



GEOSABERES: Revista de Estudos
Geoeducacionais
ISSN: 2178-0463
fabiomatos@ufc.br
Universidade Federal do Ceará
Brasil

USO DO "GOOGLE EARTH PRO" NO MAPEAMENTO DE VOÇOROCAS NA ÁREA URBANA DE MANAUS (AM), BRASIL

CARDOSO LOPES BATISTA, DAIANE; SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA, ANTONIO FÁBIO; RIBEIRO MARINHO, ROGÉRIO

USO DO "GOOGLE EARTH PRO" NO MAPEAMENTO DE VOÇOROCAS NA ÁREA URBANA DE MANAUS (AM), BRASIL

GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais, vol. 10, núm. 20, 2019

Universidade Federal do Ceará, Brasil

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=552857648007>

DOI: <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v10i20.689>

Geosaberes está licenciado com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.



Este trabalho está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional.

USO DO "GOOGLE EARTH PRO" NO MAPEAMENTO DE VOÇOROCAS NA ÁREA URBANA DE MANAUS (AM), BRASIL

THE USE OF "GOOGLE EARTH PRO" IN THE MAPPING OF GULLIES IN THE URBAN AREA OF MANAUS (AM), BRASIL

USO DEL "GOOGLE EARTH PRO" EN EL MAPEAMENTO DE CÁRCABAS EN EL ÁREA URBANA DE MANAUS (AM), BRASIL

DAIANE CARDOSO LOPES BATISTA
Governo do Estado do Amazonas, Brasil
dayane.capes@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0001-7693-2208>

DOI: <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v10i20.689>
Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=552857648007>

ANTONIO FÁBIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
fabiovieira@ufam.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0002-9416-8765>

ROGÉRIO RIBEIRO MARINHO
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
rogeo@ufam.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0001-5219-8635>

Recepção: 31 Julho 2018
Aprovação: 15 Dezembro 2018

RESUMO:

Este trabalho, busca apresentar uma das diversas formas de uso da ferramenta Google Earth Pro (GE) para o monitoramento de voçorocas. Nesse sentido, foi escolhida uma incisão erosiva na região de Manaus para a exemplificar esse uso, sendo a coleta de dados dividida em duas etapas: a caracterização morfométrica da voçoroca em campo e a análise dos dados de campo combinados com as imagens do GE em laboratório. Com as imagens obtidas, foi possível fazer uma análise multitemporal da voçoroca de 2005 a 2016 e estimar a taxa de crescimento da voçoroca em 10,25 m²/mês e descrever outras características como a forma tipo e tamanho desta incisão.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão, Voçoroca, Google Earth Pro.

ABSTRACT:

This work tries to present one of several ways of using the Google Earth Pro (GE) tool for the monitoring of gullies. In this sense, an erosive incision was chosen in the Manaus region to exemplify this use, and the data collection was divided into two stages: the morphometric characterization of the gully in the field and the analysis of the field data combined with the GE images in the laboratory. With the obtained images, it was possible to do a multitemporal analysis of the gully from 2005 to 2016 and to estimate the growth rate of the gully at 10.25 m²/month and to describe other characteristics such as type and size of this incision.

KEYWORDS: Erosion, Gully, Google Earth Pro.

RESUMEN:

Este trabajo, pretende presentar una de las diversas formas de uso de la herramienta Google Earth Pro (GE) para el monitoreo de cárcavas. En este sentido, fue escogida una incisión erosiva en la región de Manaus para ejemplificar tal uso, siendo la colecta de los datos dividida en dos etapas: la caracterización morfométrica de la cárcavas en el campo y el análisis de los datos de campo combinados con las imágenes del GE en laboratorio. Con las imágenes obtenidas, fue posible realizar un análisis multitemporal de la cárcavas de 2005 a 2016 y estimular la razón de crecimiento de la cárcavas en 10,25 m²/mes y describir otras características como la forma, tipo y tamaño de la incisión.

PALABRAS CLAVE: Erosión, Cárcavas, Google Earth Pro.

INTRODUÇÃO

Processos erosivos estão associados principalmente a fatores do clima, tipo de solo, declividade do terreno e o manejo empregado no solo (LEPSCH, 2010). A erosão acelerada causa degradação marcante nos solos e ocorre em diversas partes do planeta, sobretudo em regiões de clima tropical devido principalmente a falta de boas práticas de manejo (BIGARELLA, 2007; MARCHIORO; AUGUSTIN, 2007). Como consequências, a erosão acelerada causa perda de nutrientes dos solos, assoreamento de cursos d'água e destruição de construções.

A feição mais expressiva do processo de erosão do solo é a voçoroca, que pode ser definida como uma incisão erosiva, que apresenta queda em blocos das camadas do solo, possui paredes verticais e fundo plano, com secção transversal em formato de “U” e profundidade superior a 1,5 metros (VIEIRA, 1998). Voçorocas surgem pela ação da erosão pluvial, por meio do escoamento superficial concentrado e outras vezes podem estar associadas também a diferentes mecanismos e processos, como por exemplo, o escoamento subsuperficial (GUERRA, 1994), bem como tem seu processo de aceleração devido à ação humana.

Em áreas urbanas este tipo de feição avança de forma agressiva em terrenos sem a proteção da cobertura vegetal e das camadas superficiais do solo, principalmente na abertura de novos loteamentos (SANTORO, 2009). Costa (2012) indica que para além das mensurações e identificações as áreas de riscos devem ser entendidas em sua dinâmica do processo espacial, ideia que Melo et al. (2016) corrobora ao analisar as relações entre os elementos de uma paisagem com o seu modelo de uso e ocupação do solo.

Para o entendimento da dinâmica de processos erosivos, medições precisas de comprimento, largura e profundidade dessas feições são necessárias. No entanto, a prática comum é focada em intensas avaliações de campo que muitas vezes possuem elevado custo e demandam dias de trabalho. Desde a década de 1970 técnicas de sensoriamento remoto são empregadas como alternativas para um rápido levantamento de feições erosivas (STOCKER et al., 2015), inicialmente com o uso de fotografias aéreas, e desde o início do ano 2000 com imagens de satélites de alta resolução espacial. Voçorocas ocasionam cicatrizes na paisagem e, dependendo do tamanho, tornam-se perceptíveis em imagens de satélite de alta resolução, como as imagens disponíveis na plataforma do Google Earth™ (GE).

O GE foi lançado em 2005 e desde então se tornou um dos mais populares globos virtuais, com amplo uso para o ensino e pesquisa na ciência Geográfica, principalmente em estudos das formas e processos da paisagem (BOARDMAN, 2016). Esta plataforma disponibiliza gratuitamente acesso a imagens de satélites em diferentes resoluções espaciais, com possibilidade para visualização em três dimensões (3D), medições instantâneas de distâncias, comprimentos e áreas.

Desde seu lançamento o número de estudos com o uso desta plataforma para visualizar, mapear ou analisar formas e processos da paisagem tem aumentado significativamente (FRANKL et al., 2013a). Por exemplo, imagens do GE foram utilizadas na identificação de áreas afetadas por deslizamentos de terra (MARINHO, 2011), identificação do padrão de drenagem (LATRUBESSE, 2008; AKAWWI, 2013), caracterização morfológica (POLIZEL e ROSSETTI, 2014), entre outras aplicações. Mas seu uso deve considerar questões relacionadas à qualidade geométrica e radiométrica dos dados. Neste sentido, Tooth (2013) destaca algumas vantagens e limitações do uso do GE em estudos de Geomorfologia, como a disponibilidade de um grande acervo de imagens com diferentes níveis de detalhamento espacial e distintas datas de aquisição, mas também variável qualidade de algumas imagens de satélite e reduzida funções de mapeamento e análise espacial.

Apesar do grande potencial para estudos de formas da paisagem, atualmente poucos são os estudos com aplicação de imagens do GE para mapear feições erosivas (BOARDMAN, 2016). Sobre esta temática, estudos recentes mostram aplicações em áreas de clima árido (FRANKL et al., 2013a; FRANKL et al., 2013b), clima temperado (MCINNES et al., 2011; GILAD et al., 2012), áreas de clima tropical-úmido na África (ADEDIJI et al., 2013; IMWANGANA et al., 2015), mas com escassos exemplos de aplicações no Brasil (FERREIRA, 2012; SILVA, 2015).

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo apresentar possibilidades do uso de imagens de satélites da plataforma GE no mapeamento de uma feição erosiva do tipo voçoroca localizada na área urbana de Manaus, estado do Amazonas. Este trabalho visa expor procedimentos que os usuários do GE podem seguir na condução de estudos, pesquisas e demonstrações do impacto que incisões erosivas do tipo voçoroca podem causar na paisagem.

ÁREA DE ESTUDO

Manaus, capital do estado do Amazonas, possui uma população estimada em 2.094.391 habitantes (IBGE, 2016). A área urbana de Manaus é limitada ao sul pela margem esquerda do rio Negro, a oeste pelo rio Tarumã-Açu e a leste pelo rio Puraquequara, configuração espacial que limita o crescimento da cidade para as zonas leste e norte.

O arcabouço geológico da cidade é constituído de depósitos quaternários, com afloramentos da Formação Alter do Chão, composto por argilitos, folhelhos, siltitos, arenitos e conglomerados. Segundo IBGE (2009) o domínio geomorfológico que predomina na região é o Planalto Dissecado dos Rios Negro-Uatumã, com a presença de pequenas e médias colinas dissecadas, vales fechados e drenagem com padrão dendrítico.

O clima de Manaus pode ser caracterizado como equatorial com período de subseca - um a dois meses secos (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Devido à proximidade com a linha do equador, a região recebe uma constante e elevada quantidade de radiação solar ao longo do ano, que ocasiona pouca variação nas temperaturas mensais, com valor médio de 26,7° C, mínimo de 22,8° C e máxima de 31,5° C. A precipitação observada entre 1961-1990 em Manaus mostra uma média anual de 2.290 mm, com o mês mais chuvoso em março (310 mm) e agosto como o mês menos chuvoso com 60 mm (MASCARENHAS JUNIOR et al., 2009).

As classes de solos predominantes no sítio urbano de Manaus compreendem principalmente os Latossolos, os Argissolos, os Espodossolos e os Gleyssolos (VIEIRA, 2008). Na área de estudo deste trabalho, predomina o LATOSSOLO AMARELO Distrófico. A área de influência da voçoroca encontra-se degradada por processos de desmatamento e terraplanagem. No processo de terraplanagem, após remoção dos horizontes O, A e parte do horizonte B (B1) e conseqüentemente com a exposição da camada B2, ocorreu a formação de uma crosta que dificultou a infiltração e favoreceu o escoamento superficial e com este o surgimento de inúmeras feições lineares (sulcos e ravinas), dentre elas a voçoroca da presente pesquisa.

A área deste estudo localiza-se no sítio arqueológico do conjunto habitacional Nova Cidade, situado na zona norte de Manaus (Figura 1), na coordenada 2° 59' 34" S e 59° 58' 35" W. Esta área foi desmatada para execução da terraplanagem do conjunto habitacional, mas as obras foram interrompidas em 2001 quando houve a descoberta de urnas funerárias de uma antiga comunidade indígena (G1, 2012). Com o abandono das obras o solo ficou exposto à ação da água das chuvas, com conseqüente formação de crostas, aparecimento de pequenas fissuras, que evoluíram rapidamente para sulcos, ravinas e voçoroca.

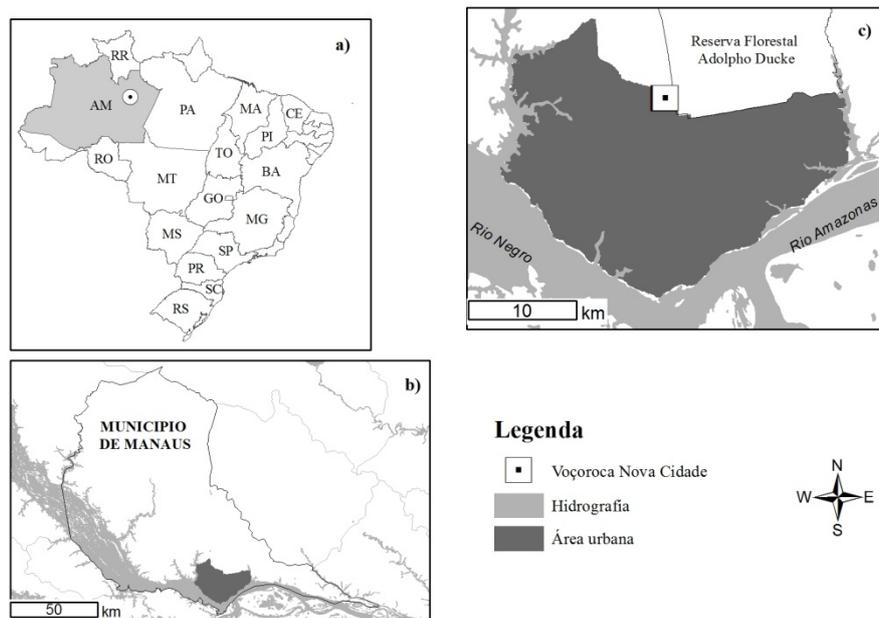


Figura 1 - Localização da área de estudo

a) Estado do Amazonas. O ponto indica a cidade de Manaus; b) Limite municipal de Manaus e da área urbana
 e; c) Localização da voçoroca do Sítio Arqueológico Nova Cidade. Sistemas de Coordenadas Geográficas.

Fonte: IBGE (2016).

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo foram realizadas as seguintes etapas: i) levantamento das dimensões da voçoroca em campo; ii) análise dos dados de campo e das imagens do GE em laboratório. O trabalho de campo foi realizado no dia 12/04/2014 e teve como objetivo coletar dados morfométricos (comprimento, largura, profundidade do segmento superior, médio e inferior), orientação, tipo e forma da feição erosiva, bem como delimitar sua área por meio da técnica de poligonais-planimétricas seguindo as recomendações descritas por Oliveira et al.,(1996). A classificação do tipo, tamanho e forma da voçoroca foi realizada utilizando as definições de Oliveira (1989), Vieira e Albuquerque (2004) e Vieira (2008), respectivamente. No trabalho de campo foram utilizados os seguintes equipamentos: GPS de navegação, bússola, trena de 50 metros, câmera fotográfica, estacas e fio de nylon.

Após a coleta de dados em campo, foi realizada a espacialização dos pontos coletados sobre a voçoroca e produzido um mapa com as dimensões da feição. Este mapa foi utilizado como referência nas análises comparativa com os dados oriundos da imagem disponível no GE com data de aquisição mais próxima ao trabalho de campo. A estimativa da área e volume erodido foi estimada por meio das seguintes expressões:

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \text{Comprimento (m)} \times \text{Largura média (m)}$$

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \text{Área (m}^2\text{)} \times \text{Profundidade média (m)}$$

A plataforma GE é disponibilizada em três versões (Google Earth, Google Earth Pro e o Google Earth Enterprise). Neste trabalho foi utilizado o Google Earth Pro, versão 7.1.5.155 compilado em 20/5/2015, que possibilita a importação de dados vetoriais e matriciais em diferentes formatos, georreferenciamento de imagens, geocodificação de endereços e dados em tabelas, exportação e impressão de imagens em alta resolução, visualização multitemporal, medições de feições em 2D e 3D, gravação de vídeos, elaboração de layout para cartografia temática, entre outras funções.

Por meio da ferramenta “Imagens Históricas” do GE foi possível identificar no período de junho de 2005 a agosto de 2016, um total de 18 imagens oriundas de diferentes satélites de alta resolução espacial da empresa

DigitalGlobe. Considerando principalmente a qualidade visual apresentada, foram selecionadas para análise multitemporal seis imagens do GE apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação das imagens do GE utilizadas no estudo. Levantamento realizado em abril de 2017

Data	Observação
03/08/2016	Última imagem DigitalGlobe disponível.
26/03/2015	
02/04/2014	Imagem próxima ao levantamento de campo.
08/06/2013	
21/07/2011	
21/06/2005	Primeira imagem DigitalGlobe disponível.

Fonte: Os autores.

O uso do GE para o mapeamento de feições erosivas pode ser aplicado na identificação da presença ou ausência de erosão (mapeamento pontual), delimitação da área afetada e para o monitoramento multitemporal (evolução da área afetada). Nestes tipos de mapeamentos devem-se considerar as características do alvo (voçoroca), do satélite e sensor, a qualidade geométrica e data da aquisição das imagens, bem como outros atributos e elementos destacado por Florenzano (2008). Neste sentido, foi elaborada uma chave de interpretação para o estabelecimento de padrões comparativos que possam descrever os elementos que caracterizam a voçoroca analisada. No processo de interpretação visual de imagens de satélite foram considerados principalmente os elementos de interpretação tonalidade, cor, textura, tamanho, forma, sombra, padrão e localização (FLORENZANO, 2008).

As ferramentas de edição vetorial “Régua”, “Adicionar polígono” e “Adicionar caminho” do GE foram utilizadas para obter estimativas de comprimento, largura, área, tipo e forma da voçoroca em análise, bem como o perfil topográfico da vertente. Todas as medições e interpretações foram realizadas com 500 metros de altitude do ponto de visão. Os dados obtidos possuem coordenadas geodésicas (latitude e longitude) e datum WGS84.

RESULTADOS

As imagens de satélite de alta resolução espacial no GE possuem representação em cores verdadeiras, ou seja, na composição colorida RGB a imagem do comprimento de ondas do vermelho esta associada ao canal R, a imagem do verde associada ao canal G e a imagem azul ao canal B. Na Figura 2 pode-se observar as imagens selecionadas neste trabalho, bem como a evolução temporal da incisão, de 2005 a 2016. Observando a feição no sentido do segmento superior ao inferior, verifica-se claramente o maior crescimento em sentido longitudinal (comprimento).

Na imagem do ano de 2005 (Figura 2a) é possível observar o solo desprotegido da cobertura vegetal, fato que pode ter contribuído para ação dos agentes erosivos externos, e com isso, propiciado o surgimento de feições erosivas como sulcos, ravinas e a voçoroca em questão. Já na imagem adquirida em 03 de agosto de 2016 (Figura 2f) a feição erosiva apresentava uma grande extensão de sua área afetada. Nota-se também uma ampla área de depósito do material erodido transportado pela água das chuvas, que contribuiu para o processo de assoreamento do canal a jusante.

As imagens fornecidas pela DigitalGlobe são oriundas dos satélites QuickBird 2, e WorldView 1, lançados em 2001 e 2007, respectivamente. Não é possível identificar na tela do GE qual o nome do satélite e outras informações do modo de aquisição das imagens como, por exemplo, ângulo de visada, resolução espectral e resolução espacial do sensor. Diferente dos programas de processamento digital de imagens de satélite, no GE

não é possível aplicar realces sobre as imagens analisadas. Esta ausência de realce adequado pode dificultar a delimitação da área erodida durante o processo de interpretação visual em outras voçorocas.

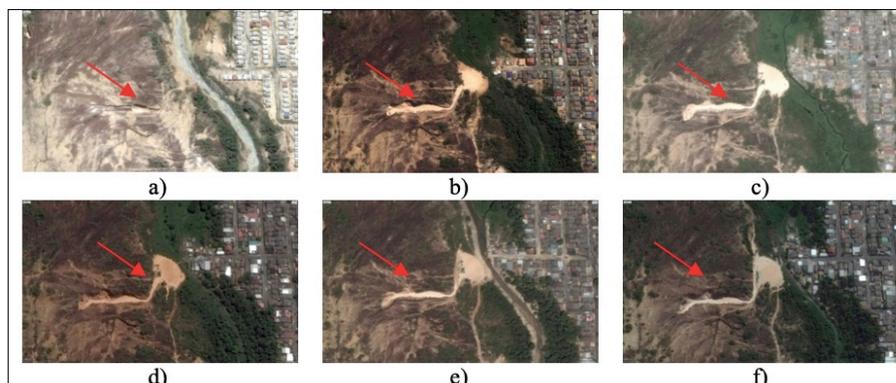


Figura 2 - Imagens do GE selecionadas para este estudo

a) imagem adquirida em junho de 2005. b) imagem de julho de 2011. c) imagem de junho de 2013. d) imagem de abril de 2014. e) imagem de março de 2015. f) imagem de agosto de 2016. Setas vermelhas indicam a localização da voçoroca.

Fonte: Google Earth.

Considerando estas observações, características como forma, tonalidade e o contraste entre material erodido e não erodido permitiram a identificação da voçoroca nas diferentes imagens. Assim, o padrão de resposta da voçoroca sobre as imagens disponíveis no GE possui cores que varia do laranja ao branco, tonalidade clara e textura lisa. Na delimitação dos limites da voçoroca e da forma, a sombra da iluminação solar registrada na imagem é um elemento bastante importante, pois indica que a feição erosiva possui profundidade acentuada. Desta forma, este modelo fotointerpretativo foi utilizado no processo de mapeamento da voçoroca ao longo do período analisado, bem como na obtenção dos dados morfométricos da voçoroca.

Os dados levantados em campo no ano de 2014 apontam que a voçoroca em análise possuía 100 m de comprimento, largura média de 16 m, profundidade média de 13,3 m e um volume erodido de 21.280 m³ (considerada de tamanho Grande). Já as estimativas derivadas na imagem do dia 02/04/2014 indicou que esta voçoroca possuía 97,5 m de comprimento, largura média de 13,6 m e utilizando os dados de profundidade média de 13,3 m (observado em campo) pôde-se estimar um volume erodido de 17.636 m³ (considerada de tamanho Médio). A Figura 3 apresenta os mapas da feição erosiva com dados coletados no GE e em campo.

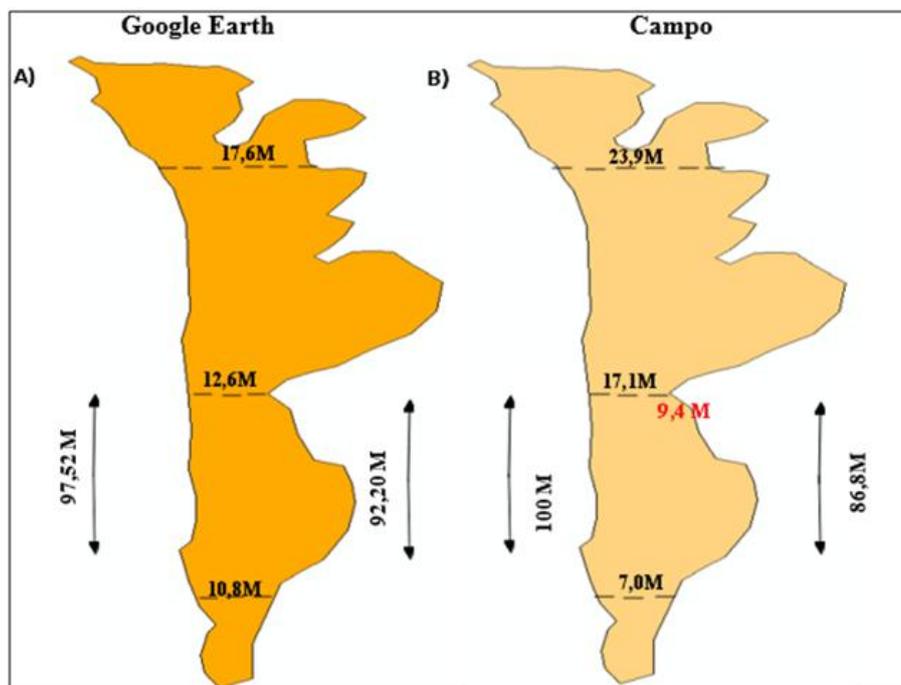


Figura 3 - Morfometria da voçoroca com dados extraídos do GE e em campo
Fonte: Os autores.

O GE permite uma visão em perspectiva da área afetada pela voçoroca (Figura 4), função que possibilita análises complementares, como interpretação da morfologia do terreno e extração de outras informações de contexto, como declividade e formas da vertente. Assim, dados vetoriais produzidos (pontos, linhas e polígonos) podem ser salvos no formato kml (Keyhole Markup Language) ou kmz (formato comprimido), formatos que possibilitam a importação dos dados em outros sistemas de informações geográficas, em equipamentos de navegação como GPS ou Smartphones.

No GE, ao adicionar um traçado (caminho) entre dois ou mais pontos (Figura 4) é possível obter o perfil topográfico (perfil de elevação). Na vertente em análise o perfil topográfico (Figura 5) elaborado neste trabalho possui um comprimento de 197 m, apresentando uma amplitude de elevação de 16,6 m, com valor máximo de 53 m, médio de 44 m e mínimo de 37 m. Já a inclinação média calculada pelo GE foi de 8,5% com valor máximo de 15,3%. Os dados altimétricos utilizados pelo GE são oriundos da missão SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) da NASA e NGA, possui o referencial WGS84 e modelo terrestre representado pelo EGM96 (MENEGUETTE, 2013).



Figura 4 - Visualização área erodida em perspectiva na imagem de 2014
Fonte: Google Earth.



Figura 5 - Perfil topográfico da vertente com voçoroca. A linha vermelha corresponde ao traçado do perfil topográfico
Fonte: Google Earth

No GE estes dados de elevação do terreno permitem obter informações sobre declives, aclives e inclinação de um determinado traçado. No entanto, as análises da elevação do terreno no GE devem considerar que a aquisição dos dados pela missão SRTM foi realizada em fevereiro de 2000, logo os dados de elevação não apresentam possibilidade de análise multitemporal no GE.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos no monitoramento multitemporal da voçoroca entre os anos de 2005 e 2016. Estas medidas foram obtidas no GE ao adicionar um dado vetorial do tipo área (Polígono) com os limites da voçoroca no respectivo ano.

Tabela 2 - Monitoramento multitemporal da voçoroca do conjunto Nova Cidade

Data	Área (m ²)	Perímetro (m)
03/08/2016	1.719	336
26/03/2015	1.234	320
02/04/2014	1.454	301
08/06/2013	1.123	282
21/07/2011	1.064	280
21/06/2005	365	193

Fonte: Elaborado pelos autores

Durante a manipulação e análise de dados oriundos de sensoriamento remoto deve-se considerar principalmente a qualidade geométrica e radiométrica da imagem fornecida pelos distribuidores (MARINHO e CAMARGO, 2015). Neste sentido, ressalta-se que as estimativas de área erodida derivadas de imagens adquiridas em diferentes datas, devem ser feitas com grande cautela, pois informações sobre a

qualidade geométrica das imagens não são fornecidas pelo GE. Avaliações realizadas por Silva e Nazareno (2009), Lopes (2009) e Soares et al. (2010) em diferentes cidades do Brasil apontam que o Padrão de Exatidão Cartográfica das imagens do GE pode variar da escala de 1:5.000, 1:2.000 e 1:30.000, respectivamente. Entretanto, os dados obtidos neste trabalho apontam sérios deslocamentos entre as imagens adquiridas em diferentes datas, conforme pode ser observado na Figura 6 a seguir.

Considerando as limitações relacionadas à qualidade geométrica dos dados multitemporais, a título de exemplo, foi calculada a taxa de área erodida entre os anos de 2005 e 2016 com base nos valores apresentados na Tabela 2. Desta forma, num período de 11 anos a taxa de erosão foi de 123,09 m²/ano ou 10,25 m²/mês. Comparando com outras incisões existentes na cidade que se expandiram a uma velocidade em torno de 34 m²/mês, é possível afirmar que a taxa de crescimento verificada para esta voçoroca representa cerca de 1/3 da velocidade das voçorocas com crescimento acelerado monitoradas em Manaus.

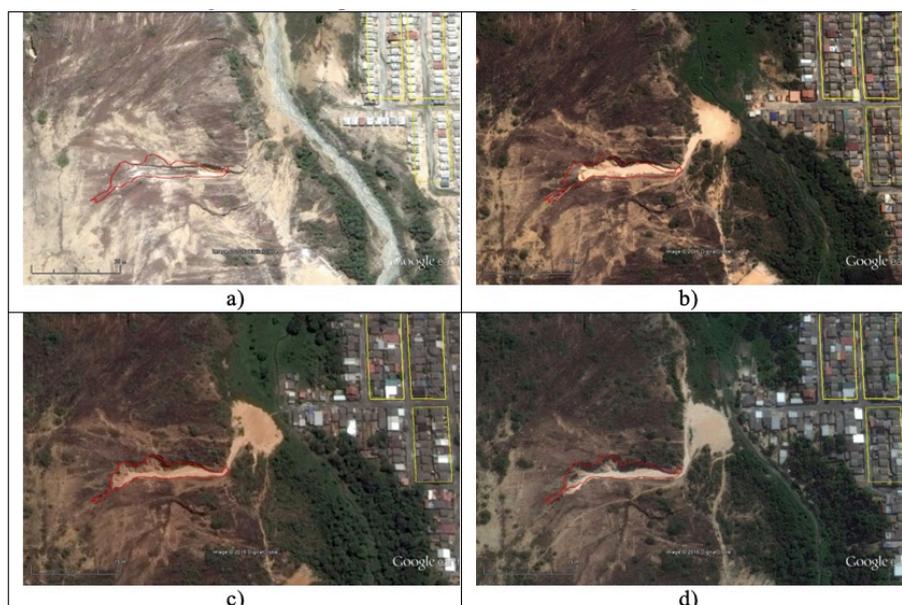


Figura 6 - Exemplos de deslocamentos das imagens do GE
a) imagem de 2005. b) imagem de 2011. c) imagem de 2014. d) imagem de 2016. Os polígonos em amarelo são os limites de quadras residenciais observados na imagem de 2014.
Fonte: Google Earth.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para o mapeamento de feições erosivas do tipo voçorocas, a principal vantagem do GE em relação aos dados de campo está relacionada ao baixo tempo e pouco recurso necessário para um levantamento expedito da área afetada. Nos dados apresentados neste trabalho, diferenças entre os valores obtidos em campo e no GE podem estar relacionadas à precisão geométrica e resolução espacial da imagem, bem como a experiência e habilidades do intérprete na delimitação da voçoroca. A principal dificuldade foi delimitar o segmento superior da voçoroca em todas as seis imagens analisadas, pois a feição erosiva nesta área é mais estreita.

Na análise multitemporal a voçoroca demonstra estar em contínua expansão longitudinal, mas também acrescentando uma nova cabeceira, o que a torna uma incisão bifurcada. Desta forma, conforme dados já apresentados, a taxa de expansão da incisão para o período (2005 a 2016) foi de 123,09 m²/ano ou 10,25 m²/mês, que comparada com outras incisões, percebeu-se que esta apresenta crescimento em torno de 1/3 da velocidade de expansão da maioria das voçorocas descritas em Manaus, as quais compreendem cerca de 34 m²/mês.

As imagens da plataforma são um excelente recurso didático, pois fornecem imagens em diferentes resoluções espaciais e temporais, bem como dados multissensores. Estas imagens são de fácil manipulação para visualização em duas e três dimensões, bem como na análise da dinâmica espacial e temporal do processo erosivo. No entanto, ressalta-se a necessidade de avaliação rigorosa da precisão geométrica nas imagens do GE, principalmente em estudos com abordagem multitemporal, devido a sua baixa correção geométrica.

O auxílio destas imagens proporciona ao pesquisador uma visão prévia da realidade que necessita ser constatada e conferida em campo. Cabe então o mesmo utilizar sempre que necessário essa tecnologia, uma vez que os dados disponibilizados auxiliam no planejamento das atividades de campo, são acessíveis a diferentes tipos de usuários de geotecnologias e apresentam boa qualidade para localizar pontualmente a existência e formas de feições erosivas do tipo voçorocas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Google Earth™ pela permissão de uso das imagens apresentadas neste trabalho e pela licença do Google Earth Pro, e ao Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos - LATOSSOLO do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas - UFAM pelo apoio na atividade de campo.

REFERÊNCIAS

- ADEDIJI, A.; JEJE, L. K.; IBITOYE, M. O. Urban development and informal drainage patterns: Gully dynamics in Southwestern Nigeria. *Applied Geography*, 40, p. 90-102, 2013.
- AKAWWI, EMAD. Geomorphology using Geographic Information System and Global Mapper. *American Journal of Environmental Science*, 9 (5), p. 398-409, 2013.
- BIGARELLA, J. J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. 2 ed., Florianópolis: Editora UFSC, 2007.
- BOARDMAN, JOHN. The value of Google Earth™ for erosion mapping. *Catena*, 143, p. 123-127, 2016.
- COSTA, R.C. Áreas de Risco: processos da natureza e produção da sociedade. *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial, V.4, N.4, p.89 – 104, 2012.
- FERREIRA, K. T. R. O uso e aplicação de imagens e ferramentas do Google Earth no geoprocessamento: estudo de caso das erosões no Campo de Instrução no município de Formosa - GO. 2012. 40p. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, 2012.
- FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 12-30.
- FRANKL, AMAURY; ZWERTVAEGHER, ANN; POESEN, JEAN; NYSSSEN, JAN. Transferring Google Earth observations to GIS-software: example from gully erosion study. *International Journal of Digital Earth*, 6 (2), p. 196-201, 2013a.
- FRANKL, AMAURY; POESEN, JEAN; HAILE, MITIKU; DECKERS, JOZEF; NYSSSEN, JAN. Quantifying long-term changes in gully networks and volumes in dryland environments: The case of Northern Ethiopia. *Geomorphology*, 201, p. 254-263, 2013b.
- G1. Cemitério indígena de 700 anos está abandonado há uma década no AM. Disponível em: . Acesso em: 10/04/2017.
- GILAD, U.; DENHAM, R.; TINDALL, D. Gullies, Google Earth and the Great Barrier Reef: a remote sensing methodology for mapping gullies over extensive areas. In: XXII ISPRS Congress, 2012. Melbourne. Proceedings... Melbourne: ISPRS, 2012. p. 469-473.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Mapa de Geomorfologia da Amazônia Legal. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências, 2009. Escala 1:250.000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cidades@. Disponível em: . Acesso em: 10/04/2017.

- IMWANGANA, Fils Makanzu; VANDECASTEELE, Inc; TREFOIS, Philippe; OZER, Pierre; MOEYERSONS, Jan. The origin and control of mega-gullies in Kinshasa (D.R. Congo). *Catena*, 125, p. 38-49, 2015.
- LATRUBESSE, E. M. Patterns of anabranching channels: The ultimate end-member adjustment of mega rivers. *Geomorphology*, 101, p. 130-145, 2008.
- LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. 2a. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010, 216 p.
- LOPES, E. E. Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para a produção de mapas. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2009.
- MARCHIORO, E.; AUGUSTIN, C.H.R.R. Dimensão de parcelas experimentais: influência nas medidas de escoamento superficial e erosão do solo em Gouveia (MG). *Geografias*, 3, p. 7-16, 2007.
- MARINHO, R. R.; CAMARGO, F. F. Avaliação geométrica de ortoimagem TerraSAR-X para mapeamento florestal na Amazônia Brasileira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015. p. 3354-3360.
- MARINHO, R. Uso de imagens SAR orbitais em desastres naturais: mapeamento de inundações e deslizamentos de terra ocorridos em novembro de 2008 no Vale do Itajaí-SC. 2011. 171 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011.
- MASCARENHAS JÚNIOR, T.A.; SARAIVA, J.M.B.; AGUIAR, F.E.O. Comparação entre a normal climatológica de 1961-1990 e o período de 1991-2007 para a precipitação na cidade de Manaus – AM. *Revista Brasileira de Climatologia*, 5, p. 165-175, 2009.
- MCINNES, J.; VIGIAK, O.; ROBERTS, A. M. Using Google Earth to map gully extent in the West Gippsland region (Victoria, Australia). In: International Congress on Modelling and Simulation, 19. (MODSIM) 2011, Perth. Anais... Perth: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 2011. p. 3370-3376
- MELO, F.P; SOUZA, R.M.; ROSS, J.L.S. Modelagem de geoformas para mitigação do risco geoambiental em Garanhuns-PE. *ACTA Geográfica, Boa Vista*, v.10, n.22, pp.87-105, 2016.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 208 p.
- MENEGUETTE, A. Como obter coordenadas altimétricas no Google Earth. Disponível em: < http://www.academia.edu/4568375/Como_obter_coordenadas_altim%C3%A9tricas_no_Google_Earth>. Acesso em: 11/04/2017.
- OLIVEIRA, M. A. T.; VIEIRA, A. F. G.; POSSAS, H. P.; PAISANI, J. C.; LOPES, L. J.; LIMA, M. S. B.; PONTELLI, M. E. Evolução de voçorocas e integração de Canais em áreas de cabeceira de drenagem: município de Resende, RJ. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 1. (SINAGEO), 1996. Uberlândia, Anais... Uberlândia: 1996.
- POLIZEL, S. P.; ROSSETTI, D. F. Caracterização morfológica do delta do Rio Doce (ES) com base em análise multissensor. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 15 (2), p.311-326, 2014.
- SANTORO, J. Erosão Continental. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). *Desastres Naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo : Instituto Geológico, 2009
- SILVA, L. A.; NAZARENO, M. R. X. Análise do padrão de exatidão cartográfica da imagem do Google Earth tendo como área de estudo a imagem da cidade de Goiânia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. Anais... Natal: INPE, 2009. p. 1723-1730.
- SILVA, M. G. S.; LOBÓN G. S.; FERREIRA, N. C.; SCALIZE, P. S. Análise evolutiva de processo erosivo acelerado em uma área urbana da cidade de Goiânia. *Revista Monografias Ambientais*, 14 (2) p. 38-48, 2015.
- SOARES, M. C.; RUARO, T. A.; AGUIAR, C. R. Controle de qualidade da base cartográfica da cidade de Pato Branco no software Google Earth. *Synergismus Scientifica*, 5, p. 28-30, 2010.
- STÖCKER, C.; ELTNER, A.; KARRASCH, P. Measuring gullies by synergetic application of UAV and close range photogrammetry - A case study from Andalusia, Spain. *Catena*, 132, p. 1-11, 2015.

- TOOTH, S. Goole Earth™ in geomorphology: re-enchanting, revolutionizing or Just another resource? In: SHRODER, J.; SWITZER, A. D.; KENNEDY, D.M., (Eds.). Treatise on Geomorphology. vol 14, Methods in Geomorphology. San Diego: Academic Press, 2013, p. 53–64.
- VIEIRA, A.F.S.G. Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008. 223p.