VIEIRA, A.F.G.; ALBUQUERQUE, A.R..C. Cadastramento de voçorocas e análise do risco erosivo em estradas: BR -174 (Trecho Manaus-Presidente Figueiredo). In: **V Simpósio**

Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, Santa Maria, 2004.

ZOLEZZI, G.; BEZZI, M; SPADA, D. e BOZZARELI, E. Urban gully erosion in sub-Saharan Africa: A case study from Uganda. **Land Degradation & Development**, v. 29, n.3, p. 849-859, 2018.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor. Ao programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas. Ao Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos - LATOSSOLO/UFAM, pelo apoio operacional para realização das atividades de campo e gabinete.