

## GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E PROCESSOS EROSIVOS NAS MARGENS DO BAIXO MADEIRA, BACIA AMAZÔNICA

Daniel Seabra Nogueira Alves Albarelli<sup>1</sup>; Adalberto Aurelio Azevedo<sup>2</sup>; Carlos Tadeu de Carvalho Gamba<sup>3</sup>; Pedro Rabello Crisma<sup>4</sup>

**Resumo** – Anualmente, a erosão fluvial no rio Madeira promove o desbarrancamento de suas margens, fenômeno conhecido na região como “terras caídas”. Além de contribuir com grande descarga de sedimentos nas águas deste rio, os processos erosivos ocasionam significativas alterações na morfologia do canal principal. Através da análise de imagens de satélite e levantamentos de campo, foi possível correlacionar os aspectos morfológicos do rio, a composição do material das margens e os processos erosivos atuantes no Baixo Madeira, entre as cidades de Porto Velho (RO) e Humaitá (AM). Margens com sedimentos coesos na base (argilosos) são resistentes à abrasão fluvial enquanto aquelas com perfil homogêneo não coeso (arenoso) podem apresentar recuo uniforme de dezenas de metros por ano. Durante a vazante do rio (Julho a Dezembro), a erosão por *piping* e pelos escorregamentos rotacionais é intensificada. O *piping* ocorre em diferentes contextos de margens: taludes topograficamente elevados, soleiras, pontos de inflexão, e também em margens com depósitos siltosos atuais, mais a jusante no rio. Além da permeabilidade do material dos taludes, outro fator que pode aumentar a complexidade deste processo é a possível presença de distintos aquíferos nas margens do rio. Os escorregamentos rotacionais promovem superfícies de rupturas côncavas em perfil e margens com formato de semi-circunferência em planta. A queda de blocos de argila está associada aos taludes dos patamares elevados do relevo, sendo o tamanho dos blocos controlado pela interrupção de fraturas subverticais existentes nas porções argilosas.

**Abstract** – Every year, fluvial erosion in the Madeira River promotes its bank failure, feature regionally known as “terras caídas”. Besides contributing to great sediment discharge into the river, erosional processes causes significant changes in the main channel morphology. Based on satellite image analyses and field works, correlations were established between the river morphology, bank composition and erosional processes acting in the Baixo Madeira, between the cities of Porto Velho (RO) and Humaitá (AM). Banks composed of cohesive material (clay) in its base are resistant to fluvial entrainment whereas those composed by non-cohesive material (sand) can show uniform retreat of tens of meters a year. Throughout the ebb regime (July to December), erosion by piping and rotational failure are intensified. Piping occurs in different margins contexts: topographic elevated banks, knickpoints and inflection points, and also in margins with recent silt deposits, further downstream. Besides the permeability of the bank material, another factor that can enhance this erosional process complexity seems to be the presence of distinct aquifers in the channel margins. The rotational failure promotes concave upward rupture surfaces in cross section and semi-circular margin shape in plant view. Failure of clay blocks is associated to topographic elevated banks, where the blocks sizes are determined by the interruption of sub-vertical fractures in the clay layers.

**Palavras-Chave** – Geomorfologia fluvial; Bacia Amazônica; rio Madeira; processos erosivos, terras caídas.

<sup>1</sup> Geól., Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) – SP, (11) 3767-4824, dseabra@ipt.br

<sup>2</sup> Geól., Phd, Consultor – SP, adalberto.a.azevedo@gmail.com

<sup>3</sup> Geogr., Phd, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) – SP, (11) 3767- 4825, carlosgamba@ipt.br

<sup>4</sup> Geól., MSc, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) – SP, (11) 3767-4649, pcrisma@ipt.br

## 1. INTRODUÇÃO

A geomorfologia fluvial abrange uma gama variada de aspectos do ambiente natural de um rio desde a escala macro como tectônica, fatores climáticos, geologia regional e dinâmica do rio ao longo dos anos, como também de escala local como sua capacidade de erodir, transportar e depositar sedimentos na bacia em que está inserido (Siqueira et al, 2013). Dentre os processos envolvidos na erosão, destacam-se aqueles que ocorrem em suas margens, uma vez que contribuem diretamente para alterações na forma do canal principal e suas migrações na planície de inundação.

No contexto da Bacia Amazônica, o rio Madeira apresenta-se como o principal afluente do rio Amazonas e aquele com as taxas mais elevadas de erosão nesta bacia (Guyot et al, 1996 apud Espinoza Villar et al, 2013). Um projeto de pesquisa firmado entre o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), a Santo Antônio Energia (SAE) e Bradar Sensoriamento Remoto avaliou a aplicação da interferometria diferencial por radar aerotransportado (DInSAR) no monitoramento das movimentações de terreno nas margens do Baixo Madeira. Os resultados estatísticos e qualitativos desta avaliação encontram-se discutidos em Macedo et al, 2017 e Gamba et al, 2017.

Ainda no âmbito deste projeto, foram avaliados também os processos erosivos atuantes nas margens do Baixo Madeira para a indicação de áreas mais suscetíveis ao desbarrancamento de margens, fenômeno conhecido na região como “terras caídas”. O presente trabalho tem como objetivo apresentar os processos erosivos observados durante os levantamentos de campo, correlacionando-os aos aspectos da geomorfologia fluvial, como o relevo, soleiras, pontos de inflexão, dinâmica e sedimentologia do rio, valendo-se também do auxílio de imagens de satélite.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Em etapa preliminar aos trabalhos de campo, foram levantadas informações sobre o comportamento do canal do rio e de suas margens ao longo dos anos para delimitação dos possíveis lugares mais suscetíveis a alterações morfológicas (por erosão ou deposição de sedimentos), bem como de áreas mais estáveis. Esta pré-análise foi realizada por meio de imagens de satélite disponíveis no Google Earth<sup>®</sup>, Landsat 5 dos anos de 2001 e 2007, Landsat 8 de 2014 e Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). As diferentes tonalidades e padrões de textura das imagens SRTM, em conjunto com as demais imagens de satélite, permitiram identificar também os paleocanais do rio, suas migrações laterais, bacias de inundação e meandros abandonados.

O Modelo Digital de Terreno (MDT) gerado pela Bradar com processamento dos dados DinSAR dos sobrevoos iniciais serviram como subsídio para elaboração do mapa hipsométrico, ou de altimetria, via software ArcMap<sup>®</sup>. Este produto, analisado em conjunto com as imagens SRTM, foi utilizado para a delimitação dos compartimentos geomorfológicos, em classes de maior e menor patamar de elevação no relevo.

Os trabalhos de campo relativos a este projeto foram conduzidos por pesquisadores do IPT em um total de 7 etapas, com início em Agosto de 2015 e término em Julho de 2017. As seis primeiras etapas ocorreram a cada 2 meses ao longo de 1 ano, tendo como ênfase a aquisição dos dados topográficos da movimentação de terreno em altimetria (z) e planimetria (xy) para comparação com os dados coletados pela tecnologia DInSAR.

A última etapa foi dedicada exclusivamente para a compreensão dos processos erosivos presentes nas margens, bem como sua relação com os demais aspectos da geomorfologia fluvial do rio Madeira. Nesta última etapa, foram realizados ao todo 122 pontos de parada ao longo do rio, incluindo ambas as margens e algumas de suas ilhas, com início na cidade de Porto Velho (RO), próximo ao barramento da Usina Hidrelétrica Santo Antônio, até o município de Humaitá (AM), trecho este coberto pelos sobrevoos para coleta dos dados DinSAR (Figura 1). Foram descritos os aspectos sedimentológicos dos taludes de margem, as características dos processos erosivos envolvidos, e a sua localização no contexto da geomorfologia fluvial.

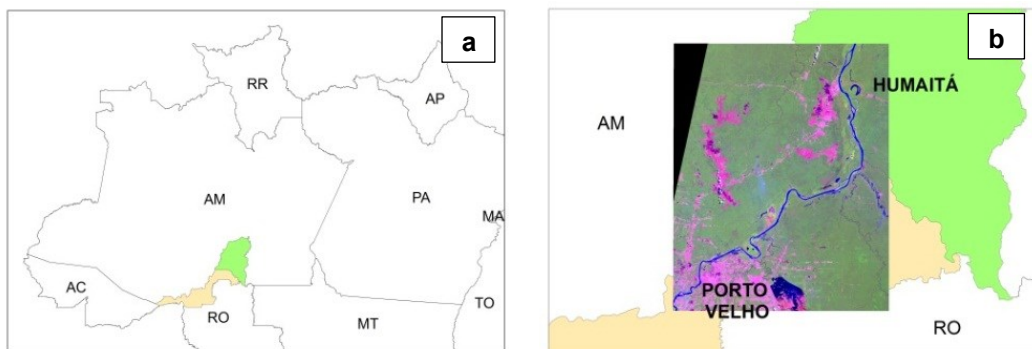


Figura 1 – Mapa regional (a) com localização do trecho percorrido do Baixo Madeira (b).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Aspectos da geomorfologia fluvial

Na área de estudo, o rio Madeira apresenta margens côncavas, convexas e trechos retilíneos com até 15 km de extensão (Figura 2). Próximo à cidade de Porto Velho, a planície de inundação é estreita enquanto mais a jusante em direção à Humaitá, sua largura aumenta e pode alcançar 13 km. Dentre as unidades menores que fazem parte da planície de inundação, pode-se citar: (i) as bacias de inundação que formam lagos, como o Lago do Cuniã com a área aproximada de 24 km<sup>2</sup>, (ii) paleocanais (ou cordões marginais) e (iii) meandros abandonados em formato de ferradura, anexos à ambas as margens do canal principal (Figura 2).

No canal principal foram identificadas as barras fluviais em pontal anexas às margens convexas ocasionando acreção lateral, as barras laterais anexas aos trechos retilíneos e as barras centrais em posições variadas, todas de composição essencialmente arenosa (Figura 2). Enquanto as barras de menor dimensão (laterais e em pontal) têm suas formas e tamanhos alterados conforme o ciclo hidrológico anual do rio, algumas barras centrais estão fixadas com vegetação arbórea (ilhas) de até 8 km de comprimento e 3 km de largura.

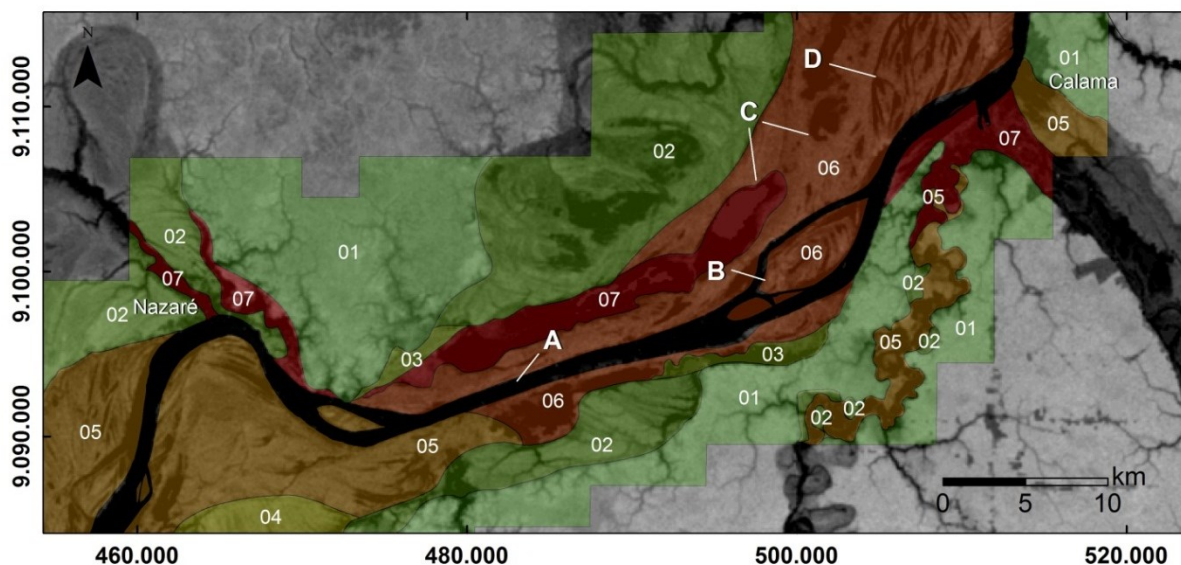


Figura 2 – Imagem SRTM com a delimitação dos compartimentos geomorfológicos interpretados entre os distritos de Nazaré e Calama. Simbologia: A - trecho retilíneo, B - barras fluvial do tipo central (ilha), C - bacias de inundação, D – cordões marginais.

Em relação à compartimentação geomorfológica, foram delimitados 7 patamares de relevo (Figura 2). Os patamares mais elevados 1 a 4 correspondem aos taludes de margem com até 30 metros de altura, menos saturados. São constituídas por sedimentos argilosos variegados ou arenosos, com grau de laterização variado, e por conglomerados e canga limonítica na base do perfil, próximo ao nível d'água (Figura 3). Esse perfil de margem predomina do barramento da usina em Porto Velho até um pouco antes do Distrito de Nazaré.

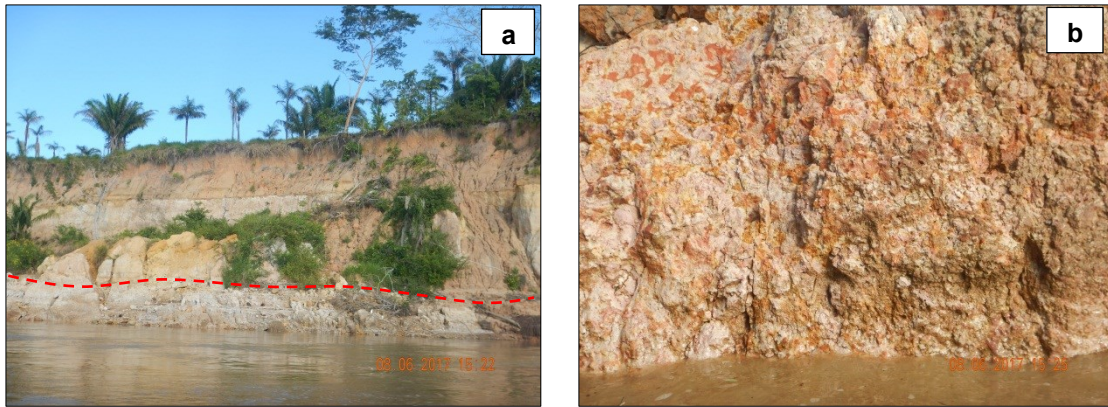


Figura 3 – (a) Talude de margem presente nos patamares elevados de relevo, margem côncava da Figura 5. (b) Detalhe da canga limonítica argilosa (tracejado vermelho), próximo ao nível d'água.

Os patamares 5 ao 7 correspondem as terras com taludes mais baixos, menor declividade e mais saturados. Em contraposição aos patamares mais elevados, estes exibem em suas margens a deposição de sedimentos siltosos pretos atuais do rio sobre sedimentos argilosos e argilo-arenosos antigos (Figura 4a). Esta sedimentação atual também ocorre na forma de extensões cordões paralelos ao canal principal por vários quilômetros (Figura 4b). Acima destes depósitos atuais comumente é desenvolvida uma vegetação herbácea (*Hymenachne amplexicaulis*) que por se assemelhar a cana, é conhecida na região como canarana. Esse perfil de margem predomina após o distrito de Nazaré em direção a Humaitá, conforme há o alargamento da planície de inundação do rio. As exceções ocorrem quando há aproximação com patamares mais elevados na margem direita, como por exemplo, nas imediações do Distrito de Calama (Figura 2).

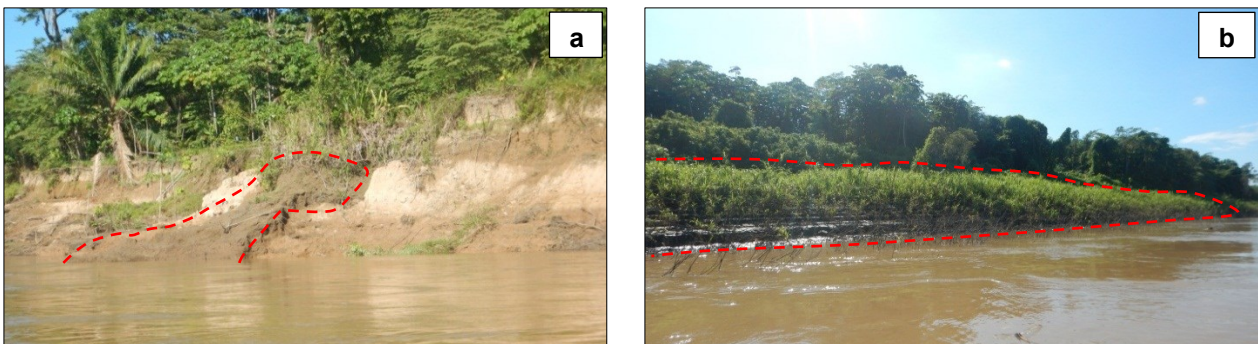


Figura 4 – Depósitos siltosos atuais do rio (tracejado vermelho) sedimentados por cima dos taludes de margem (a) e à frente destes (b), formando extensos cordões paralelos ao canal principal.

A análise das imagens de satélite e os levantamentos de campo permitiram identificar 10 expressivas soleiras ao longo da área de estudo: trechos onde ocorre afunilamento natural das margens em planta e elevação topográfica do talvegue, geralmente constituídos de materiais mais resistentes à erosão. À montante das soleiras ocorre um estreitamento da largura do rio, com convergência do fluxo d'água e, portanto maior pressão erosiva, seguido de alargamento à jusante. A pressão erosiva também é maior nos pontos de inflexão, que correspondem a mudanças abruptas na direção do canal principal, em alguns casos com formato em ângulo reto (Figura 5).

As margens das soleiras e dos pontos de inflexão correspondem geralmente a sedimentos consolidados, arenosos a argilosos laterizados, associados a horizontes com conglomerados e cangas limoníticas (Figura 5b,c). Em alguns trechos, também foi identificado o embasamento gnáissico (metamorfismo de riolito) aflorante no talvegue do rio. Por serem mais resistentes à erosão fluvial, as soleiras e os pontos de inflexão tem relativa estabilidade de margem na dinâmica fluvial, como observado nas imagens Landsat (2001, 2007 e 2014) e confirmado em campo. Exceção ocorre quando uma das margens das soleiras é constituída por material não consolidado, detalhado no subitem a seguir. Enquanto os pontos de inflexão estão concentrados nos patamares mais elevados da compartimentação geomorfológica, as soleiras tem ocorrência em distintos níveis de patamares.



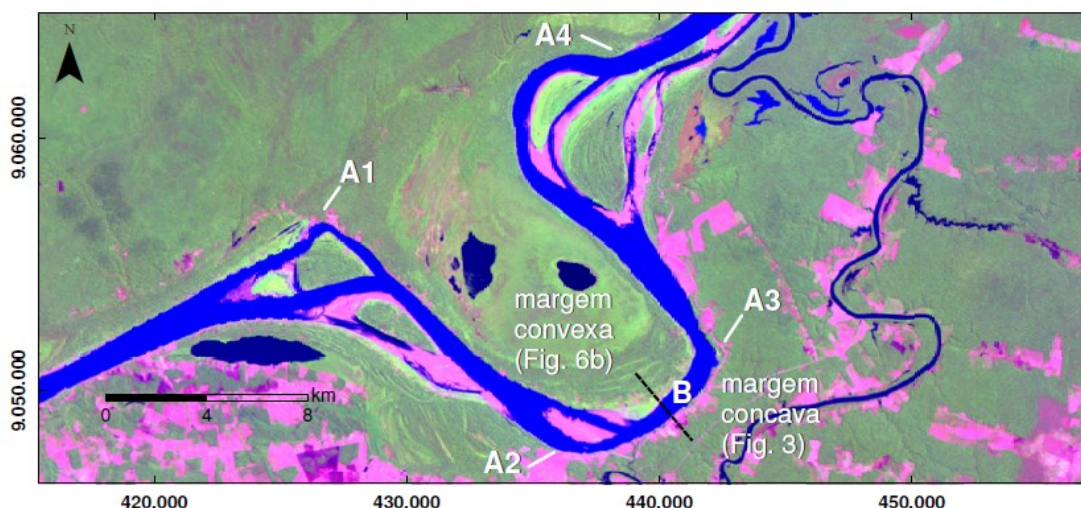


Figura 5 – Imagem Landsat 2014 com indicação dos pontos de inflexão A1 ao A4, sendo A1 com formato em ângulo reto e soleira B.

### 3.2. Processos Erosivos

#### 3.2.1. Abrasão fluvial

Segundo Brierley & Fryirs (2005), a erosão lateral em um talude de margem dependerá, entre outros fatores, do grau de coesão dos sedimentos presentes nos taludes (forças de resistência) bem como da capacidade da ação fluvial de removê-los dali (forças motivadoras). Frente a uma mesma pressão erosiva, sedimentos coesos como argilas, tendem a permanecer no perfil enquanto aqueles não coesos, como areias inconsolidadas, são facilmente carregados.

Essa dinâmica pode ser observada em campo no contexto de algumas soleiras, com dois cenários distintos: margem com perfil heterogêneo ou com perfil homogêneo não coeso. Para margens com perfil heterogêneo, este processo erosivo gera a proeminência das camadas argilosas basais e o recuo camadas arenosas no topo. A porção superior, sendo mais erodível não permanece no perfil e gera um patamar no contato com a porção inferior argilosa (Figura 6a). Essa diferença de patamar é mais acentuada quando a porção inferior é a canga limonítica argilosa.

Quando uma das margens da soleira apresenta um perfil homogêneo de material não coeso (arenoso), toda ela recua uniformemente sem a geração de patamares (Figura 6b). Um exemplo dessa situação ocorre na margem convexa da soleira da Figura 5, a qual registrou recuo de dezenas de metros em planta entre as imagens Landsat de 2001 e de 2014, bem como apenas no intervalo de alguns meses entre os levantamentos de campo. Em contraposição, a análise destas imagens mostrou que as margens com perfil heterogêneo com sedimentos coesos na base, como aquelas com a canga limonítica argilosa, apresentam estabilidade frente à abrasão fluvial.

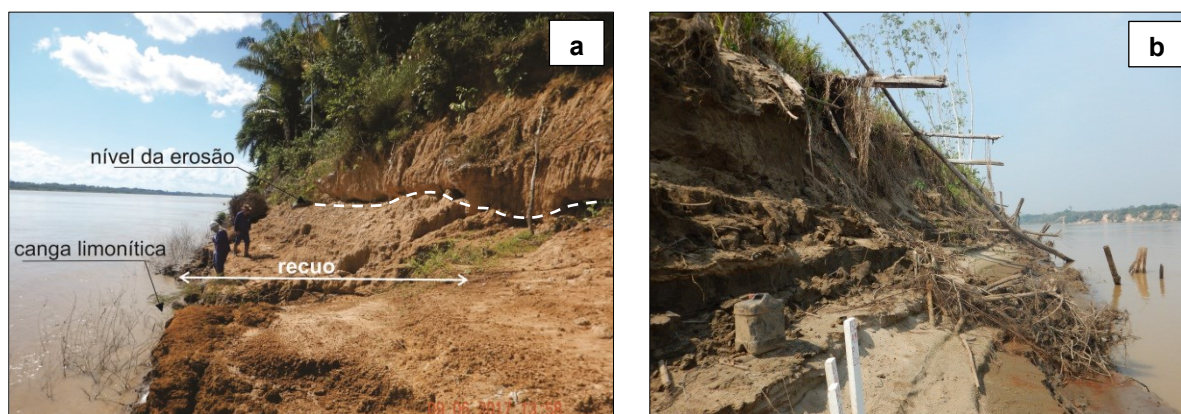


Figura 6 – (a) Patamar gerado pelo recuo da parte arenosa erodida em contraposição ao remanescente basal argiloso. A linha pontilhada representa nível pretérito de erosão por *piping*, acompanhando a descida do nível d'água do rio. (b) Perfil homogêneo arenoso da margem convexa da Figura 5.

### 3.2.2. Erosão tubular regressiva

O processo de erosão tubular regressiva, do inglês *piping*, foi detectado com maior intensidade nos períodos de vazante do rio, correspondendo aos períodos de Julho a Dezembro. Esse processo provoca o carreamento de sedimentos pelo fluxo de água no subsolo, ocasionado pela variação do gradiente hidráulico entre o nível do freático na margem e o nível d'água do rio. Durante a cheia presenciada nos meses de Março a Maio de 2016, os cordões marginais comumente encontrados nos levantamentos de campo e pelas imagens de satélite (Figura 2), eram reabastecidos pelo fluxo de água subterrânea proveniente do rio e pela água da chuva (Figura 7). No período de vazante, o sentido do fluxo se tornava mais intenso da margem para o rio, conforme o rebaixamento do nível d'água do canal principal da ordem de 6 a 8 metros.

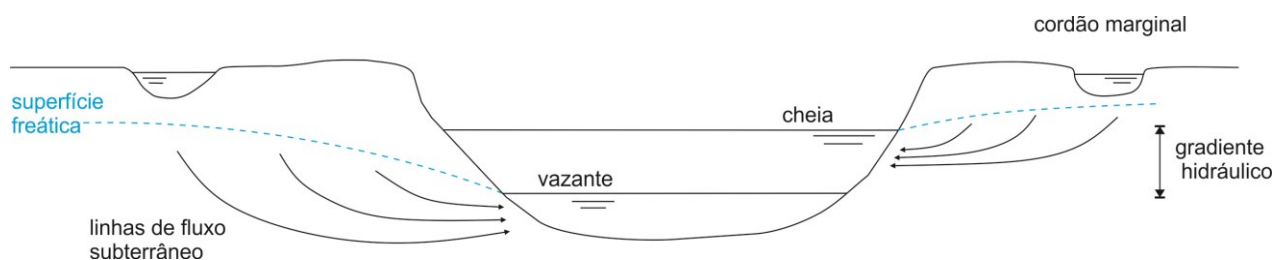


Figura 7 – Perfil esquemático representando a variação no gradiente hidráulico entre os períodos de cheia e vazante do rio Madeira.

O ponto de surgência de água no talude era influenciado pela diferença de permeabilidade do material que o compõe, que por sua vez depende da granulometria. Em alguns trechos de margem, a transição granulométrica ocorreu entre horizontes bem definidos de camadas arenosas na porção superior para argilosas, na porção inferior (Figura 8a). No entanto, também foi identificada a surgência em taludes argilosos com sutil variação no teor de areia, cuja transição granulométrica só é visualmente distinguível devido saída de água do perfil. Em algumas margens foi observada a surgência de água no meio do talude (Figura 8a), já em outras na base do talude, próximo ao nível do rio (Figura 8b).

Este processo erosivo foi identificado em diversos contextos de margens: nos patamares elevados da compartimentação geomorfológica (1 a 4), nas soleiras e pontos de inflexão com perfil granulométrico heterogêneo (Figura 6a), bem como nas margens com sedimentos siltosos pretos atuais, depositados sobre os sedimentos argilosos antigos.

Ressalta-se que a análise do MDT permitiu identificar uma série de drenagens que fluem paralelamente à linha do canal principal do rio Madeira, e alguns casos até em direção oposta à sua margem. Esta observação pode implicar na existência de diversos aquíferos, o que aumenta a complexidade deste processo erosivo aliado às distintas composições granulométricas das margens supracitadas.

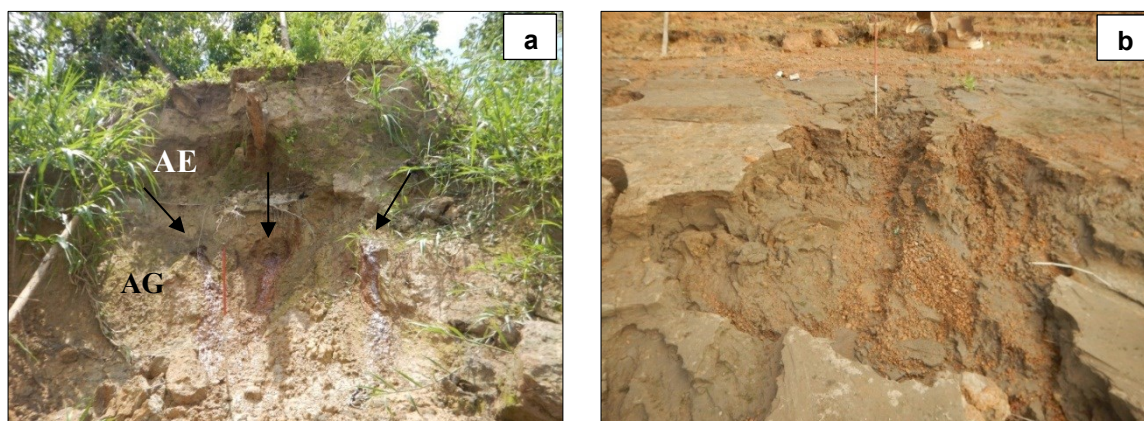


Figura 8 - (a) Saída de água do talude em 3 pontos (setas) na transição entre camadas arenosas (AE) para argilosas (AG). (b) *Piping* na base do talude próximo ao nível do rio.



### 3.2.3. Escorregamentos rotacionais

Este tipo de erosão promove a queda da margem segundo uma superfície de ruptura côncava em perfil, cuja extensão começa na superfície do terreno evidenciada por rachaduras (Figura 9a) e pode se estender até a base do talude, no sentido do rio. Em planta, a margem adquire um formato de semicircunferência ou “meia-lua” (Figura 9b) com extensão de até dezenas de metros. Os escorregamentos são intensificados durante a vazante do rio, assim como o *piping*.

As margens onde esse processo ocorre são caracterizadas por taludes altos, com até 30 metros, constituídos predominantemente de sedimentos arenosos na porção superior e argilosos na porção inferior do talude. Nestes casos, a superfície de ruptura é facilmente identificada (Figura 9b) e as rachaduras na superfície do terreno estão bem próximas à margem (Figura 9a). A vegetação presente na superfície do terreno que desliza fica com a copa das árvores voltadas para a margem e com as raízes voltadas para o rio.

Todavia, este processo também ocorre em taludes com baixa declividade, onde há predominância da deposição atual dos sedimentos siltsos pretos sobre os sedimentos argilosos e argilo-arenosos antigos do rio. Nestes casos, apenas pequena parte da superfície de ruptura é visível e as rachaduras na superfície do terreno estão distantes da margem, cerca de 40 metros dentro da mata fechada. As árvores ficam com as copas inclinadas em direção ao rio ao contrário do outro cenário. Detalhes dos mecanismos envolvidos para este tipo de ocorrência ainda não estão esclarecidos.



Figura 9 – (a) Rachaduras na superfície do terreno da figura b. (b) Margem oposta ao distrito de Calama, com a superfície de ruptura em perfil (linha sólida) e feição de semi-circunferência em planta (linha pontilhada) após um escorregamento rotacional.

### 3.2.4. Queda de blocos de argila

Este processo erosivo foi observado em margens com alturas elevadas, associado às classes altas de patamares de relevo 02 e 03 da compartimentação geomorfológica. Os blocos são encontrados na base dos taludes, próximo ao nível d'água.

A composição granulométrica destas margens é heterogênea, com camadas arenosas na base e argila rija variegada no restante do perfil, sendo esta intercalada com delgados níveis arenosos ou horizontes limoníticos. A rigidez dos pacotes argilosos se deve provavelmente à cimentação por ferro, o que também condiciona a coloração.

O tamanho dos blocos gerados está condicionado pelo desenvolvimento de fraturas subverticais presente nos pacotes argilosos do talude (Figura 10a). Estas fraturas, por sua vez, têm seus limites superiores e inferiores definidos pelo contato com os delgados níveis arenosos ou horizontes limoníticos. Estas intercalações dentro dos pacotes argilosos eram suficientes para interromper as fraturas e gerarem blocos menores, centimétricos (Figura 10b).

Quando os pacotes argilosos não apresentavam estas intercalações arenosas ou limoníticas, as fraturas se estendiam desde a superfície do terreno na margem até a base do talude, no contato com as camadas basais arenosas. Nestes casos, o tamanho dos blocos gerados foi métrico.

Embora o mecanismo responsável pela geração dos blocos seja a persistência das fraturas ao longo do pacote argiloso e sua interrupção no contato com níveis de granulometrias distintas, ainda carece de investigação como estas fraturas são inicialmente originadas nos taludes.

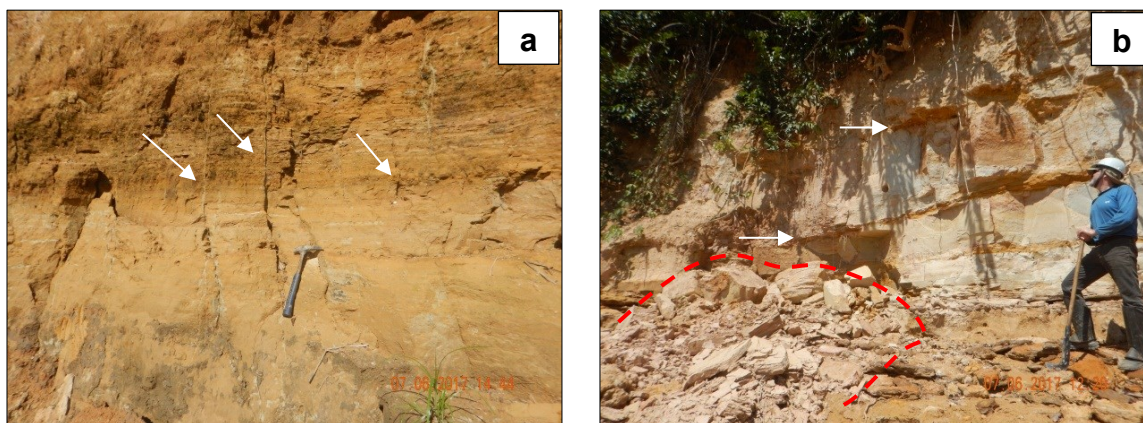


Figura 10 – (a) Fraturas subverticais nos pacotes argilosos do talude (setas). (b) níveis centimétricos de areia no pacote argiloso (setas), definindo a quebra dos blocos, acumulados na base do talude após a queda (tracejado vermelho).

#### 4. CONCLUSÕES

O trecho do rio Madeira estudado apresenta uma gama variada de feições fluviais como a planície de inundação, a qual engloba paleocanais, meandros abandonados em formato de ferradura e bacias de inundação, e o canal principal do rio contendo as barras fluviais (em pontal, lateral e central). Por ser o principal afluente do maior rio de água doce do mundo, o rio Amazonas, as feições encontradas no Baixo Madeira também apresentam extensas dimensões como aquelas evidenciadas nos 13 km de largura de planície de inundação próximo de Humaitá, 8 km de comprimento de algumas barras centrais (ilhas), 24 km<sup>2</sup> em área de bacia de inundação (Lago do Cuniã) e 15 km extensão de trechos retilíneos no rio.

Estas feições bem como as margens do rio estão englobadas por diferentes patamares de elevação do relevo ao longo do trecho estudado. Do barramento da usina em Porto Velho até o distrito de Nazaré predominam os patamares elevados, com margens de até 30 metros de altura e menos saturadas. São constituídas por sedimentos argilosos variegados ou arenosos, com grau variado de laterização, tendo na base do perfil conglomerados e canga limonítica argilosa. A ocorrência dos pontos de inflexão esta comumente associada a estes patamares, enquanto as soleiras estão distribuídas em patamares variados.

Do distrito de Nazaré até Humaitá predominam os patamares mais baixos do relevo, englobando grande parte da planície de inundação e as unidades menores nela contidas (bacias de inundação, paleocanais e meandros abandonados). Suas margens tem menor declividade, são mais saturadas e apresentam com frequência a sedimentação siltosa atual do rio por extensos quilômetros, ora em cordões paralelos ao canal principal, ora depositados sobre sedimentos de margem argilosos e argilo-arenosos antigos do rio.

Os processos erosivos atuantes nas margens responsáveis pelo fenômeno das “terras caídas” e conseqüente alterações na morfologia do canal principal são: abrasão fluvial, erosão tubular regressiva (*piping*), escorregamento rotacional, e queda de blocos de argila. Em todos eles, a heterogeneidade granulométrica no talude entre porções arenosas e argilosas, ocasionando diferenças na permeabilidade e coerência dos grãos, é um dos mecanismos responsáveis pelos processos.

A abrasão fluvial atua de duas formas a depender do perfil de margem. Quando o perfil é heterogêneo, proporciona o carreamento das porções superiores menos coesas (arenosas) gerando um patamar no contato com as porções inferiores coesas (argilosas). Em perfis homogêneos não coesos (arenoso), todo o talude é erodido de forma uniforme com recuos de margem de dezenas de metros em planta, em intervalo de apenas alguns meses.



O *piping* tem sua atuação mais intensa durante os períodos de vazante do rio (Julho a Dezembro), quando há maior variação no gradiente hidráulico entre o nível do freático na margem e o nível d'água do rio. Além das diferenças de permeabilidade como mecanismo para o controle da saída da água do talude, cita-se também a possível influência de diversos aquíferos nas margens como sugerido pela diversidade de drenagens observadas no MDT. Este processo erosivo foi identificado em regiões de soleiras, pontos de inflexão, patamares elevados do relevo e no contexto da sedimentação atual siltosa do rio.

O escorregamento rotacional promove a queda dos taludes em superfícies côncavas em perfil, gerando formato de semicircunferência em planta. Podem ocorrer em dois cenários distintos: margens com taludes elevados e taludes de baixa declividade, este último no contexto da sedimentação atual do rio. Diferentemente do primeiro cenário, neste último apenas parte da superfície de ruptura é identificada e as rachaduras no terreno estão distantes dezenas de metros do canal principal. Assim como o *piping*, este processo é intensificado durante a vazante do rio.

Para a formação dos blocos de argila, a granulometria atua no controle da persistência das fraturas subverticais ao longo da porção argilosa do talude. Quando encontram horizontes com granulometria distinta (arenosa ou limonítico), as fraturas são interrompidas e ocorre a queda dos blocos centimétricos a métricos, depositados no sopé dos taludes.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Agência Nacional de Energia Elétrica - ANELL pelo financiamento do projeto de pesquisa, a Bradar pela disponibilização do MDT e aos funcionários da Geomed Georreferenciamento e Agrimensura LTDA pelo apoio logístico de campo.

## **REFERÊNCIAS**

- Brierley, G. J. Fryirs, K. 2005. *Geomorphology and River Management: Applications of the River Style Framework*. Oxford: Blackwell, 412pp
- Espinoza Villar, R. et al. 2013. A study of sediment transport in the Madeira River, Brazil, using MODIS remote-sensing images. *Journal of South American Earth Science*, vol.44: 45-54
- Gamba, C. T. C. et al. 2017. Avaliação da Interferometria Diferencial (DInSAR), gerada com a Banda-P, na detecção e medição de movimentos do terreno nas margens do Rio Madeira, RO-AM. In: INPE, Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 18, Anais, p. 4459-4466.
- Macedo, K. A. C de. et al. 2017. Time series of P-Band DInSAR and DSM differences for monitoring river bank erosions. In: IEEE, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 37<sup>th</sup>, Proceedings, p: 941-944.
- Siqueira, A. G. et al. 2013. Modificações fluviais à jusante de barragens. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, vol. 3, n.1: 113 - 123.