



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 11, nº 1 (2025)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2025v11n1ID34396>



Utilização de geotecnologia no estudo das “Terras Caídas” na Terra Indígena barreira da Missão, Tefé/Amazonas/Brasil

Use of geotechnology in the study of the “Fallen Lands” in the Indigenous Land of the Mission barrier, Tefé/Amazonas/Brazil

Herizangela da Silva Oliveira¹; Hikaro Kayo de Brito Nunes²

¹ Universidade do Estado do Amazonas, Centro de Estudos Superiores de Tefé, Tefé/AM, Brasil. Email: herizangelaoliveira@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1703-7822>

² Universidade do Estado do Amazonas, Centro de Estudos Superiores de Tefé, Tefé/AM, Brasil. Email: hnunes@uea.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6868-1285>

Resumo: As “Terras Caídas” são processos morfodinâmicos que acontecem principalmente em rios amazônicos e que causam significativas alterações nas paisagens, desencadeando inclusive perdas materiais e humanas. Este estudo tem como objetivo caracterizar e analisar os eventos físico-naturais a partir da determinação de taxas de formação/alteração dos processos de Terras Caídas na Terra Indígena Barreira (Tefé/Amazonas) com base no emprego de geotecnologias. Metodologicamente foram utilizadas as ferramentas disponibilizadas no Google Earth Pro para coleta, processamento e interpretação de dados espaciais (perfil altimétrico, drenagem, cobertura vegetação e solo) e atividades humanas (econômicas e ocupação habitacional) ao longo das cicatrizes erosivas. Como parâmetro analítico foram determinadas 20 feições (cinco em cada comunidade indígena) demonstrando a variedade do processo em suas geometrias, dimensões e comportamento espaço-temporal, a exemplo da Feição 05 localizadas na Barreira de Baixo, com 80 metros de perímetro da cicatriz erosiva. Os resultados identificados podem ser úteis para a implementação de políticas públicas sociais e ambientais visando melhorar a qualidade de vida das populações que habitam essas áreas, tendo em vista que o processo se intensifica ao longo dos anos.

Palavras-chave: Processos superficiais; Imagens de satélite; Amazônia Brasileira.

Abstract: The “Fallen Lands” are morphodynamic processes that occur mainly in Amazonian rivers and that cause significant changes in landscapes, including triggering material and human losses. This study aims to characterize and analyze physical-natural events by determining formation/change rates of Fallen Land processes in the Barreira Indigenous Land (Tefé/Amazonas) based on the use of geotechnologies. Methodologically, the tools available in Google Earth Pro were used to collect, process and interpret spatial data (elevation profile, drainage, vegetation and soil coverage) and human activities (economic and housing occupation) along the erosion scars. As an analytical parameter, 20 features were determined (five in each indigenous community) demonstrating the variety of the process in its geometries, dimensions and spatio-temporal behavior, such as Feature 05 located in Barreira de Baixo, with an 80 meter perimeter of the erosion scar. The results identified can be useful for the implementation of social and environmental public policies aimed at improving the quality of life of the populations that inhabit these areas, considering that the process intensifies over the years.

Keywords: Surface processes; Satellite images; Brazilian Amazon.

1. Introdução

Os usos de técnicas empregadas em estudos da paisagem são capazes de subsidiar a extração, manipulação, tratamento e interpretação de dados e informações espaciais (Geoinformação), e apoiadas pelos Sistemas de Informações Geográficas, Sensoriamento Remoto, Geoestatística, Cartografia, Geodésia e outros, tal como Florenzano (2011) e Xavier-da-Silva e Zaidan (2011) afirmam que essas técnicas são fundamentais na investigação de processos que se localizam em um recorte espacial e temporal, auxiliando na compreensão dos padrões de uso, ocupação e cobertura da terra, de impactos, além de características físico-naturais que formam a paisagem (MEINIG; 2002; CONTI, 2014; BALDIN, 2021).

De acordo com Freitas e Albuquerque (2012), o termo “Terras Caídas” é utilizado para identificar uma modalidade erosiva por causas naturais devido ao processo de sedimentação, deposição e erosão que ocorrem em função da configuração da planície fluvial amazônica, resultados de uma combinação de diferentes fatores (onde se destaca a questão climática) considerando os altos níveis pluviométricos da região associados ainda à fragilidade do material das margens que sofrem pressões periódicas pela dinâmica que água do rio exerce. Acrescenta-se ainda a influência paleoclimática do Quaternário e os aspectos estruturais e (neo)tectônicos para a formação do atual sistema fluvial amazônico, garantindo interações morfogenéticas e morfodinâmicas (ROSSETTI; COHEN; PESSENCIA, 2017; SOARES, et al. 2021) para a formação das paisagens atuais.

As “Terras Caídas” são processos morfodinâmicos frequentes nas margens dos rios amazônicos, sobretudo ao longo das terras de várzeas do rio Solimões, associadas à sazonalidade da inundação a julgar pela necessidade de estudos sobre os dimensionamentos espaciais e temporais nos em áreas de terras firmes.

A finalidade do estudo se dá pela caracterização das áreas a partir de elementos físico-naturais (declividade, drenagem, vegetação e solo) e de ocupação humana (atividades econômicas e ocupação habitacional); Determinação das taxas (aspectos quantitativos) de formação e alteração dos processos erosivos identificados e sua proximidade e vínculo (aspectos qualitativos) com a Terra Indígena (T.I.) em questão, em que pesce a proximidade com as residências; e pelo emprego de ferramentas das geotecnologias como subsídio para análise ambiental no recorte temporal entre 2013 e 2022. Diante do exposto, o estudo que se segue tem como objetivo caracterizar e analisar os eventos físico-naturais a partir da determinação de taxas de formação/alteração dos processos de “Terras Caídas” na Terra Indígena Barreira (Tefé/Amazonas) com base no emprego de geotecnologias.

Importante ressaltar que a referida área de estudo é subdividida em quatro aldeias vizinhas (Barreira de Cima, Betel, Barreira do Meio e Barreira de Baixo) localizadas na margem direita do Rio Solimões, no município de Tefé/Amazonas. A escolha da área de estudo a princípio se deu pelos seguintes motivos: a) a área apresenta morfologias evidentes e acentuadas de eventos de “Terras Caídas”; b) um estudo na porção rural do município, abrangendo ainda uma Terra Indígena; c) possibilidade de inter-relação entre elementos físico-naturais e socioeconômicos; e, d) capacidade de auxiliar na produção científica local. O estudo se justifica pela identificação dos processos “Terras Caídas” em área de terra firme, de modo que para a ciência geográfica é de grande relevância pois permite uma leitura científica dos fenômenos naturais. Para além disso, o registro e a identificação desses processos podem servir de subsídio político para implementação de políticas públicas sociais e ambientais voltadas a qualidade de vida das populações que fazem uso destes espaços.

2. Bases teóricas

Os processos erosivos são naturais e de fundamental importância na modelagem do relevo e na constante renovação dos solos (DRUMOND, 2015), por outro lado, pode ocorrer um desequilíbrio no sistema geomorfológico, de origem natural ou pela ação antrópica que culmina com a aceleração desses processos erosivos, causando danos muitas vezes irreversíveis à paisagem e, por vezes, à economia de áreas atingidas por esses processos. A erosão é um fenômeno natural, operante na superfície da terra desde sua formação e sujeito a interferências por atividades antrópicas, que podem levar a intensificação das taxas de incidência (SELBY, 1993; DRUMOND, 2015; SUERTEGARAY; SILVA, 2020).

Dentro deste escopo, de acordo com Albuquerque (2010) as “Terras Caídas” são deslocamentos de solo e existem inúmeros e diversos deslizamentos, escorregamentos, desabamentos e desmoronamentos de terras que acontecem na região amazônica, com dimensões e magnitudes diversos, sendo perceptível em depósitos de sedimentos recentes e em rochas consolidadas mais antigas, também estudados recentemente por Ferreira, Lima e Rabelo (2022) e Nunes (2022).

Os rios da região amazônica desenvolvem seus canais em depósitos das planícies modernas formadas por eles mesmos ou depósitos mais antigos que formam o substrato da bacia hidrográfica, e, em alguns afloram formando as margens dos canais. O fator climático predominantemente quente úmido e quente superúmido da América do Sul e sua posição geográfica com eventos pluviométricos irregulares aliado ao ciclo hidrológico e a progressiva eliminação da floresta

equatorial, vão intensificar os processos cíclicos das “Terras Caídas” na região (SILVA; NODA, 2016; MATOS, 2020; OLIVEIRA, 2022).

As referidas “Terras Caídas” compreendem, conforme Albuquerque (2010) por diversos tipos de escorregamentos a partir: do tipo de material sujeito ao movimento; da topografia com suas formas e características específicas sobre o qual o movimento ocorre; da cobertura vegetal da área pelo movimento; do clima; da água e do tempo de duração do fenômeno. Na região Amazônica a maioria dos escorregamentos vão ocorrer nas margens dos rios, considerando que as margens possuem inclinações bem acentuadas podendo ser desprovidas ou cobertas por vegetação. Outro fator citado é a energia das correntes erosivas contra as margens, aliada a precedentes que vão gerar tal processo.

As causas das “Terras Caídas” (figura 01) estão relacionadas a fatores como: ação erosiva das águas superficiais e do nível freático, a energia das correntezas dos rios e a influência neotectônica que exerce um fator importante na configuração da paisagem amazônica (ALBUQUERQUE, 2010), de modo que a neotectônica tem sido responsabilizada pelos eventos de maiores dimensões, sobretudo ao longo dos rios, a maioria em zonas de megafraturas ou grandes falhas. A classificação segue dois padrões: Movimento Rotacional que dá origem a um rebaixamento de blocos que se desprendem ao longo do plano vertical, sem ter modificações nas estruturas internas; e o Movimento Translacional que origina escorregamentos de rochas ou solos ao longo de planos inclinados com quebra de material que é depositado no sopé do plano inclinado.

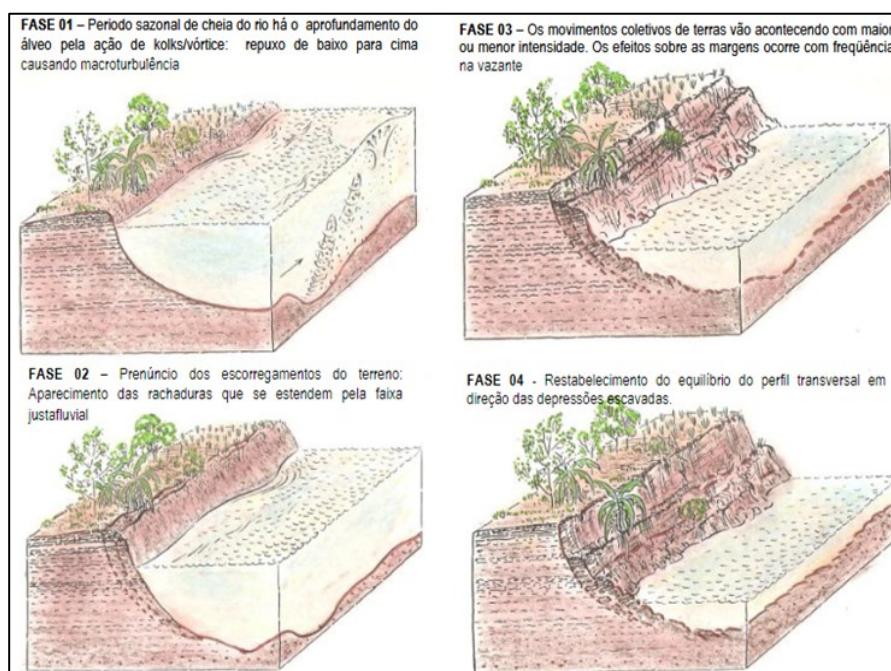


Figura 01 – Mosaico com as fases de erosão fluvial/“Terras Caídas”.

Fonte: Pacheco; Brandão e Carvalho (2012).

Nesse processo de identificação e monitoramento das “Terras Caídas” faz-se uso de geotecnologias, sobretudo no acompanhamento da dinâmica espaço-temporal (como observado sequencialmente nas Fases 01, 02, 03 e 04 da figura anterior) bem como das consequências, que, de acordo com Santos, et al (2012), ao longo dos anos a preocupação ambiental voltada à conservação dos recursos naturais tem sido uma preocupação mundial, e, neste sentido, as geotecnologias têm sido de fundamental importância para o monitoramento temporal de eventos ambientais. Assim “as pesquisas aplicadas [...] dependerão das Geotecnologias, pois sabe-se que a localização é um componente vital para a tomada de decisão e que, no futuro, com o avanço tecnológico, serão implementadas novas formas de obtenção e processamento de dados espaciais” (SANTOS et al, 2012, p. 22).

Cada vez mais as pesquisas direcionadas a questão ambiental farão uso das geotecnologias como instrumento fundamental a coleta de dados, monitoramento, tratamento e interpretação, determinante para o conhecimento da localização ou distribuição geográfica de objetos e fenômenos sempre foi algo importante, entendido como raciocínio geográfico, o de localizar e dar significados aos lugares de ocorrência de objetos ou fenômenos (NASCIMENTO et al,

2015). Neste contexto, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) se destacam por permitirem o armazenamento, organização, manipulação, tratamento e saída de dados georreferenciados em ambientes computadorizado, compreendendo simultaneamente vários sistemas, como programas, equipamentos, procedimentos, dados e recursos humanos, o que pode ser observado nas contribuições de Silva; Ladwig e Back (2024), Sato et al. (2024) e Silva; Rabelo e Nunes (2024).

Com ferramentas que permitem a exploração de toda superfície terrestre e/ou oceânica tanto a vista em plana quanto a sua observação com a variação da altitudes do relevo, medidas de área, distância e elevação, elaboração de perfis topográficos, marcações, traçados de caminhos, delimitação de áreas, ativação de camadas e fontes externas e visualização de imagens históricas de uma mesma localidade; permitindo ao usuário não apenas a simulação de um sobrevoo sobre qualquer localidade do planeta, mas também pode ser utilizado na análise de fenômenos ambientais e/ou urbanos (NASCIMENTO, 2015). As geotecnologias englobam a utilização de tecnologias geoespaciais para a aquisição, análise e representação de informações, “porém, o que tem revolucionado os processos tradicionais de utilização da informação é a maneira como ela pode ser rapidamente processada e utilizada para diferentes objetivos pelo modo de sua apresentação, ou seja, georreferenciada ou mapeada” (ROSA, 2005, p. 82). Para além disso, Florenzano (2011, p. 31) destaca “que as imagens de satélite, por fornecerem uma visão ampla e multitemporal da superfície terrestre, evidenciam os ambientes e suas transformações”. Quando aplicadas às terras indígenas, essas ferramentas desempenham um papel crucial na gestão, proteção e preservação dessas áreas, além de serem utilizadas para mapear e delimitar os limites das terras indígenas, ajudando a estabelecer direitos de propriedade e uso, bem como no auxílio para a gestão sustentável de recursos naturais.

3. Bases metodológicas

3.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada no Estado do Amazonas, no município de Tefé (com população total de 73.669 pessoas conforme o Censo Demográfico de 2022 e distante cerca de 672km de Manaus, capital do estado) na Terra Indígena da Barreira da Missão, com uma distância de aproximadamente 10km da sede do município (figura 02). De acordo com dados do Instituto Sócio Ambiental (ISA, 2024) a Terra Indígena fora oficialmente homologada em 29 de outubro de 1991, sendo marco na luta pela demarcação de Terras Indígenas no Brasil representando um direito dos povos indígenas à preservação de suas tradições, vivem na Terra Indígena (T.I.) 788 pessoas das etnias Kambeba, Ticuna, Miranha, Kaixana e Wioto, em uma área de 1.772 hectares. Situa-se na margem direita do rio Solimões, sentido sede do município-TI Barreira da Missão, via fluvial.



Figura 02 – Identificação da TI e da área de estudo.
Fonte: Autores (2023) a partir do Google Earth (2022).

3.2 Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa seguiu uma sequência ora concomitante ora subsequente de inúmeras etapas metodológicas (figura 03), considerando as especificidades do estudo e, que, por ser Terra Indígena, os responsáveis por este estudo elaboraram um Termo de Anuênci, posteriormente aprovado e assinado pelas lideranças indígenas de cada uma das comunidades da T.I. Logo após a coleta foram realizadas duas expedições de campo (26/08/2023 e 07/10/2023) saindo da sede do município (Zona Urbana) por via fluvial em transporte comum (canoa e motor rabeta), com um tempo de deslocamento de aproximadamente uma hora, para coleta de coordenadas geográficas, registros fotográficos, determinação de pontos e análises dos processos existentes.



Figura 03 – Organograma Metodológico.
Fonte: Autores (2023)

Desta forma por meio da análise de imagens de satélite do Google Earth dos anos 2013 e 2022 considerando que a imagem disponível no menu ferramenta “imagem históricas” com melhor resolução é datada de agosto 2013 e a mais recente em outubro de 2022. As imagens de satélite estão vinculadas ao LandSat/Copernicus e CNES/Airbus. Metodologicamente baseou-se em Prina et al (2011), Pereira, Guimarães e Oliveira (2018), Barbosa, Listo e Bispo (2022) e Velastegui-Montoya et al (2023) para a definição e análise dos seguintes elementos:

- Erosão: Foi ativada a opção linha e feito todo o trajeto da área nas duas datas 2013-2022, e realizada a medição de 20 feições ao longo da área pesquisada para então comparar as imagens históricas identificando as distâncias do processo erosivo na Terra Indígena. As medições das cicatrizes a partir das funções “Mostrar imagens históricas” para a visualização das imagens, ano a ano, invalidando apenas aquelas que não possuíam boa qualidade da resolução espacial (a exemplo de setembro de 2020 em decorrência da quantidade de nuvens) e “Adicionar caminho” para o contorno das cicatrizes erosivas e posterior medição do perímetro.
- Perfil Topográfico: Na lateral esquerda ativa a camada “terreno” e depois a visualização do terreno em relevo na tela. Na sequência menu “ferramentas”, opção “réguas” para fazer a linha na área desejada e identificar os níveis de declividade na tela;
- Drenagem: Analisando a imagem do sistema Google Earth dentro da temporalidade da pesquisa (2013-2022), a exemplo na obteve-se a distância da lâmina d’água na área específica onde foram feitas as medições descritas em diferentes feições da área para efeito de comparação nos dois períodos analisados.
- Vegetação, Solos, Atividades econômicas e Ocupação habitacional: a partir de chave de interpretação com base em elementos como tonalidade, cor, textura, forma, tamanho e padrão das imagens do Google Earth Pro e dos registros fotográficos.

4. Resultados e discussão

A adoção de recursos geotecnológicos se deu a partir das ferramentas possibilitadas pelo Google Earth, que, de acordo com Nascimento (2015) se destaca pela gratuidade e facilidade de manipulação permitindo que pessoas de diferentes idades consiga manuseá-lo, com objetivo de representar a superfície do planeta terra desde que tenha acesso a internet podendo obter imagens de satélites compiladas por uma ampla gama de fontes comerciais e públicas. Com a visita in loco foi identificado na área de estudo a existência de inúmeras cicatrizes erosivas decorrentes do fenômeno das “Terras Caídas”, e que, a partir da análise de imagens de satélite (entre 2013 e 2022) disponibilizadas no Google Earth, conforme Tabela 01.

Tabela 01 – Dimensões (em metros) das cicatrizes erosivas decorrentes das Terras Caídas (2013/2022).

Feições erosivas	Comunidades indígenas dentro da T.I. Barreira da Missão			
	Barreira de Cima	Betel	Barreira do Meio	Barreira de Baixo
Feição 01	9m	12m	32m	21m
Feição 02	8m	20m	20m	76m
Feição 03	13m	24m	15m	78m
Feição 04	16m	36m	12m	73m
Feição 05	12m	31m	19m	80m

LEGENDA:

	Maior dimensão de cicatriz erosiva para a comunidade		Menor dimensão de cicatriz erosiva para a comunidade
--	--	--	--

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

As 20 feições identificadas (cinco em cada comunidade) demonstram a variedade do processo mesmo ao longo de aproximadamente 3,4km, considerando tanto a geometria (forma) quanto a dimensão em si. De montante para jusante, importante salientar que há um aumento progressivo das taxas de processo erosivo, na Barreira de Cima, por exemplo, a soma é de 58m (a maior cicatriz possui 16m de perímetro ao passo que a menor possui 8m). Na Betel a soma é de 123m (a maior cicatriz possui 36m de perímetro e a menor possui 12m), enquanto na Barreira do Meio a soma é de 98m (a maior cicatriz possui 32m de perímetro ao passo que a menor possui 12m) e, por fim, na Barreira de Baixo a soma é de 328m (com cicatrizes variando entre 21m e 80m).

Intenta-se, a partir destes dados, a dimensão espacial e temporal do objeto de estudo, de modo que há possibilidade de comparações entre as próprias comunidades, interpretando, aqui, a maior complexidade identificada na Barreira de Baixo. Frisa-se ainda que o maior processo erosivo está na borda da T.I., no final da Estrada da EMADE (figura 04) já estudado por Silva Neto e Aleixo (2014), Conceição, Silva Neto e Aleixo (2017), Mesquita (2017) e Nunes (2022), que identificaram a fragilidade do solo e dos sedimentos na região, além da abertura de estradas datadas em meados das décadas de 1960 e 1980, onde desde então a ocupação do solo vem se acelerando. No caso específico da estrada da Emade, esta teve sua abertura a partir do interesse estadual e federal com o objetivo de promover o projeto de óleo de dendê como fonte de energia, de modo ainda que os processos que transformam e alteram as paisagens na região demonstram a insuficiência de políticas de planejamento e gestão territorial, que são visualizadas no aumento de áreas desmatadas, no aumento e intensificação dos processos erosivos (SILVA NETO; ALEIXO, 2014; MESQUITA, 2017).



Figura 04 – Destaque para o processo existente no final da estrada da EMADE e sua conexão com os processos dentro da T.I., sobretudo na área da Barreira de Baixo.

Fonte: Autores (2023) a partir do Google Earth (2022).

A distribuição da vegetação é um fator importante para sustentação do solo. Nas imagens analisadas (2013-2022) foi observado que nas áreas em que a camada da vegetação é mais densa os processos erosivos são menores e onde ocorreu a retirada (solo exposto, por ação natural ou antrópica) os processos são maiores, uma vez que o solo fica exposto na margem, associado à sazonalidade periódica dos rios da região, ficando suscetível a perdas significativas de solo e comprometendo a estabilidade das margens (ALBUQUERQUE, 2010).

Na área de estudo não há existência de empreendimento econômico, uma vez que as populações indígenas têm sua subsistência voltada principalmente à agricultura, à caça e à pesca, muito embora a população já tenha sofrido com a influência da zona urbana principalmente nos hábitos alimentares, e pela implementação de programas sociais do Governo

Federal que contribuem para a sustentabilidade econômica das populações (ISA, 2024). No caso específico dos plantios mandioca voltados para a produção de farinha, estas estão concentrados em áreas distantes da margem. Outra atividade é a criação em pequena escala de animais de pequeno porte (galinhas, porcos e outros).

Atrelado ainda às ações humanas locais, como é possível observar nas imagens de satélite (Figura 05) e constatado na visita in loco, as construções e residências estão próximas a margem do “barranco”, uma área caracterizada por fatores de risco, como o fenômeno das “Terras Caídas”. No entanto apesar dos riscos ambientais evidentes, a terra é uma conquista para as populações indígenas, que já dispõem de escola pública bilíngue e polo de saúde indígena.

Observa-se, ainda conforme a Tabela 01, na primeira feição que o processo erosivo é maior nas mediações da Barreira do Meio seguida da Barreira de Cima. Na feição 02 (dois) o processo erosivo mais evidente na Barreira de Baixo seguida da Barreira do Meio e Betel com as mesmas dimensões. Nas feições 3, 4 e 5 se destaca um aumento desses processos na Barreira do Meio e de Baixo como identificado e ilustrado na figura 06.



Figura 05 – Distância entre as residências e a margem do rio Solimões.

Fonte: Autores (2023) a partir do Google Earth (2023).



*Figura 06 – Processo Erosivo.
 Fonte: Autores (2023) a partir do Google Earth (2023).*

Essa constatação de maiores eventos de terras caídas nas medições finais da T.I. é observado *in loco*, no início da área, e, no percurso de campo por via fluvial é observada maior cobertura vegetal, que vai diminuindo durante o percurso, ficando cada vez mais visíveis os processos erosivos. Sobre isso, Drumond (2015) revela que o processo erosivo é um evento natural e necessário para moldagem solo, contudo pode se intensificar com a ação humana e a retirada da cobertura vegetal. Neste sentido, é possível identificar o fenômeno de “Terras Caídas”, nas medições em que cobertura vegetal existente foi removida ou destruída, deixando o solo exposto à erosão, em imagens recentes observa-se o crescimento da cobertura vegetal em áreas de deslizamento com árvores e plantas de raízes que ajudam a estabilizar o solo. À medida que a cobertura vegetal se estabelece, outras espécies vegetais (secundárias) começam a nascer na área, criando uma sequência de mudanças na vegetação chamada de sucessão ecológica, porém não dando sustentabilidade ao terreno.

Na Figura 07 estão os registros realizados no trabalho de campo e ilustram os processos erosivos no período de agosto de 2023, e mais uma vez confirmando os dados analisados nas imagens produzidas pelo Google Earth, no que se refere às características da área, voltadas principalmente à vegetação, o solo, ocupação humana e os processos erosivos. Demonstrando o quanto intenso tem sido esses fenômenos (figura 08) em determinadas áreas da T.I, considerando que se trata das margens uma área de terra firme, Ferreira, Lima e Rabello (2022) explicam que nos rios da Amazônia ocorrem inúmeros processos que estão relacionados à erosão fluvial, dentre os quais se destacam os movimentos das “Terras Caídas” como sendo um processo comum nos rios de água branca como o Solimões.



*Figura 07 – Mosaico de imagens da área de estudo.
Fonte: Pesquisa direta (2023).*

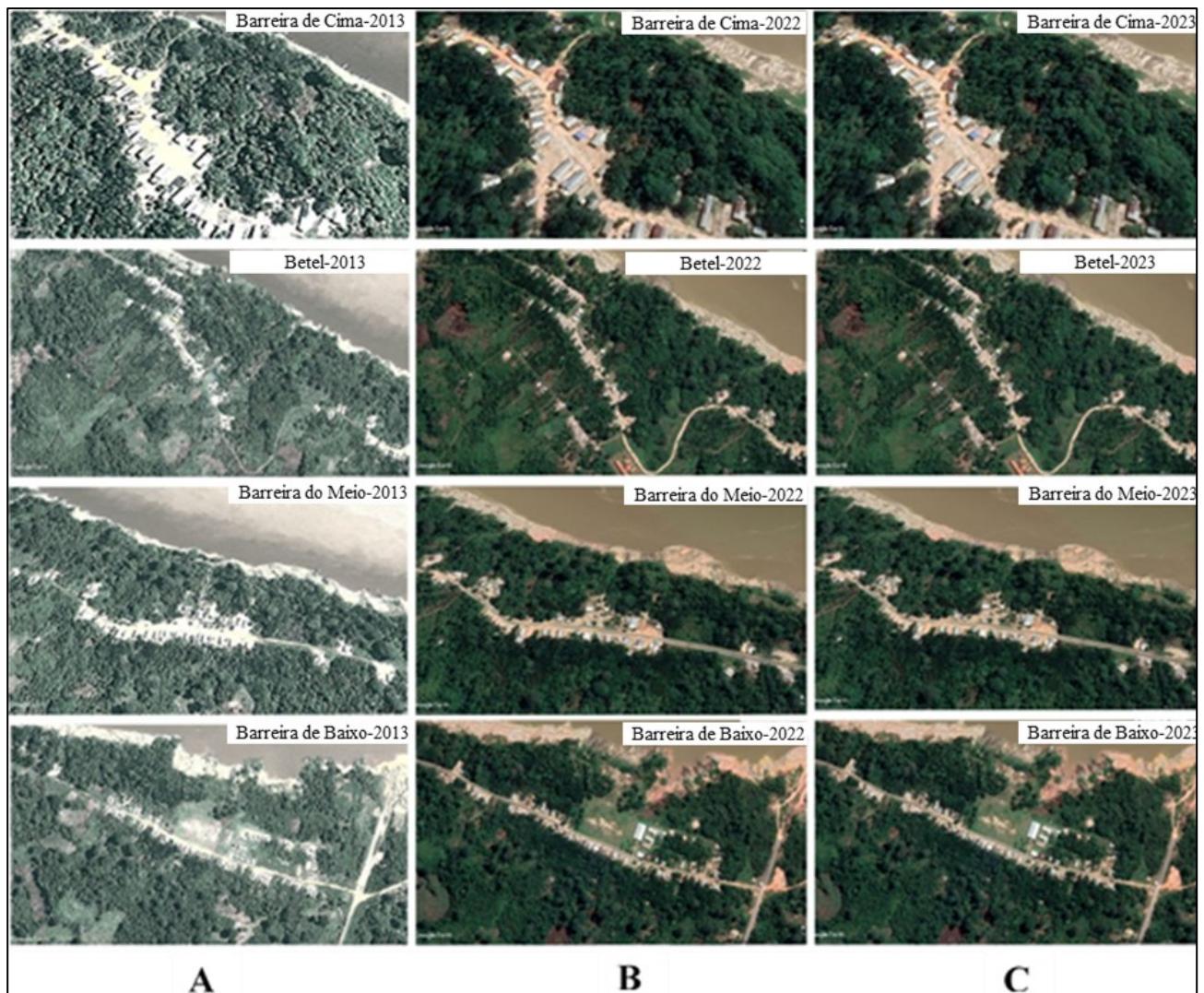


Figura 08 – Mosaico de imagens (2013/2022/2023) de cada comunidade.

Fonte: Autores (2023) a partir do Google Earth (2023).

Para análise da declividade também foram avaliadas as imagens históricas de 2013 e 2022 identificando a menor e a maior declividade. Para o período de 08.2013 foi identificado que a declividade varia de 28m nas mediações da Barreira de Cima e 58 nas mediações da Barreira de Baixo. Para o 10/2022 verificou-se uma variação de declividade de 31m na Barreira de Cima e 60m na Barreira de Baixo. Com o Google Earth a exemplo específico nas medições da lâmina d'água foram realizadas 04 feições, uma em cada comunidade, e partir das imagens foi possível determinar que há um aumento significativo da lâmina durante o período da pesquisa, justificado pela interferência direta da sazonalidade dos rios (vazante e cheia).

Em agosto de 2013, por exemplo, a distância da lâmina d'água para a margem foi de 23m (Barreira de Cima), 32m (Betel), 37m (Barreira do Meio) e 59m (Barreira de Baixo), ao passo que em outubro de 2022 os valores foram de 65m, 65m, 89m e 92m, respectivamente, formando terrenos arenosos decorrentes da descida do nível do rio, aparecimento de praias fluviais arenosas e desmonte dos barrancos. Para as medições analisadas é importante considerar (PÁRRAGA, 2013; MARENGO; FISCH, 2021) os períodos do ano, em agosto na Amazônia é o início da vazante dos rios e o mês de outubro é quando a vazante está mais intensa, logo há uma significativa diferença dos valores, como também é possível de observação na figura 09.

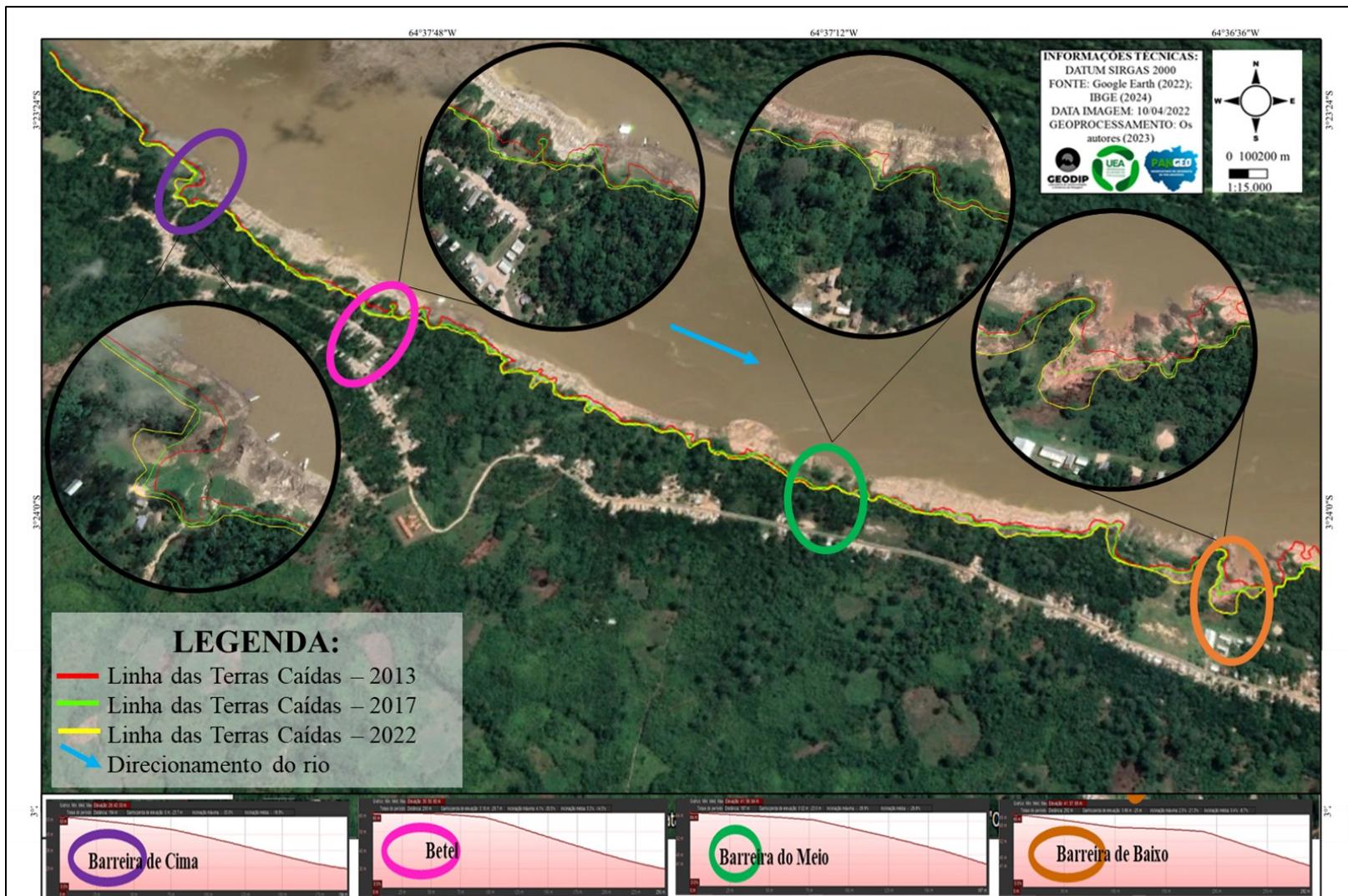


Figura 09 – Prancha representativa, em destaque um zoom para algumas cicatrizes evolutivas (2013/2022) de Terras Caídas e perfis de elevação por comunidade indígena.

Fonte: Autores (2023) a partir do Google Earth (2023).

O Mosaico de imagens, mostra os registros a partir do Google Earth respectivamente das mediações da Barreira de Cima, Betel, Barreira do Meio e Barreira de Baixo. As imagens de uma mesma área em anos e períodos diferentes: a primeira imagem na coluna “A” corresponde a 08/2013, a segunda de 10/2022 na coluna “B” e a terceira 08/2023 na coluna C, é importante ressaltar que as imagens não são georreferenciadas, pois estas são salvas em formato JPG no próprio sistema. Nestas imagens é possível observar as mudanças na cobertura vegetal, no solo, e a ocupação habitacional nos diferentes períodos, além de cicatrizes das Terras Caídas, em inúmeros episódios de movimentos de massa, como o mais recente acontecido às 11h30min (horário aproximado) do dia 26 de setembro de 2023, na Barreira de Cima (figura 10), com processos graduais de desbarrancamento durante o resto do dia.



Figura 10 – Evento de terras caídas na Barreira de Cima.

Fonte: Pesquisa direta (2023).

A vegetação vai diminuindo gradativamente influenciada pela ocupação habitacional na TI. O solo em determinadas áreas como nas mediações da Barreira de Baixo vem sofrendo desabamentos, que associados aos fatores naturais da região podem ter provocado maior índice de terras caídas como foi constatado tanto nas imagens como na pesquisa de campo. As águas de infiltração, de fluxo superficial, e a correnteza dos rios são fatores também importantes. A água de infiltração penetra nos poros entre as partículas dos sedimentos inconsolidados aumentando a massa e por consequência concorrendo para o desequilíbrio local (ALBUQUERQUE, 2010). As mudanças, podem variar dependendo das condições do local, padrões de chuva e temperaturas que na Amazônia podem agravar a erosão e a degradação do solo, tornando as margens dos rios mais suscetíveis a processos erosivos.

5. Considerações finais

Com base nos resultados obtidos por meio de análises geotecnológicas, foram identificadas as cicatrizes erosivas, declividade, cobertura vegetal que conforme análise visual das imagens vem diminuindo gradativamente e a ocupação habitacional na área de estudo. Nesse sentido, verifica-se que a utilização do Google Earth contribui como uma ferramenta

promissora nos levantamentos geográficos da área de estudo, por meio do qual é possível descrever a evolução em áreas de susceptibilidade de terras caídas, que associado aos solos arenosos e argiloso, desenvolvem em áreas de deposição recente de sedimentos transportados por rios e córregos. Contudo o trabalho desenvolvido analisou a temporalidade dos anos 2013 a 2022 da Terra Indígena da Barreira da Missão, onde se destaca o fenômeno das “Terras Caídas”, para tanto o sistema Google Earth, foi fundamental no desenvolvimento da pesquisa para identificar e produzir material para análise.

Ao analisar os resultados, nota-se que o processo erosivo das “Terras Caídas”, aparece nos resultados, pois como foi discutido é visível o fenômeno, bem como as consequências que foram causadas e isso reflete no modo de vida das populações, que vivem na T.I, e que precisam migrar com suas residências afastando-as cada vez mais das margens, áreas específicas cada vez mais acidentadas dificultando o acesso ao rio, que é via de transporte muito utilizada até a sede do município. Durante a pesquisa foi possível observar que a área tem sofrido grandes perdas de solo em decorrência das Terras Caídas nas margens do rio, influenciada por diversos fatores naturais e antrópicos, tornando a área mais propícia aos processos erosivos.

Referências

- Albuquerque, A. R. *Contribuições teórico metodológicas da Geografia Física*. Manaus: EDUA, 2010.
- Baldin, R. Sobre o conceito de paisagem geográfica. *Paisagem E Ambiente*, v. 32, n. 47, p. 1-17, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.paam.2021.180223>
- Barbosa, B.; Listo, F. L. R.; Bispo, C. O. O Google Earth como ferramenta didática para o ensino dos parâmetros fisiogeográficos: aplicação na Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. *Pesquisar - Revista de Estudos e Pesquisas em Ensino de Geografia*, v. 9, n. 18, p. 24-39, 2022.
- Conceição, Z. S.; Silva Neto, J. C. A.; Aleixo, N. C. R. Desmatamento nas margens da estrada da EMADE no município de Tefé-AM, uma análise dos anos de 1990 e 2015. In: Perez Filho, A.; Amorim, R. R. (Orgs). *Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento*. Campinas: IG/UNICAMP, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1884>
- Conti, J. B. Geografia e Paisagem. *Ciência E Natura*, v. 36, n. 3, p. 239–245, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X13218>
- Drumond, F. S. *Caracterização e quantificação dos processos erosivos de uma voçoroca na bacia do Riacho Manoel Félix no Complexo Metamórfico do Bação, Quadrilátero Ferrífero - MG*. 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.
- Ferreira, S. R.; Lima, M. E. F.; Rabelo, F. D. B.. Percepção Sobre os Impactos dos Processos Erosivos na Comunidade da Barreira da Missão de Baixo, Tefé/AM. In: Silva, G. C.; Caetano, A. N. G.; Pereira, W. L. M.; Silva, V. I. B.; Machado, A. M. B.; Sohn, C. D. M. (Orgs). *Impactos ambientais da exploração dos recursos hídricos e energéticos*. São Luís: EdUFMA, 2022.
- Florenzano, T. G. *Iniciação em sensoriamento remoto*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- Freitas, F. T.; Albuquerque, A. R. Análise temporal sobre as “Terras Caídas” no Médio Solimões/Coari (AM). *Mercator*, v. 11, n. 25, p. 129-140, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2012.1125.0010>
- ISA. Instituto SocioAmbiental. *Terra Indígena Barreira da Missão*. 2024. Disponível em:<<https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/3973>> Acesso em 15 de abr. de 2024
- Matos, J. A. Aspectos geomorfológicos das “Terras-Caídas” em ambiente de várzea no Careiro da Várzea – AM. *Revista GeoUECE*, v. 8, n. 15, p. 78–88, 2020.
- Marengo, J.; Fisch, G.. Clima da região amazônica. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J. (Orgs). *Clima das regiões brasileiras e variabilidade climática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.
- Meinig, D. W. O olho que observa: dez versões da mesma cena. *Espaço E Cultura*, v. 13, n. 35, p. 35-46, 2002. DOI: <https://doi.org/10.12957/espacoecultura.2002.7424>

- Mesquita, M. *Identificação de fragilidade ambiental nas estradas Agrovila e Emade, Tefé (AM)*. 2017. 141f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2017.
- Nascimento, D. T. F.; Romão, P. A.; Silva, S. B.; Sales, M. M.; Vargas, C. A. L.; Luz, M. P. Emprego do Google Earth no Cadastramento de Processos Erosivos Lineares e Laminares. In: ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 15., 2015, La Habana. *Anais...* La Habana, 2015.
- Nunes, H. K. B. Degradação do solo no contexto amazônico: aproximações a partir do município de Tefé/Amazonas. In: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO, 7., 2022, Mossoró. *Anais...* Mossoró: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2022.
- Oliveira, K. K. S. *Urucurituba Velho: uma cidade “expulsa” pelas águas do Rio Amazonas*. 109f. Manaus, 2022. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus: 2022.
- Pacheco, J. B.; Brandão, J. C. M.; Carvalho, J. A. L. Geomorfologia fluvial do rio Solimões/Amazonas: estratégias do povo vazeano do Sudoeste do Careiro da Várzea. *Revista Geonorte*, ed. especial, v. 2, n. 4, p. 542-554, 2012.
- Párraga, G. O. O clima da Amazônia: principais características. In: Borma, L. S.; Nobre, C. A. (Orgs). *Secas na Amazônia: causas e consequências*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- Pereira, L. F.; Guimarães, R. M. F.; Oliveira, R. R. M. Integrando geotecnologias simples e gratuitas para avaliar usos/coberturas da terra: QGIS e Google Earth Pro. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 3, n. 3, p. 250-264, 2018. DOI: <https://doi.org/10.24221/jeap.3.3.2018.1839.250-264>
- Prina, B. Z.; Schio, L.; Miranda, S. I.; Monguilhott, M.. Análise ambiental urbana com o uso de imagens Google Earth. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 2011.
- Rosa, R. Geotecnologias na geografia aplicada. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 16, p. 81-90, 2005.
- Rossetti, D. F.; Cohen, M. C. L.; Pessenda, L. C. R. Clima Quaternário tardio no sul da Amazônia. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 16., 2017, Bertioga. *Anais...* Resumos do XVI Congresso da ABEQUA, 2017.
- Santos, A. R.; Peluzio, J. B. E.; Peluzio, T. M. O.; Santos, G. M. A. D. A. (Orgs). *Geotecnologias aplicadas aos recursos florestais*. Alegre: CAUFES, 2012.
- Sato, A. A. S. A.; Vick, E. P.; Silva, B. H. M.; Oliveira, V. F. R.; Silva, V. R.; Bacani, V. M. Sensoriamento Remoto Aplicado ao Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pântano, MS. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 17, n. 4, p. 2892-2910, 2024. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.4.p2892-2910>
- Selby, M. *Hillslope Materials and Processes*. Oxford: Oxford University, 1993.
- Silva Neto, J. C. A.; Aleixo, N. C. R. Apropriação da natureza e processos erosivos na Região do Médio Solimões–AM. *Revista GeoUECE*, v. 3, n. 4, p. 151-176. 2014.
- Silva, J. G. S.; Ladwig, N. I.; Back, A. J. Índice de transformação antrópica (ITA) aplicado à bacia hidrográfica do rio Araranguá, Santa Catarina, entre os anos de 1985, 2005 e 2019. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 10, n. 2, p. 51–65, 2024. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2024v10n2ID33545>
- Silva, S. H.; Noda, S. N. A Dinâmica entre as águas e terras na Amazônia e seus efeitos sobre as várzeas. *Revista Ambiente & Água*, v. 11, n. 2, p. 377-386, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1805>
- Silva, T. G.; Rabelo, F. D. B.; Nunes, H. K. B. Geomorfologia fluvial e geodiversidade do Lago de Tefé (Tefé, Amazonas, Brasil). *Revista Brasileira De Geografia Física*, V. 17, n. 4, p. 2396–2411, 2024. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.4.p2396-2411>
- Soares, E. A.; Santos, S. M. A.; Custódio, M. A.; Castillo, L. A.; Dehaini, J.; Dino, R. Arcabouço estratigráfico neógeno-quaternário da porção oeste da Bacia do Solimões, Amazônia Ocidental. *Revista Geociências*, v. 40, n. 3, p. 611 - 622, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v40i03.15991>

Suertegaray, D. M. A.; Silva, I. A. S. (Org.). *Brasil: feições arenosas*. Porto Alegre: Compasso Lugar Cultura, 2020.

Velastegui-Montoya, A.; Montalván-Burbano, N.; Carrión-Mero, P.; Rivera-Torres, H.; Sadeck, L.; Adami, M. Google Earth Engine: A Global Analysis and Future Trends. *Remote Sensing*, v. 15, n. 14, p. 1-30, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15143675>

Xavier-Da-Silva, J.; Zaidan, R. T. (Orgs). *Geoprocessamento e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.