

## Caracterização dos processos de erosão fluvial e movimento de massa na falésia fluvial do Rio Negro, Amazonas

Kenya Correa de Sousa<sup>1</sup>  
José Alberto Lima de Carvalho<sup>2</sup>  
André Campos Alves<sup>3</sup>  
Gabriela Mendonça Silva<sup>4</sup>

### RESUMO

As falésias são feições abruptas, com declividades acentuadas e de alturas variáveis, localizadas na linha de contato entre terra e água. Em ambientes fluviais amazônico, o termo foi utilizado pela primeira vez por Pierre Gourou em 1946, inclusive no rio Negro nas proximidades de Manaus e na margem oposta, onde vem sendo realizado o estudo e o monitoramento dos processos erosivos atuantes na margem. As metodologias empregadas foram compostas por levantamentos bibliográficos, idas a campo para coleta de solos, batimetria do canal e monitoramento da erosão com pinos. A partir dessas análises, entende-se que a região é suscetível a diversos processos, sendo eles, erosivos (hídrico) e movimentos de massas. Esses processos estão relacionados com o solapamento da base desestabilizando o material acima que sob a atuação da água da chuva encharca o solo ocasionando o deslizamento.

**Palavras-chave:** Falésias; Solo; Erosão.

### Characterization of fluvial erosion and mass movement processes in fluvial falesia of Rio Negro, Amazonas

### ABSTRACT

The cliffs are abrupt features, with steep slopes and variable heights, located in the line of contact between land and water. In Amazonian fluvial environments, the term was used for the first time by Pierre Gourou in 1946, including in the Negro River near Manaus and on the opposite bank, where the study and monitoring of erosion processes acting on the bank has been carried out. The methodologies used were composed of bibliographical surveys, field trips for soil collection, channel bathymetry and monitoring of erosion with pins. From these analyzes, it is understood that the region is susceptible to several processes, which are erosive (water) and mass movements. These processes are related to the undermining of the base, destabilizing the material above which under the action of rainwater soaks the soil causing the landslide.

**Keywords:** Cliffs; Soil; Erosion.

### Introdução

As formas de relevo presentes na Região Amazônica denotam uma complexidade, em virtude, da escala onde se torna difícil homogeneizar o relevo perante a grandeza regional. Em se tratando de relevo, a área do rio Negro, situada próxima à cidade de Manaus são encontradas formas de relevo

---

<sup>1</sup> Graduanda em Geografia pela Universidade Federal do Amazonas, kenya.correasousa@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor pelo Programa “Ordenamento Territorial e Ambiental” da Universidade Federal Fluminense, albertogeografo@gmail.com

<sup>3</sup> Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Amazonas, alvesandrecampos@gmail.com

<sup>4</sup> Mestranda em Geografia pela Universidade Federal do Amazonas, gabrielamendoncadasilva@gmail.com

características de ambientes marinhos, sendo estes, as Falésias. As falésias são feições (paredões), ou melhor, relevo litorâneo provenientes de vários processos, tais como, erosão marinha, pluvial. Segundo Ab'Sáber (1975), falésia pode ser definida como um paredão abrupto, originado pela erosão marinha (abrasão) na frente de pontas ou promontórios costeiros. O IBGE (1999) conceitua falésias como escarpas originadas pela erosão marinha ou fluvial e ainda sob influência destes agentes, implicando necessariamente na existência de porções continentais soerguidas e/ou rebaixamentos eustáticos para sua formação.

Nascimento (2006) salienta a importância das falésias na contribuição de sedimentos nas praias, pois são susceptíveis a processos erosivos. O autor ainda acrescenta que muitas falésias são formadas por um material inconsolidado, como também, são encontradas falésias de formação rochosa recente.

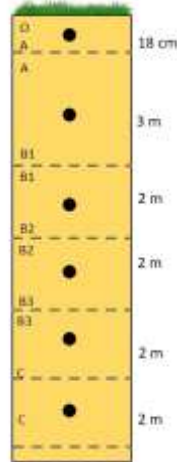
Sendo assim, as falésias, tanto fluviais quanto litorâneas, sofrem com a atuação de processos erosivos e movimento de massa (pelo agente água), isto, entrelaçadas ao tipo de solo e suas propriedades. Em outras palavras, os paredões acentuados em linhas de contato com a terra e água (doce e salgada) passam a ser esculpidos em virtude do solapamento na base da encosta promovendo o desmoronamento das camadas acima.

A literatura voltada para o estudo de falésias no Amazonas é escassa. Os primeiros autores a citarem as falésias em nível de Amazonas foram Gourou (1946) e Ab'Sáber (1956). É notório a falta de pesquisas sobre o tema em ambientes fluviais, em especial no âmbito de Amazônia, sendo assim, a carência de trabalhos voltados a processos geomorfológicos atuantes e pela lacuna de estudos na área tornam a pesquisa relevante principalmente em proporcionar um conhecimento acerca da dinâmica dessas formas no ambiente fluvial. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo a caracterização dos processos erosivos e movimento de massas atuantes na falésia fluvial da margem direita do rio Negro, no município de Iranduba (AM).

## Metodologia

O trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica sobre a temática e idas a campo para monitoramento e coleta de solos. Para o monitoramento das falésias, utilizou-se pinos de erosão na parede com o objetivo de mensurar o potencial erosivo. Foram fixados no total de 6 pinos de 1,5m ao longo da falésia, a **figura 1** exibe a sequências de pinos fixados na falésia.

**Figura 1:** Esquema dos pinos fixados na parede da falésia.



**Org:** os autores (2020).

Em se tratando de encostas, a coleta de cada ponto do perfil foi realizada pela técnica de rapel, que consiste na atividade praticada com uso de cordas em paredões de encostas (**figura 02**). Para a coleta das amostras a parede da encosta foi limpa e a cada 10 cm (10 a 60 cm) foram coletadas 6 amostras, sendo que as amostras F6 e F7 foram coletadas a cada 6 metros, totalizando 8 amostras.

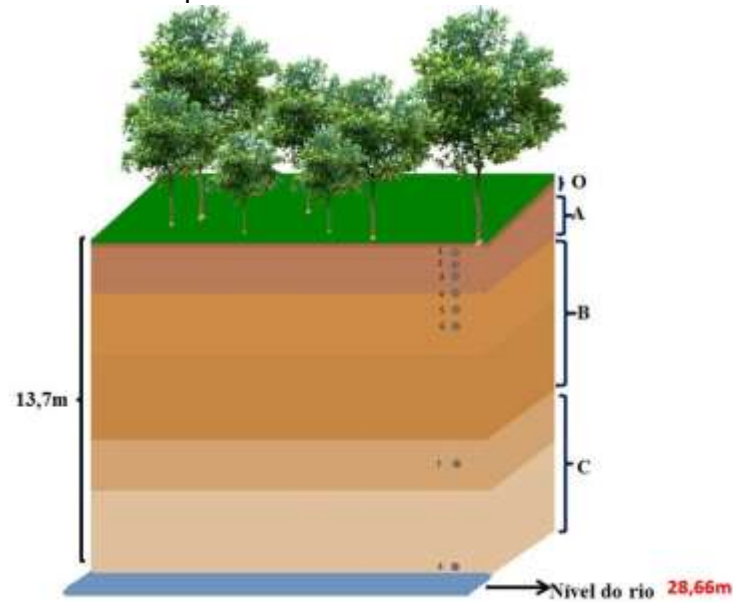
**Figura 02.** Coleta de materiais dos horizontes do solo na encosta.



**Org.:** os autores (2020).

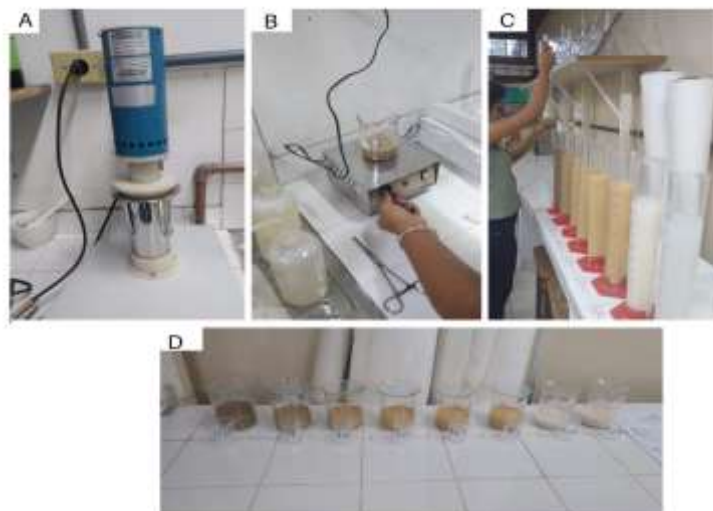
Para a análise granulométrica (análise física do solo), foram coletadas amostras do perfil do solo na encosta (falésia). A **figura 3** apresenta um perfil esquemático da falésia de cada coleta de amostras de solos.

**Figura 3.** Perfil esquemático de coleta de solos na falésia fluvial.



Em laboratório, os procedimentos metodológicos abordados para a análise granulométrica consistiram na separação de materiais grosseiros (areias) dos materiais finos (silte e argila). Sendo assim, foram utilizados equipamentos como agitador magnético para adição da solução de Hidróxido de sódio com objetivo de realizar o método da pipeta. Após, o descanso das amostras, foram realizadas o segundo passo para a Pipetagem, ou seja, a separação do material grosseiros e fino. A **figura 4** exhibe os materiais utilizados para a obtenção dos dados de areias, silte e argila de cada amostra dos horizontes coletados.

**Figura 4.** Amostras de solo em tratamento em Laboratório. A- Agitador mecânico, B- Agitador magnético, C- Pipetagem e D- Amostras em dispersantes.



**Org.:** Os autores (2020).

Após a obtenção dos dados granulométricos de areia, silte e argila, as amostras foram classificadas quanto a textura com base no Triângulo Detalhado Textural proposto pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (2018).

Além disso, foi realizada a batimetria (sensor Echomap 52dv) no rio Negro (margens de Manaus a Iranduba) para a obtenção de perfis transversais do leito do canal (**figura 05**).

**Figura 05.** Sensor Echomap 52dv.

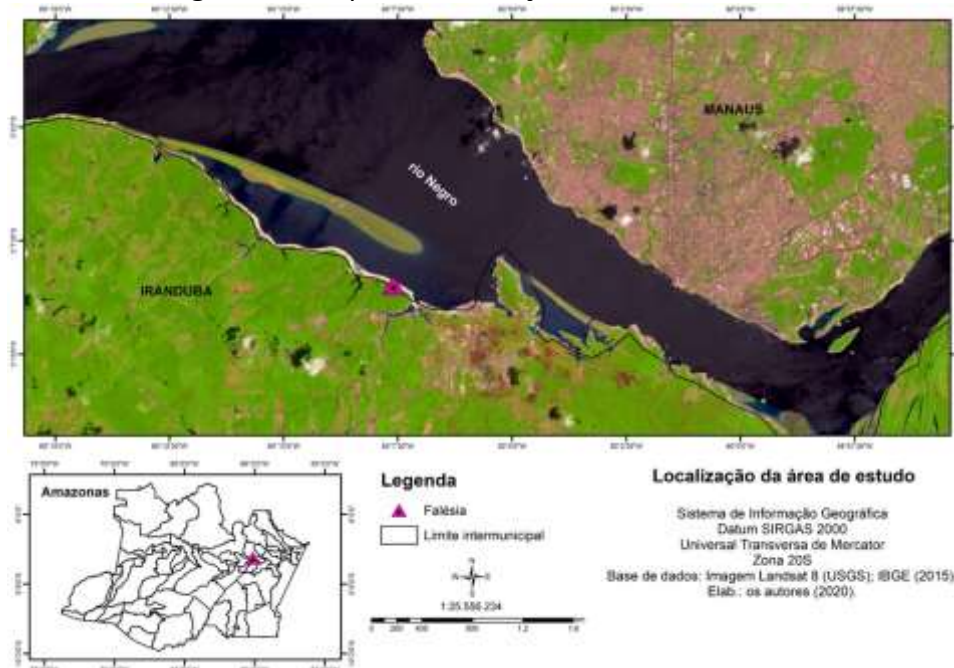


**Fonte:** Os autores (2020).

### Área de estudo

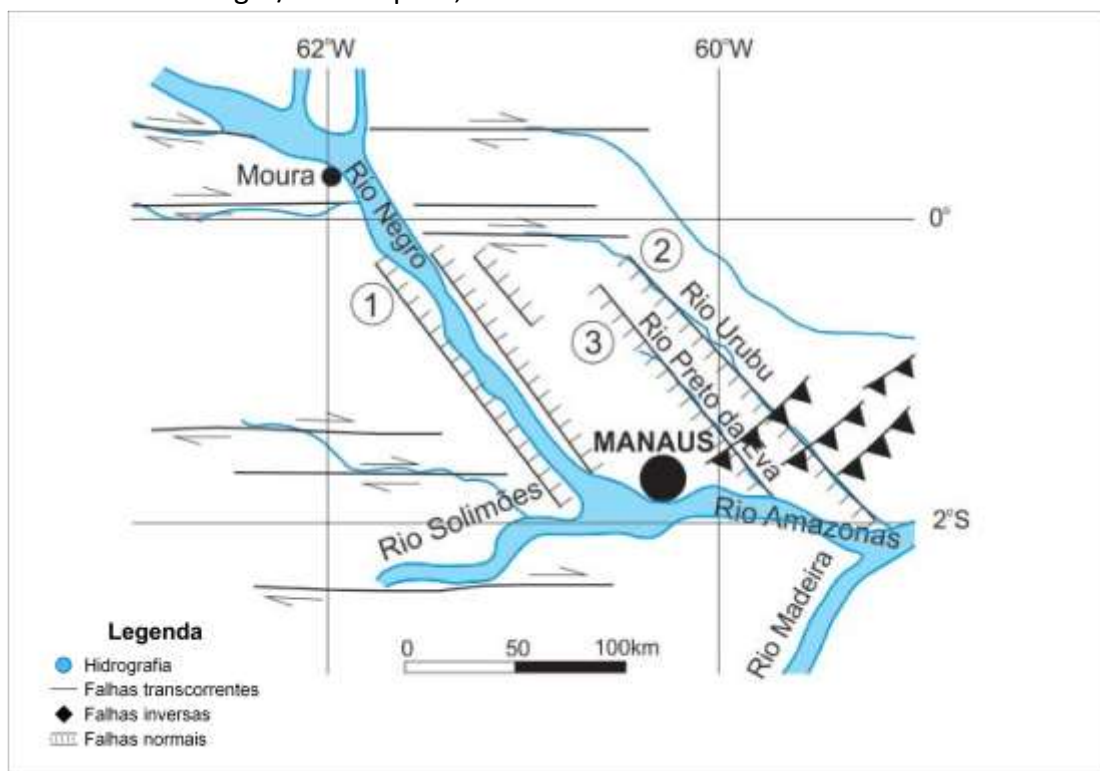
A área de estudo está situada no município de Iranduba, pertencente a Região Metropolitana de Manaus - RMM nas de coordenadas geográficas de latitude  $3^{\circ} 8'28.50''S$  e longitude  $60^{\circ} 7'36.03''O$  (**figura 06**).

**Figura 06.** Mapa de localização da área de estudo.



De acordo com o IBGE (2010), o substrato geológico de Iranduba está assentado na Bacia Sedimentar Fanerozóica do Amazonas e compreendendo sedimentos e rochas sedimentares da formação Alter do Chão, caracterizada pela presença de arenitos avermelhados e esbranquiçados. No que tange a Neotectônica, o trecho do rio Negro na região da cidade de Manaus apresenta controle estrutural em falhas normais orientadas N-S e NNE-SSW, cujas são marcadas por lineamentos estruturais como, por exemplo, dos lineamentos Manacapuru, Rio Negro, Rio Preto da Eva e Rio Urubu (**figura 7**), com direção NW-SE, os quais condicionam as trajetórias dos respectivos rios (Negro, Preto da Eva, Urubu, Solimões), conforme Carvalho e Tomasella (2013).

**Figura 07.** Estruturas Neotectônicas na região de Manaus. Lineamentos: 1- Rio Negro/Manacapuru, 2- Rio Urubu e 3- Rio Preto da Eva.

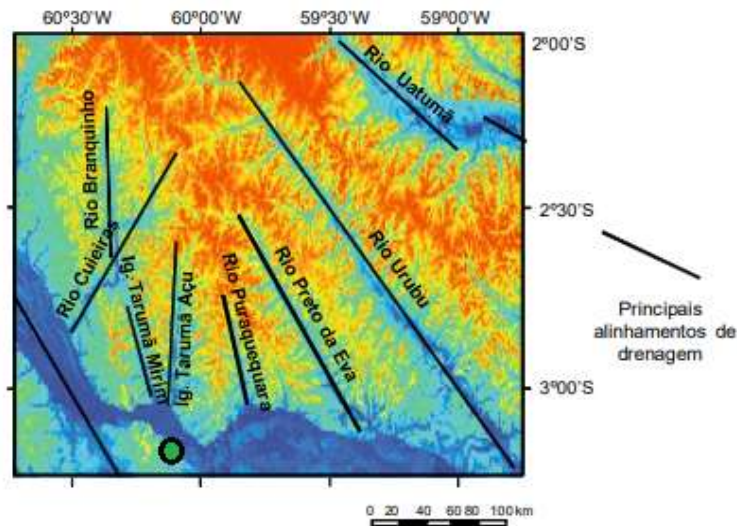


**Fonte:** Carvalho e Tomasella (2013) baseado em Costa et al., (1999) e Silva, (2005).

A falésia em estudo encontra-se controlada pela estrutura do Rio Negro-Manacapuru com direção preferencial para NW-SE. A influência dos lineamentos estruturais afetou o relevo e redes de drenagem, o que passa a interferir nos processos naturais (erosão, deposição, movimento de massa). Segundo Gontijo (1999), a tectônica (neotectônica) pode promover soerguimentos e abatimentos de áreas ao longo de falhamentos, basculamento de blocos que controlam os canais, processos de erosão e sedimentação.

Quanto sua Geomorfologia, segundo IBGE (2010), é classificada como Planalto do Uatumã-Jari, modelado de dissecação com conjunto de formas de relevo que delineiam feições de rampas suavemente inclinadas e lombadas com topos tabulares (**figura 08**).

**Figura 08.** Imagem SRTM destacando a hipsometria da região de Manaus. Em verde a área de estudo.



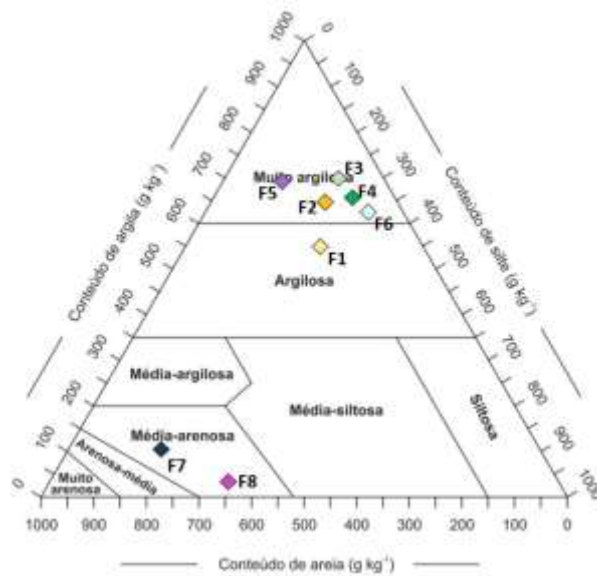
**Fonte:** Carvalho (2012). Org.: os autores (2020).

Conforme Carvalho (2012), a drenagem local (região de Manaus), o rio Negro na porção norte de Manaus constitui um amplo canal anastomosado (Arquipélago de Anavilhanas), com trechos largos (chega a 20 km de largura) e retilíneos, e com direção de fluxo de NW para SE.

## Resultados e Discussão

A área de estudo é caracterizada por apresentar a classe de solo Latossolo. Os Latossolos são caracterizados por um solo com médio/alto teor de argila, isto é, solos intemperizados com acúmulo de resíduos de óxidos e sem aumento de argila (EMBRAPA, 2006; LEPSCH, 2011).

Com base no triângulo textural (**figura 9**) obtidos dos valores granulométricos mostraram que o maior número de amostras de solos exibe uma textura muito argilosa, ou seja, a composição granulométrica do solo aponta o teor de argila superior a 600 g kg<sup>-1</sup>. Outra textura identificada foi de média argilosa ou classe textural franco-argiloarenosa e argilosa de composição granulométrica com conteúdo de argila entre 350 g kg<sup>-1</sup> e 600 g kg<sup>-1</sup> (SANTOS, et al., 2018), conforme a figura 9.

**Figura 09.** Triângulo textural das amostras de solo da Falésia.

**Fonte:** SANTOS, et al. (2018). **Org.:** os autores (2020).

Destacando que nas últimas coletas de solo (amostras F7 e F8), na base da falésia, apresentaram uma textura média arenosa. Isto deve-se à influência dos depósitos de areia provenientes do rio Negro (figura 10).

**Figura 10.** Pacote de depósito de areia à margem direita do rio Negro.

**Fonte:** VANT-Latossolo (2018). **Org.:** os autores (2020).

Os processos identificados, movimentos de massa e erosão, não apresentam relação diretamente com o tipo de solo, pois os latossolos são caracterizados como solos coesos e drenável, ou seja,

resistente a atuação desses processos. Sendo assim, ocorre a existência de outros fatores atuantes no modelamento da falésia.

Em se tratando do monitoramento com os pinos de erosão, não foi possível obter os dados, pois houve um deslizamento de pacote de solos (**figura 11**), sendo que, os pinos foram levados juntamente com o solo. Daí pode-se constatar que a intensa chuva na região encharcou o solo promovendo o deslizamento da falésia.

**Figura 11.** Registro do movimento de massa na cheia.

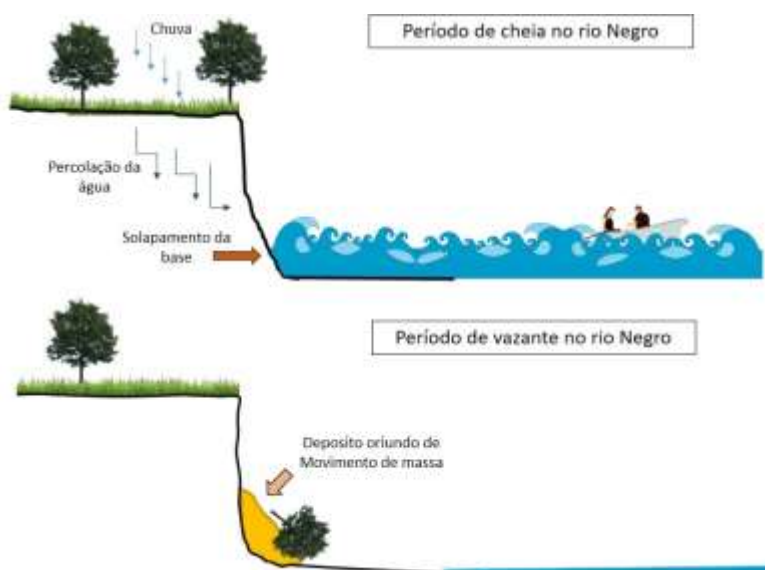


**Fonte:** os autores (2019).

Mediante a isso, um dos principais fatores responsáveis pelo modelamento da falésia é a pressão hidrostática. A pressão hidrostática está relacionada com a pressão da água exercitada no pacote sedimentar, causando um encharcamento do solo e junto com a atuação da força da gravidade o material desaba. Conforme Carvalho (2012), quanto maior for o volume de água retido no solo, maior será a pressão hidrostática e conseqüentemente maior é a capacidade de provocar escorregamento e deslizamento.

A **figura 12** representa um modelo de como a pressão hidrostática atua na encosta. O rio Negro exerce na base da falésia uma pressão, em que ocorre uma sucessão de banzeiros (ondas) solapando (erosão hídrica) e carregando o material de composição dessa base.

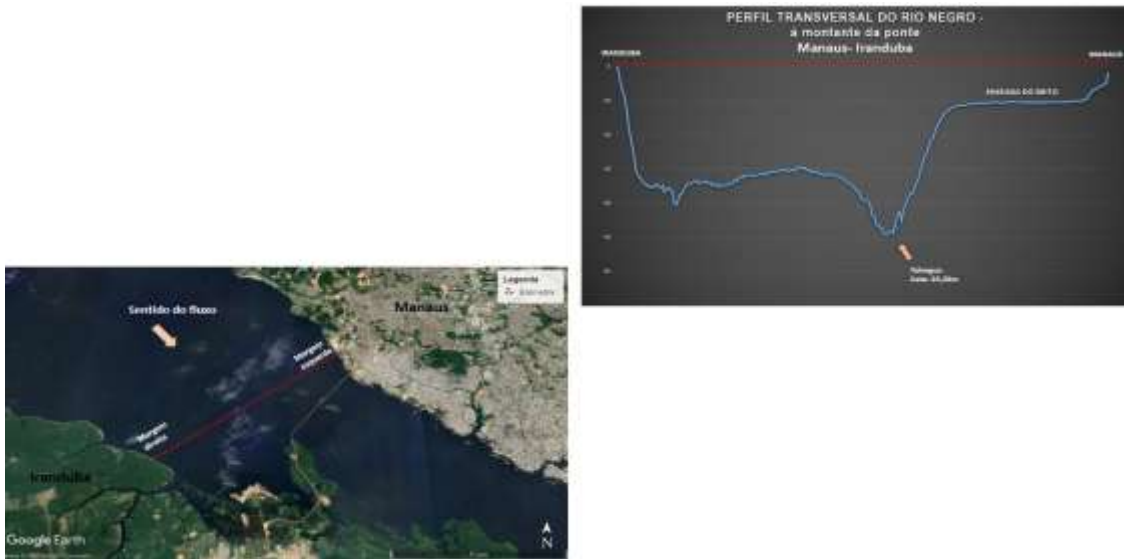
**Figura 12.** Croqui esquemático do processo da pressão da água no pacote de solo da falésia.



**Org.:** os autores (2020).

Além disso, a água do rio infiltra nas paredes do solo e, juntamente com a água pluvial, causam a saturação desse pacote de solo em que, no período de vazante, a instabilidade da base e o saturamento do pacote faz com que ocorra o movimento de massa. É notório que durante a cheia, principalmente durante ou depois de chuvas intensas/torrenciais, o aumento da pressão hidrostática ocasiona a dinâmica erosiva/movimento de massa na encosta.

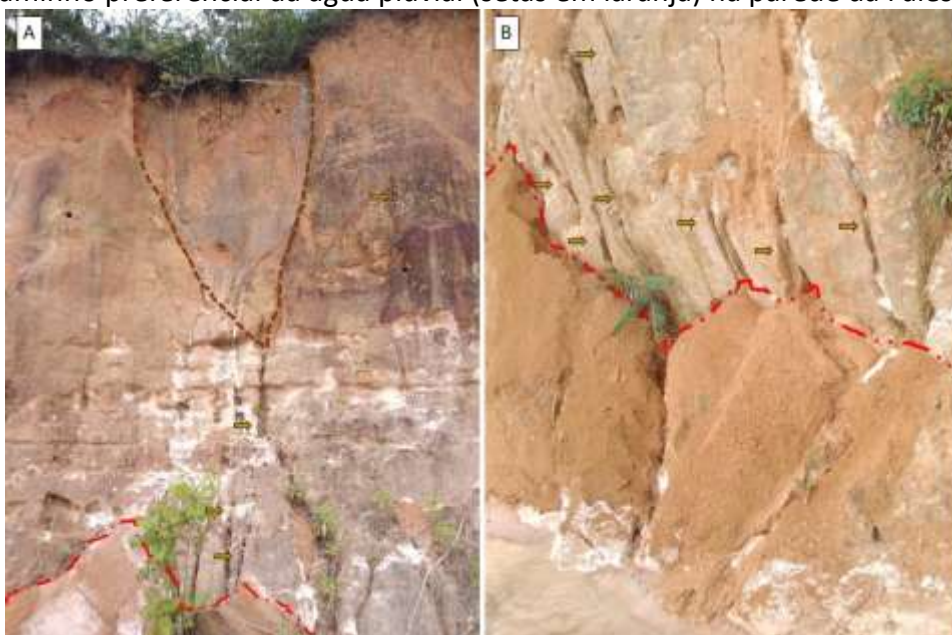
Quanto as características do canal (perfil transversal) do rio Negro, a “zona de calmaria” ou remanso está situada a margem direita do canal, isto é, devido ao talvegue está situado a margem esquerda nas proximidades da cidade de Manaus (**figura 13**). Mediante a isso, os sedimentos, tanto finos quanto grosseiros, são transportados pelo rio Negro e depositados às margens da falésia, sendo perceptível no período da vazante.

**Figura 13.** Perfil batimétrico do rio Negro (Iranduba-Manaus).

Org.: Os autores (2020).

Além disso, diversos fatores são causadores da erosão de margem, como composição do material das margens, neotectônica, fatores climáticos, ação humana, pressão hidrostática, pressão hidrodinâmica (CARVALHO, 2012).

Em campo, é perceptível a atuação intensa da água pluvial na parede da falésia através das feições de retrabalhamento da erosão, como os caminhos preferenciais do escoamento na parede na qual são visíveis por meio das setas em laranjas na **figura 14-B**.

**Figura 14.** Cicatrizes (em marrom) e depósito (em vermelho) de movimento de massa e filetes do caminho preferencial da água pluvial (setas em laranja) na parede da Falésia.

Org.: Os autores (2020).

O poder da água em causar erosão (instabilidade) possibilita entender o quão frágil é esse ambiente de falésias. Os deslizamentos identificados promovem a retirada dos solos das encostas resultantes da atuação intensa do movimento de massa, em especial do tipo translacional, ocasionando o colapso das paredes dos solos (**figura 14-A**). Esses sedimentos são depositados no sopé da falésia e transportados no período da cheia (**figura 15**).

**Figura 15.** Perfil das falésias com crostas ferruginosas (seta verde) e depósito de movimento de massa (em vermelho) na base.



Org.: os autores (2020).

### Considerações finais

Os processos de erosão e movimento de massa são os mais atuantes e os principais responsáveis pela perda de solos na falésia no Rio Negro, pois os dados granulométricos do solo demonstraram que o Latossolo presente na área não é resistente a remoção pela pressão hidrostática (solapamento da base) que causa o encharcamento do pacote de solos juntamente com a infiltração da água da chuva, provocando o desmoronamento das paredes da falésia. Observou-se a regressão da falésia pela atuação intensa desses processos, como também pôde ser observado pela praia formada em períodos de vazante na área da falésia.

Identificou-se no triângulo textural que as últimas amostras coletadas apresentam um material mais arenoso, averiguando assim, que o material base da composição das falésias é um material mais grosseiro, ou seja, areia oriunda do movimento de massa.

A evolução da falésia pelas correntes fluviais do rio Negro e sua intensidade pluviométrica erodem, provocando assim a instabilidade no material e a perda de material sinaliza a evolução e dinâmica natural do quão o frágil é esse ambiente fluvial.

## Referências

- AB'SÁBER, A. N. **Formas de relevo: Texto básico**. São Paulo, FUNBEC/Edart, 80p., 1975
- CARVALHO, J. A. L. **Erosão nas margens do rio Amazonas: o fenômeno das terras caídas e suas implicações na vida dos moradores**, Niterói. 2012. 187 f. Tese (Doutorado em geografia). Universidade Federal Fluminense, 2012.
- CARVALHO, J. S. **Caracterização hidrogeológica da região a norte da cidade de Manaus, com base em informações geofísicas (resistividade elétrica), geológicas e geomorfológicas**. 2012. 157 f. Tese (Doutorado em Clima e Ambiente) - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia/ Universidade do Estado Amazonas, Manaus, 2012.
- CARVALHO, J. S e TOMASELLA, J. Aspectos morfoestruturais do relevo na região norte da cidade de Manaus e suas influências na dinâmica do aquífero Alter do Chão. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n.3, (Jul-Set) p.323-330, 2013.
- DONAGEMA, G. K. (org.). **Manual de métodos de análise de solos**, 2 ed., Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- GONTIJO, A. H. F. **Morfotectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Região da Serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro**. 1999. 259 f. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.
- IBGE. **Glossário geológico**. IBGE, Rio de Janeiro, 1999
- LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**, São Paulo: Oficina de Texto, 2011, 456p.
- NASCIMENTO, K. A. **Caracterização dos processos erosivos nas falésias da Ponta Do Retiro, Litoral Norte do RJ**. 2006. 106f. Dissertação (Mestrado em geologia e geofísica marinha). Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, 2006.
- SIOLI, H. **Amazônia: Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**, Petrópolis: Vozes, 1985, 72 p.

## AGRADECIMENTOS

À FAPEAM (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas) pela concessão de bolsa de Iniciação científica ao primeiro autor. Ao Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos - LATOSSOLO/UFAM, pelo apoio operacional para realização das atividades de campo e gabinete.