

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA E GEOMORFOLÓGICA DE RISCO GEOLÓGICO

**Comunidades Santa Fé, Várzea Grande e Massiari,
Reserva Extrativista Médio Rio Purus/AM**

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

2024

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Inácio Cavalcante Melo neto

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Julio Cesar Lana

Execução

Ivan Bispo de Oliveira Filho

Marcelo Eduardo Dantas

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES I

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA E GEOMORFOLÓGICA DE RISCO GEOLÓGICO

**Comunidades Santa Fé, Várzea Grande e Massiari,
Reserva Extrativista Médio Rio Purus/AM**

AUTORES

Ivan Bispo de Oliveira Filho

Marcelo Eduardo Dantas



Rio de Janeiro

2024

APRESENTAÇÃO

As ações promovidas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), no âmbito do Departamento de Gestão Territorial (DEGET), envolvem a coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico voltados à conservação ambiental, ordenamento territorial e prevenção de desastres.

Neste contexto, a Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP) tem papel fundamental na condução de estudos, projetos e programas, cujo foco principal é produzir instrumentos técnicos capazes de subsidiar os gestores públicos na formulação, aprimoramento e execução de políticas direcionadas à mitigação dos danos causados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos, quedas de blocos de rocha, erosões, inundações, dentre outros.

As atividades desenvolvidas pelo DEGET e pela DIGEAP incluem, ainda, ações de fomento à disseminação do conhecimento geocientífico, por meio da promoção de cursos de capacitação voltados aos agentes públicos e à sociedade em geral.

Assim, com esse espírito de inovação e com a responsabilidade de fomentar a ocupação segura e sustentável do território, o SGB-CPRM espera que as informações contidas no presente relatório possam ser empregadas em prol do bem-estar da sociedade brasileira.

Inácio Melo
Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho
Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de uma avaliação geológico-geotécnica e geomorfológica acerca do risco geológico existente nas comunidades Santa Fé, Várzea Grande e Massiari, Reserva Extrativista Médio Rio Purus/AM. As conclusões apontam que em Várzea Grande há uma tendência de rompimento do laço de meandro junto à comunidade, que acarretará o isolamento da comunidade num lago de meandro de abandonado e alijada do curso fluvial do rio Purus. Em Santa Fé, foi constatado risco muito alto para as comunidades ribeirinhas, em função da existência de processo de terras caídas ativo. Em Massiari, foi identificada área de risco caracterizada por escola e habitações localizadas muito próximas à borda da barranca que apresenta alto grau de erosão fluvial e recuo erosivo, sendo recomendável monitoramento contínuo da taxa de recuo das barrancas ao longo de todo o perímetro da comunidade e a imediata realocação das habitações para uma distância superior a 30 metros da borda da barranca. A avaliação da área proposta para realocação das comunidades ribeirinhas mostrou que esta se localiza em terrenos arenosos de uma barra de acreção, em margem convexa do rio Purus, cuja margem apresenta grau praticamente nulo de erosão fluvial. Tais terrenos apresentam boas condições geológico-geotécnicas para a implantação de uma comunidade, devendo apenas observar o seu nível altimétrico em relação às cheias sazonais.

Palavras-chave: risco geológico; prevenção de desastres; ordenamento territorial.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS E A MORFODINÂMICA FLUVIAL DO RIO PURUS	1
3. CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E FLUVIOMÉTRICA DO MÉDIO VALE DO RIO PURUS	5
4. TIPOLOGIA DE GRAU DE SUSCETIBILIDADE DE EROÇÃO DE BARRANCAS FLUVIAIS: UMA PROPOSTA.	7
5. ANÁLISE SISTEMÁTICA DOS CONDICIONANTES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS E GEOMORFOLÓGICOS DAS COMUNIDADES VISITADAS	10
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	19
REFERÊNCIAS.....	20
AGRADECIMENTOS.....	21
ANEXOS DIGITAIS	21

1. INTRODUÇÃO

Em atendimento ao ofício OFICIO SEI N°129/2024/NGI ICMBio Lábrea/CR-Porto Velho/GR-1/GABIN/ICMBio, processo SEI CPRM 48044.000768/2024-89, expedido à Residência de Porto Velho do Serviço Geológico do Brasil (REPO-SGB/CPRM) no dia 01 de julho de 2024, o Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, mobilizou dois profissionais do SGB-CPRM, listados no Quadro 1 para a Reserva Extrativista do Médio Purus – Resex, com o objetivo de identificar o contexto geomorfológico e caracterizar os problemas geológico-geotécnicos decorrentes da dinâmica fluvial do Rio Purus e seu impacto nas comunidades ribeirinhas localizadas nas localidades de Santa Fé, Várzea Grande e Massiari.

A incursão de campo, realizada entre os dias 10 e 15 julho de 2024, foi viabilizada com suporte logístico e operacional fornecido pelo ICMBio e com o acompanhamento de técnicos do ICMBio e da Defesa Civil Municipal de Lábrea-AM. Após o trabalho de campo, foi realizada uma etapa de escritório para processamento de imagens e geração de modelos 3D por Drone e análise dos dados coletados em campo, incluindo entrevistas com moradores locais e avaliação geológico-geotécnica e geomorfológica dos três locais críticos indicados pelo ICMBio em ofício: as comunidades Santa Fé, Várzea Grande e Massiari, todas situadas na Reserva Extrativista do Médio Vale do Rio Purus, nos municípios de Lábrea e Pauini, Sul do Estado do Amazonas.

Quadro 1: Equipe técnica responsável pela elaboração do trabalho.

Nome completo	Cargo ou função	Instituição
Ivan Bispo de Oliveira Filho	Pesquisador em Geociências - Geólogo	Serviço Geológico do Brasil-SGB/CPRM
Marcelo Eduardo Dantas	Analista em Geociências - Geógrafo	Serviço Geológico do Brasil-SGB/CPRM

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS E A MORFODINÂMICA FLUVIAL DO RIO PURUS

É da natureza de grandes rios meândricos de alta sinuosidade o processo de migração lateral do canal por desbarrancamento das margens do rio. Tal fenômeno ocorre de forma tão acelerada que o traçado destes grandes rios meândricos se alteram radicalmente em seus fundos de vales fluviais num prazo de poucas décadas. Na Amazônia Sul-Occidental, destacam-se como principais exemplares os rios Purus, Juruá e Javari (Dantas e Maia, 2010), inseridos na denominada “Depressão Amazônica” (Ross, 1985). Tratam-se de rios meândricos de grande porte, cujas nascentes estão localizadas nos primeiros contrafortes pré-andinos na Amazônia Peruana, a cerca de 400 metros de altitude, e apresentam um gradiente muito baixo de um típico rio de planície. Com tais características, estes rios consistem de rios de água branca e extremamente sinuosos, tortuosos, serpenteando por vastas planícies de inundação com alguns quilômetros de largura (Figura 01) até desembocar no rio Solimões. Os rios de águas brancas se notabilizam por apresentar expressiva carga de sedimentos em suspensão, formada principalmente por material de granulometria silte e argila, mineralogicamente constituída de quartzo, feldspato e argilominerais (esmectita, caulinita, illita) e muscovita. (Freitas *et al.*, 2013).

A localização da nascente do rio Purus foi identificada pelo geógrafo inglês William Chandless entre 1864 e 1865 (Santana, 2000), separando a bacia do rio Purus das bacias dos rios Madre de Dios e Ucayali. Estes dois rios, de fato, drenam grande parte da Cordilheira Andina na Bolívia e no Peru, encaixados numa calha tectônica paralela ao flanco oriental dos Andes. Todavia, apesar do rio Purus apresentar uma carga de sedimentos menor que os “gigantes barrentos” rios Madeira e Solimões, cujas bacias drenam os Andes, suas águas também apresentam grande quantidade de sedimentos em suspensão devido ao frequente processo

de desbarrancamento de suas margens, popularmente denominados de “Terras Caídas”. Em sua incursão pelo vale do rio Purus entre 1904 e 1905, Euclides da Cunha descreveu com maestria os aspectos físicos do rio, numa abordagem davisiana, desde suas nascentes no Peru até sua confluência com o rio Solimões no Médio Amazonas e ressaltava o caráter divagante e mutável de “*um rio em plena evolução geológica*” (Santana, 2000; Ribeiro, 2006). Essa natureza em constante mutação que tanto surpreendeu Euclides corresponde justamente às atuais planícies de inundação, região conhecida como área de várzea onde os rios, incessantemente, erodem, transportam e depositam uma grande quantidade de sedimentos ao longo de seu curso.

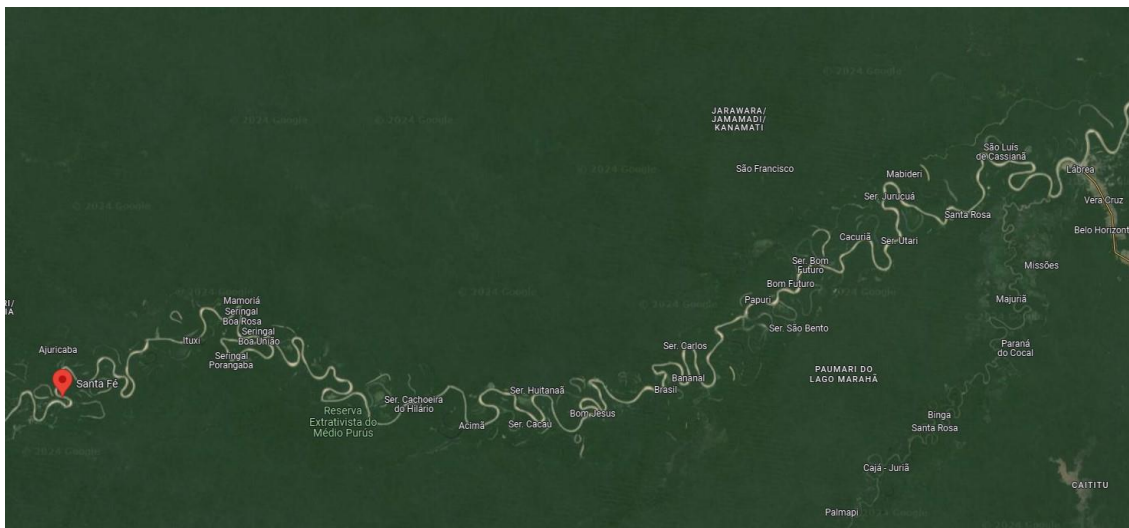


Figura 01: aspecto do canal meândrico de alta sinuosidade delineado pelo rio Purus entre a cidade de Lábrea (à direita na imagem) e a comunidade Santa Fé (apontado à esquerda na imagem). Ressalta-se na imagem, a expressiva quantidade de lagos de meandro abandonado, evidenciando assim a intensa mobilidade do rio Purus ao longo de sua várzea. Fonte: Imagem Google 2023.

Neste contexto, a extensa várzea do rio Purus apresenta um diversificado mosaico de feições e depósitos fluviais, tais como: planícies de decantação, barrancas de margem de rio, barras de acreção, praias, barrancas altas de terra firme, furos e “varadouros”, lagos de várzea e lagos de meandro abandonado (*ox-bow lakes*), dentre os principais.

Os lagos de meandro abandonado resultam de um dos mais notáveis processos de mudança de traçado de um canal meândrico: o fenômeno de avulsão. Este fenômeno decorre de um processo de erosão generalizada de ambas as margens côncavas de um laço de meandro (Figura 02). A avulsão ocorre quando o rio rompe e traça um atalho a ser percorrido. A população ribeirinha denomina este evento de “arrombamento do rio” e, em determinados casos, assume o poder erosivo considerável capaz de colocar em risco de desbarrancamento, as comunidades ribeirinhas situadas em margens fluviais outrora estáveis.

Em decorrência do intenso processo de migração lateral do canal, rios meândricos apresentam como uma marca registrada a instabilidade morfodinâmica de suas margens, como já exaustivamente estudado pela literatura geomorfológica clássica (Leopold, Wolman e Miller, 1964; Christofletti, 1981; Stevaux e Latrubesse, 2017), dentre muitos outros. Deste modo, os processos de erosão fluvial em rios de padrão meândrico se concentram nas margens côncavas do canal onde são observadas barrancas fortemente inclinadas a verticais de depósitos fluviais inconsolidados, estratificados, bem selecionados, de textura arenosa a argilosa, com ocorrência frequente de desprendimentos de massa de sedimentos (localmente denominado de “torrões”) e de queda de árvores.

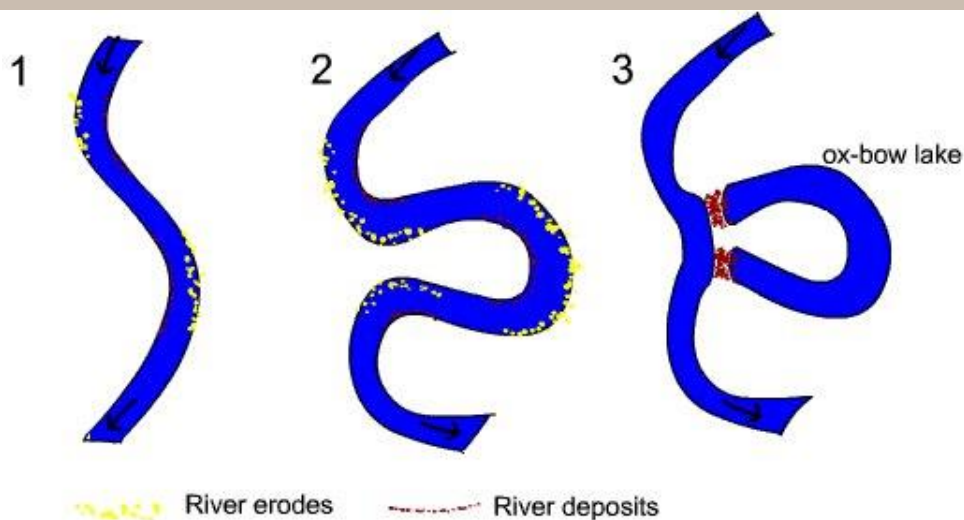


Figura 02: modelo esquemático do processo de avulsão em canal meândrico. Fonte: Mitchell (c2020).

Entretanto, ao longo do tempo, a volta de meandro passa a ser paulatinamente assoreada e colmatada, formando um típico lago de meandro abandonado. O caso mais emblemático de um processo de avulsão na Amazônia Brasileira com repercussões socioeconômicas e, mesmo geopolíticas, está para ocorrer no rio Acre, afluente do rio Purus, onde um bairro periférico da cidade de Brasileira/AC está prestes a ser isolado do território brasileiro, na fronteira com a Bolívia, junto à cidade de Cubija (Dantas et al., 2019).

Mas, se por um lado, o movimento turbulento e helicoidal do fluxo hidráulico de um rio meândrico promove a erosão de suas margens côncavas, por outro lado, promove deposição em suas margens convexas, gerando sucessivos feixes de praias fluviais, acarretando assim, na elaboração de um sistema de barras de acreção (Figura 03).

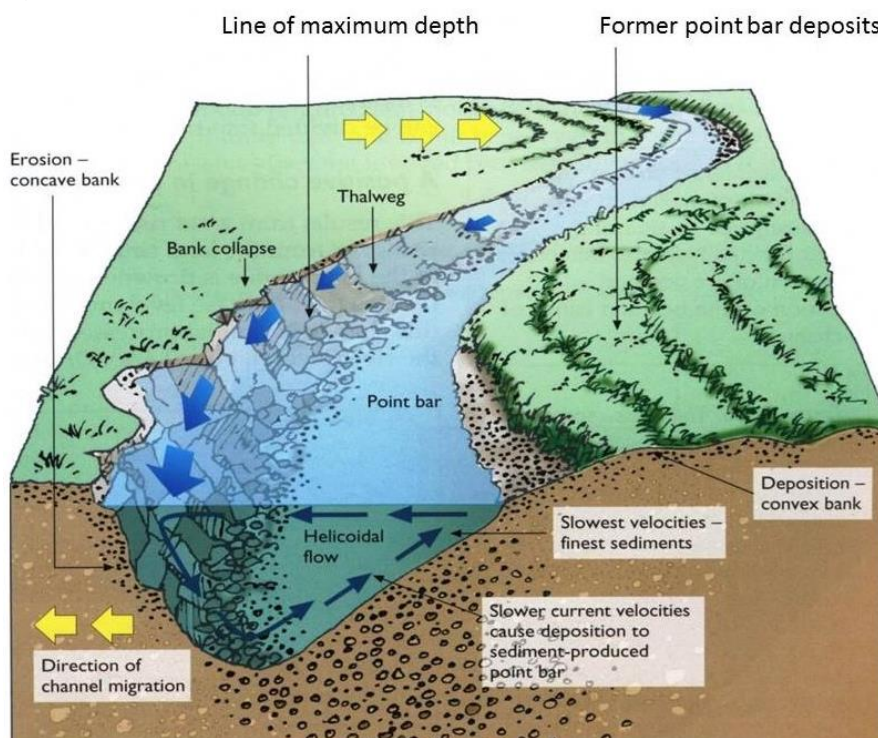


Figura 03: Seção transversal de um padrão de canal meândrico apresentando típico perfil assimétrico com talvegue e barrancas erosivas junto à sua margem côncava e canal mais raso, com velocidade do fluxo mais baixa e deposição junto à margem convexa, formando barras de acreção. Fonte: geographyiseasy.com (c2024). <https://geographyiseasy.wordpress.com/2013/11/04/as-formation-of-meanders-and-ox-bow-lakes/>

2.1. O Fenômeno das Terras Caídas

Além desses corriqueiros eventos de erosão por abrasão/ solapamento fluvial, destaca-se também o fenômeno de Terras Caídas, mais complexo, que resulta de uma combinação de processos de erosão fluvial com movimentos de massa (Bandeira et al., 2018) (Figura 04).

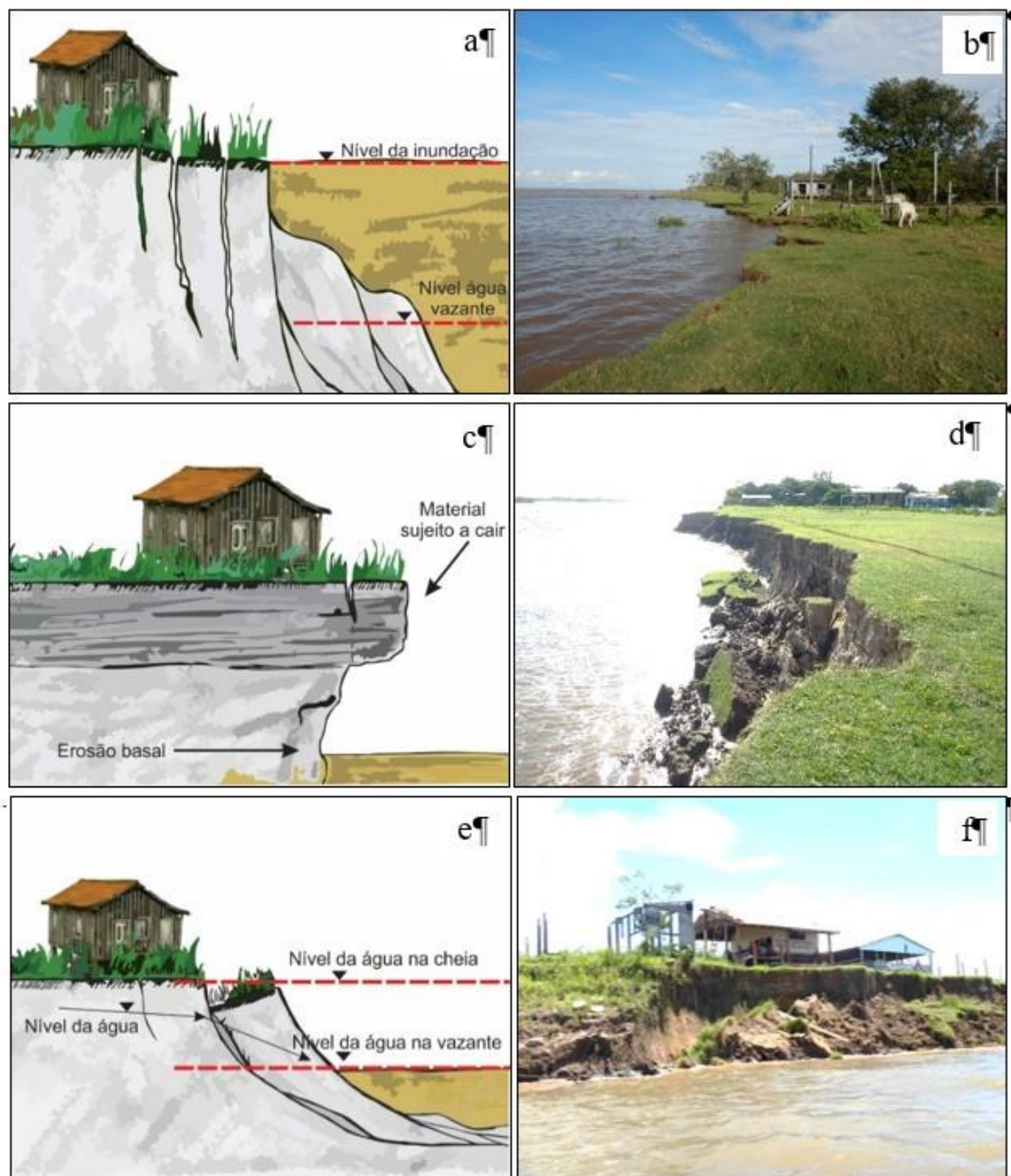


Figura 04: Diferentes tipos de ocorrências de Terras Caídas conjugando erosão fluvial e movimentos de massa em rios amazônicos Fonte: Bandeira *et al.*, 2018.

Carvalho (2006) define terras caídas como sendo uma terminologia regional amazônica usada indistintamente para designar erosão fluvial nas margens do rio Amazonas e de seus afluentes de água branca. Trata-se de um fenômeno complexo, multicausal e que acontece em escala quase que imperceptível, pontual, recorrente e não raro catastrófico, podendo alcançar, em muitos casos, distâncias quilométricas. Para o autor

as terras caídas resultam da ação conjugada dos seguintes fatores:

a) Pressão hidrodinâmica – Pressão da água corrente imprimida pela velocidade e por uma descomunal descarga fluvial que varia de 900 a mais de 11.500m³/s, fazendo pressão nas margens. Além da pressão hidráulica a forma turbulenta das correntes também tem um papel importante no processo erosivo. Sternberg (1998, p. 63) considera que “o principal fator responsável pela aluição dos barrancos e conseqüente recuo das margens é o aprofundamento do álveo. O mesmo se dá por uma ação vorticiosa, gerada na ascensão de uma massa d’água”;

b) Pressão hidrostática – É a pressão da água retida no pacote sedimentar. A retenção de água do transbordamento no pacote sedimentar, alimentado pelas águas retidas na superfície pelos pequenos lagos rasos, furos e brecha de extravasão e pelas pesadas chuvas desempenham papel importante no processo erosivo;

c) A composição do material das margens – A erosão fluvial depende também da resistência do material das margens. A composição do material depositado na planície de inundação dos rios de água branca é constituída por areia, silte e argila inconsolidada, oferecendo pouca resistência a ação dos fatores causadores;

d) A neotectônica - Trabalhos mais recentes como de Igreja (1998) têm demonstrado uma relação direta dos fatores estruturais e neotectônicos com os processos fluviais;

e) Fatores climáticos – Meis (1968) relaciona as terras caídas aos “ventos gerais”, pois observa que as “costas” onde o solapamento acontece com maior intensidade, coincidem com os trechos dos rios onde pela sua direção, são mais atingidos pelos referidos ventos. Relaciona as terras caídas à ação conjugada de dois outros fatores: “a força de cisalhamento ligada à dinâmica do curso d’água” e a “resistência oferecida pelos materiais das margens”. Trabalhos mais recentes como de Carvalho (2006) corrobora com esse entendimento demonstrando que os banzeiros (ondas) produzidos pelos ventos provocam solapamento e conseqüente desbarrancamento das margens. Os dados mostram também que quanto maior é a intensidade das chuvas mais acelera as terras caídas;

f) Fatores antropogênicos – Embora em escala muito pequena, a ação humana também vem dando sua contribuição. O desmatamento da vegetação ciliar e principalmente a ação das embarcações que cada vez mais potentes, provocam deslocamento de massa líquida formando banzeiro cada vez maior, aumentando a capacidade de solapamento das margens.

Com base no exposto acima, uma primeira premissa a ser considerada no estudo de alocação/realocação de comunidades ribeirinhas em rios meândricos é privilegiar a ocupação dos terrenos arenosos das barras de acreção em margens convexas, posicionados em cotas acima das cheias sazonais do rio. Uma segunda premissa a ser considerada é que, devido à extrema atividade morfodinâmica do rio, devem ser construídas habitações que possam ser periodicamente realocadas evitando assim, estruturas de concreto e alvenaria.

3. CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E FLUVIOMÉTRICA DO MÉDIO VALE DO RIO PURUS

Uma outra variável relevante a ser avaliada é o regime pluviométrico da imensa bacia hidrográfica do rio Purus, que abrange uma área aproximada de 368.000 km². (<https://pt.aguasamazonicas.org/bacia/bacias-principais/purus>). Como todo grande rio da margem direita da bacia do rio Solimões/Amazonas, o rio Purus registra um maior volume de chuvas entre os meses de novembro e abril, sendo que os meses de janeiro a março são os mais chuvosos, com precipitação média mensal em torno de 300 mm/mês na estação meteorológica de Lábrea (INMET, 2022) (Figura 05).

Tal regime de chuvas está fortemente condicionado pela máxima atuação de sistemas atmosféricos de

baixa pressão, como a Massa Equatorial Continental (mEc) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Nimer, 1979). Na estação meteorológica de Lábrea, a pluviosidade média anual é de 2.169,6 mm/ano (INMET, 2022). Todavia, para o período de novembro a abril, registra-se uma pluviosidade média anual de 1.639,9 mm/ano, o que corresponde a 75,6% do volume total de chuvas na região.

O presente relatório também empreendeu uma análise hidrológica com base em dados de vazão diária de uma série histórica de 30 anos (1991-2020), correspondente à normal climatológica do INMET. Os dados fluviométricos foram obtidos a partir da estação de Lábrea, operada pelo Serviço Geológico do Brasil e disponibilizada pelo site *hidroweb* da Agência Nacional de Águas – ANA (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>) (ANA, 2023). O tratamento estatístico desses dados permitiu compreender diversos aspectos da dinâmica hidrológica do rio Purus.

Em primeiro lugar, devido à extensa área de sua bacia de drenagem, praticamente toda florestada, o nível fluviométrico do rio Purus pode demorar algumas semanas a se elevar (*lag-time*) e responde com certo atraso, tanto em relação ao início da cheia, quanto em relação ao início da vazante. O gráfico chuva X vazão aqui elaborado demonstra claramente este fato, pois o período de pico de cheia do rio ocorre em abril, no final do período chuvoso, quando já se observa um decréscimo das precipitações, enquanto que a vazante máxima do rio ocorre entre os meses de setembro e outubro, quando a região já registra um progressivo aumento das chuvas em relação ao trimestre mais seco (junho a agosto) (Figura 05). Cabe ressaltar, contudo, que uma avaliação mais precisa seria obtida a partir da vazão do rio Purus em Lábrea (AM) com um conjunto de postos pluviométricos em sua bacia, no seu alto curso, tanto no Acre, quanto no Peru, caso tais dados estivessem disponíveis.

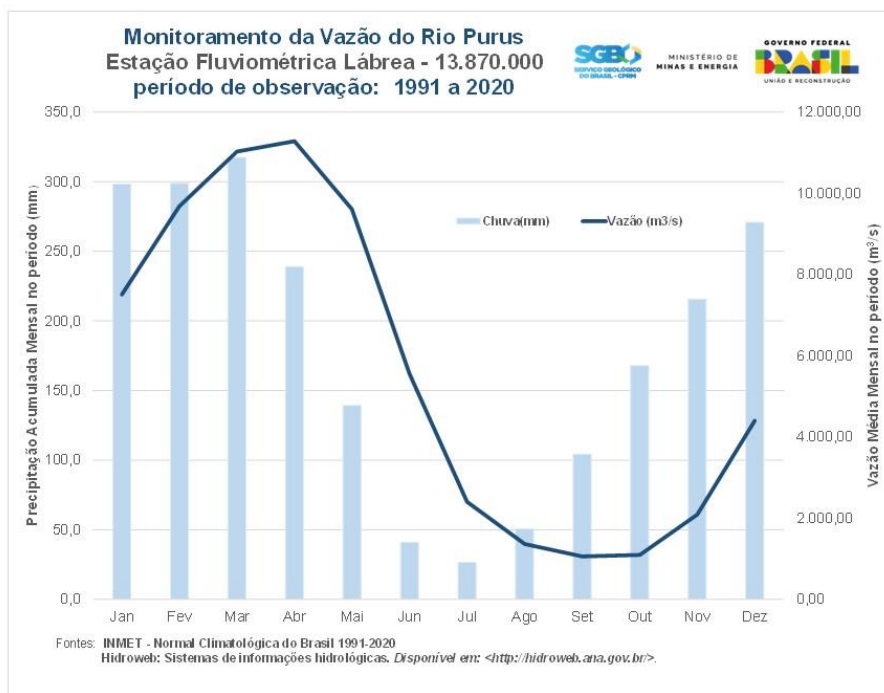


Figura 05: Gráfico chuva X vazão em Lábrea (AM). Fonte: Marcelo Parente Henriques.

Entretanto, em decorrência dessa concentração de chuvas entre novembro e abril, o fato mais marcante no que concerne ao regime fluviométrico do rio Purus é a impressionante oscilação sazonal de sua cota fluviométrica, podendo variar entre 15 a 20 metros de desnível vertical (correspondente a um prédio de 5 a 7 andares), entre a vazante máxima e o pico de cheia (Figura 06). A vazão média das vazantes, entre 1991 e 2020 registrou cerca de 900 m³/s. A vazão média das cheias, entre 1991 e 2020, por sua vez, atingiu mais de 11.500

m³/s. A diferença do regime fluviométrico do rio Purus entre a cheia e a vazante é descomunal, podendo ser cerca de 12 a 13 vezes maior. Sendo assim, percebe-se que o ritmo sazonal destes rios amazônicos se caracteriza por uma variabilidade extrema de cotas e vazões, o que ajuda a compreender o intenso trabalho geomorfológico do rio Purus e sua notável atividade morfodinâmica

Neste sentido é justamente durante o período das cheias e, em especial, das cheias extremas, quando ocorre com maior intensidade os processos de erosão fluvial e desbarrancamento de margens. Afinal, é durante este período que o rio Purus apresenta maior vazão e velocidade, além de competência para o transporte de sedimentos e abrasão/erosão das barrancas. Os fenômenos de avulsão, portanto ocorrem, predominantemente, durante os períodos de cheias. São estes fenômenos os que oferecem maior perigo para as populações ribeirinhas. Todavia, uma rápida descida do nível do rio no período de transição de cheia para vazante também pode promover uma desestabilização da base dos barrancos, ainda pesados e saturados de água.



Figura 06: Barranca declivosa junto à comunidade Várzea Grande, constituídos de sedimentos siltico-argilosos inconsolidados típicos da várzea do rio Purus, apresentando 18 metros de desnível durante o período de vazante, no dia 12 de julho de 2024. Fonte: Autores.

4. TIPOLOGIA DE GRAU DE SUSCETIBILIDADE DE EROSÃO DE BARRANCAS FLUVIAIS: UMA PROPOSTA

Com o intuito de proceder a uma análise sistemática e padronizada do grau de suscetibilidade à erosão das barrancas de rios meândricos de alta sinuosidade, propõe-se aqui, ainda que empiricamente, elaborar uma proposta de classificação erosiva das barrancas fluviais com ênfase em margens côncavas dos rios, calcada em critérios definidos e que seja aplicável para todos os segmentos do rio Purus e também para os demais rios meândricos amazônicos. Essa proposta de classificação de recuo erosivo de margens é uma tentativa, com base em observação de forma criteriosa, de avaliar a iminência de um processo de rompimento do meandro (fenômeno de avulsão).

Deste modo, foi elaborada uma proposta de subdivisão em seis classes de suscetibilidade de erosão fluvial, que serão melhor discriminadas a seguir (Figura 07):

- Grau praticamente nulo de erosão fluvial e recuo erosivo: corresponde às margens convexas dos canais meândricos constituídas por praias fluviais e barras de acreção.

- **Muito baixo** grau de erosão fluvial e recuo erosivo: Barrancas inclinadas e recobertas por vegetação, com predomínio de gramíneas e esparsas árvores de pequeno porte. Ocasionalmente, podem ocorrer desbarrancamentos localizados de pequenas dimensões.

- **Baixo** grau de erosão fluvial e recuo erosivo: Barrancas inclinadas, parcialmente vegetadas, recobertas por gramíneas e apresentando alguns setores com desbarrancamentos.

- **Moderado** grau de erosão fluvial e recuo erosivo: Barrancas fortemente inclinadas a verticais, sem vegetação, apresentando atividade erosiva em toda a extensão, com desbarrancamentos e queda de árvores de grande porte.

- **Alto** grau de erosão fluvial e recuo erosivo: Barrancas verticais, sem vegetação, apresentando atividade erosiva em toda a extensão, com desbarrancamentos generalizados e deposição de “grandes torrões” (massa de sedimentos fluviais solapados) e muitos troncos de árvores de grande porte, depositados na margem do rio.

- **Muito alto** grau de erosão fluvial e recuo erosivo: cicatrizes de grandes proporções de movimentos de Terras Caídas (segundo concepção formulada por Bandeira et al., 2018). As Terras Caídas consistem nos fenômenos catastróficos de natureza hidrogeomorfológica e geotécnica mais perigosos para a população ribeirinha amazônica, podendo causar vítimas e deixar centenas de desabrigados num único evento, como o ocorrido na comunidade de Arumã (município de Beruri), no baixo vale do rio Purus, durante a seca extrema de outubro de 2023.

Entretanto, além todos os critérios acima estabelecidos, é importante também considerar a composição litológica das barrancas fluviais. Ao longo do tortuoso trajeto do rio Purus entre a cidade de Lábrea e a comunidade Santa Fé, foram observados diversos segmentos do rio com barrancas altas de Terra Firme, com mais de 30 metros de altura e sustentados por afloramentos e saprólitos de arenitos pleistocênicos da Formação Içá, consideravelmente mais resistentes à abrasão fluvial do que os sedimentos síltico-argilosos inconsolidados, das várzeas de idade holocênica, que predominam largamente ao longo do trajeto (Figura 08).

Curiosamente, em nenhuma barranca analisada por esta incursão ao rio Purus, foram identificadas bancadas de arenitos ferruginizados e laterizados (as famosas *grés limoníticas* descritas por Euclides de Cunha em sua célebre viagem pelo rio Purus). Possivelmente, tais bancadas lateríticas ocorram em margem do rio onde afloram os arenitos da Formação Içá.



Figura 07: Tipologia de graus de suscetibilidade à erosão fluvial e recuo de barrancas aqui proposto. Fonte: figuras a, b, c, d, e (Autores). Figura f (CB BM Assunção).



Figura 08: Afloramento de arenito branco-amarelado com camadas bem litificadas, apresentando estratificação cruzada, intercalado com lentes de pelitos acinzentados (Formação Içá) sobreposto por discordância erosiva com solo/saprólito de coloração rósea, perfazendo cerca de 30 metros de desnível total. Fonte: Autores.

5. ANÁLISE SISTEMÁTICA DOS CONDICIONANTES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS E GEOMORFOLÓGICOS DAS COMUNIDADES VISITADAS

5.1. Comunidade Várzea Grande

-07, 596 S
-66, 194 W

93 metros de altitude

Terraço de Várzea

Em Várzea Grande, localidade distante cerca de 10 horas de barco, em direção à montante, a partir do centro urbano de Lábrea-AM (Figura 09), uma pequena comunidade ribeirinha se instalou em ambas as margens do Rio Purus. Essa comunidade está situada próximo a um laço de meandro com cerca de 200 metros de largura (Figura 10). A comunidade se posiciona em terrenos planos e sazonalmente inundáveis de um terraço de várzea. No período em que foi feita a incursão de campo, o nível do rio Purus estava muito baixo. Deste modo, a comunidade estava sobre uma barranca de 18 metros de altura acima do nível do rio registrado em 12 de julho de 2024, cujo talude registra 12 a 15º de inclinação (Figura 06). O rio Purus registra 250 metros de largura junto a esta comunidade. Esta barranca apresenta, localmente, um baixo grau de erosão fluvial e recuo erosivo, conforme proposta de tipologia apresentada neste relatório. A composição litológica desta barranca é constituída de um sedimento inconsolidado, estratificado, de presumível idade holocênica, de textura siltico-argilosa, com pouca areia fina. Junto à porção mais estreita do laço, em ambas as margens retilíneas a suavemente côncavas do rio, as barrancas apresentam moderado a alto grau de erosão fluvial e recuo erosivo, o que sugere uma tendência de ocorrência do processo de avulsão do rio Purus neste segmento (Figura 11).

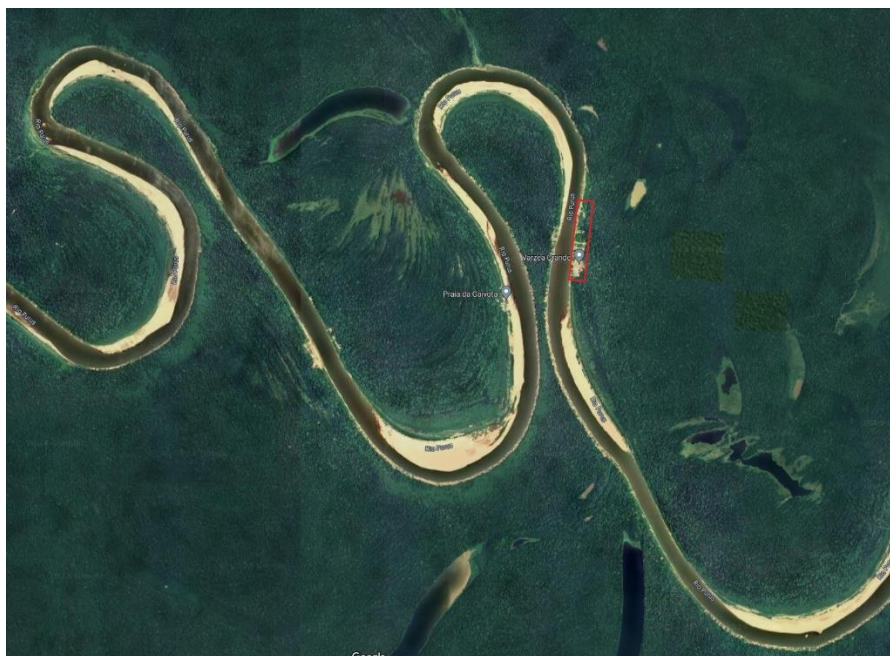


Figura 09: Localização da comunidade de Várzea Grande (caixa vermelha). Fonte: Imagem Google 2023.



Figura 10: Visão panorâmica de laço de meandro (porção mais estreita entre duas curvas de um meandro) do rio Purus, próximo à comunidade de Várzea Grande. Fonte: Autores.



Figura 11: Laço de meandro do rio Purus apresentando, em primeiro plano, barranca em margem levemente côncava com alto grau de erosão fluvial e recuo erosivo, conforme proposta de tipologia apresentada neste relatório. Fonte: Autores.

Segundo relato do Sr. Manoel Flor, morador local há mais de 40 anos, ocorreu recentemente uma aceleração dos processos de erosão fluvial nos últimos 3 anos, reduzindo a largura da porção mais estreita do laço de meandro de 440 para 300 passos (algo em torno de 150 a 200 metros).

Com base na análise dos dados e informações disponíveis, conclui-se que há uma tendência de rompimento do laço de meandro junto à comunidade Várzea Grande. Caso ocorra o rompimento, a referida comunidade ficará isolada em novo lago de meandro de abandonado e alijada do curso fluvial do rio Purus. Neste sentido, o processo de assoreamento do lago e o entulhamento (ou tamponamento) da “boca do lago”

devido ao intenso aporte de sedimentos do rio Purus, em poucos anos, inviabilizará a navegação na comunidade, assim como o seu modo de vida, o que forçará a sua realocação. Entretanto, é muito difícil determinar quando o processo de avulsão ocorrerá, podendo demorar muitos anos ou mesmo mais de uma década, pois este rompimento depende do regime fluviométrico do rio Purus. Sendo assim, é importante monitorar a oscilação sazonal do nível do rio Purus nos próximos anos. A ocorrência de grandes cheias alternadas com grandes vazantes tende a acelerar o processo.

5.2. Comunidade Santa Fé

-07, 664 S 98 metros de altitude Terraço de Várzea
-66, 628 W

A comunidade Santa Fé consiste na mais populosa comunidade ribeirinha entre as cidades de Lábrea e Pauini, e está situada a cerca de 13 horas de barco, em direção à montante, a partir do centro urbano de Lábrea-AM, onde duas pequenas comunidades ribeirinhas, uma tradicional e outra indígena, instalaram-se em margens opostas do Rio Purus (Figura 12). Assim como em Várzea Grande, as duas comunidades se situam em terrenos planos e sazonalmente inundáveis de terraço de várzea, implantadas sobre barrancas com baixo grau de erosão fluvial e recuo erosivo e registram 17 metros de altura acima do nível do rio registrado em 13 de julho de 2024, cujo talude registra 13 a 17º de inclinação. O rio Purus registra 270 metros de largura neste trecho. A composição litológica da barranca é muito similar à de Várzea Grande. Todavia foram identificadas camadas tabulares de argila maciça em meio ao sedimento síltico-argiloso predominante.

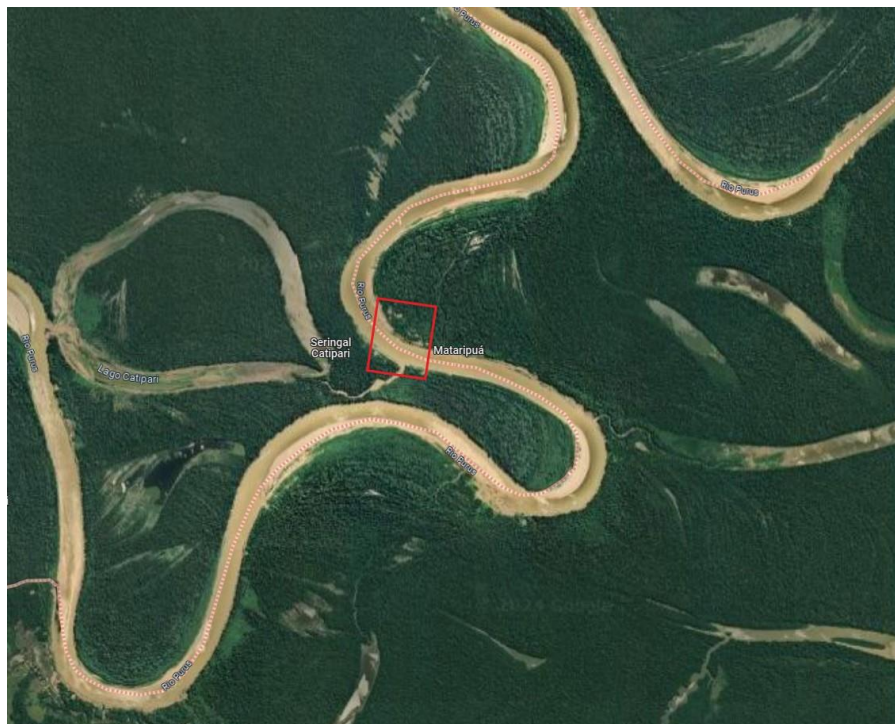


Figura 12: Localização da comunidade de Santa Fé (caixa vermelha). Fonte: Imagem Google 2023.

Essa comunidade localiza-se defronte a um furo que liga o lago Catipari (típico lago de meandro abandonado) ao rio Purus (Figuras 12 e 13). Do outro lado da volta do meandro, em margem côncava do rio, a barranca sofre franco recuo erosivo e tende a capturar o furo, gerando um novo evento de avulsão. A faixa

de terra que separa o rio Purus do furo do Catipari estende-se por míseros 70 metros (Figuras 14 e 15). Tal barranca apresenta um alto grau de erosão fluvial e recuo erosivo, conforme proposta de tipologia apresentada neste relatório, tendo sido observado extensos segmentos com desbarrancamentos de grandes proporções. Este provável evento de “arrombamento do rio” (no linguajar da população local) ameaça as duas comunidades: tanto a população tradicional da comunidade Santa Fé, quanto a população indígena da comunidade Santo Antônio do Catipari (Figura 16).



Figura 13: Vale escavado do furo Catipari desembocando no rio Purus e detalhe da estreita faixa de terra que separa o canal inciso do furo da margem côncava do rio Purus. Fonte: Autores.



Figura 14: Margem côncava do rio Purus apresentando, em primeiro plano, barranca com alto grau de erosão fluvial e recuo erosivo, conforme proposta de tipologia apresentada neste relatório. Ao fundo, à esquerda, segmento do lago Catipari (antigo lago de meandro abandonado), suspenso em relação à calha do rio Purus, situada à direita. Fonte: Autores.



Figura 15: Estreita faixa de terra entre o rio Purus e o furo Catipari, ressaltando que a atividade erosiva ocorre em ambas as barrancas, o que denota uma alta probabilidade de ocorrência da avulsão. Ao fundo, observa-se o trecho já assoreado e revestido de plantas aquáticas do lago Catipari. Fonte: Autores.



Figura 16: O “ameaçador” furo Catipari, cuja desembocadura está apontada diretamente para a Comunidade Santa Fé. A comunidade indígena de Santo Antônio do Catipari, localizada em margem oposta a cerca de 300 metros a jusante da foz do furo, também se encontra em situação de risco. Fonte: Autores.

Segundo informações do Sr. Antônio Venâncio, cacique da comunidade de Catipari e Secretário Municipal dos Povos Indígenas de Pauini, as margens do furo de Catipari também sofrem processos erosivos e, através de técnica artesanal de medição de profundidade (vara), o furo do Catipari alcança 12 metros, profundidade esta similar ao do próprio rio Purus. Este dado é surpreendente, mas facilmente compreensível, pois moradores locais relatam que “no inverno”, durante a cheia, parte do rio Purus corre pelo furo, promovendo o aprofundamento do canal. Este dado também é preocupante porque torna a mudança de direção do rio principal muito mais rápida no momento em que ocorrer o rompimento das margens, o que colocaria a população de ambas as comunidades em risco. Outro registro relevante e preocupante foi a identificação de degraus de abatimento na barranca da margem esquerda do rio Purus, adjacente ao furo,

onde está assentada a comunidade indígena (Figura 17). Segundo moradores locais, esse fenômeno é recente e coincidente com o início do desvio de parte do leito do rio Purus para o furo Catipari durante as cheias. A combinação de erosão fluvial com movimento de massa (cujo prenúncio está registrado em campo nos degraus de abatimento) fornece sinais para uma futura ocorrência de terras caídas de grandes proporções, situação esta de muito alto risco para as comunidades ribeirinhas em análise.



Figura 17: Degráus de abatimento junto à barranca da comunidade indígena de Santo Antônio do Catipari, adjacente à desembocadura do furo. Fonte: Autores.

Com base na análise dos dados e informações disponíveis, conclui-se que há um risco de rompimento da margem côncava do rio Purus e a consequente avulsão deste rio aproveitando o percurso já traçado pelo furo Catipari. Este evento pode desencadear um processo de terras caídas de grandes proporções atingindo as habitações implantadas nas imediações. Evidentemente, o processo de avulsão só será concretizado mediante a ocorrência de cheias de grandes proporções nos anos vindouros, mas de qualquer modo, recomenda-se a imediata realocação das duas comunidades para a localidade adjacente pouco a jusante indicada por analistas do ICMBio. A área proposta para realocação das comunidades está situada em terrenos arenosos de uma barra de acreção em margem convexa do rio Purus, cuja margem apresenta grau praticamente nulo de erosão fluvial (Figura 18). Tais terrenos apresentam boas condições geológico-geotécnicas para a implantação de uma comunidade, devendo apenas observar o seu nível altimétrico em relação às cheias sazonais.



Figura 18: *Locus* da proposta de realocação da comunidade Santa Fé em barra de acreção do rio Purus. Solos arenosos e firmes em margem com grau praticamente nulo de erosão fluvial e recuo erosivo, conforme proposta de tipologia apresentada neste relatório. Fonte: Autores.

5.3. Comunidade Massiari

-07, 270 S

73 metros de altitude

Terraço de Várzea

-64, 873 W

Em Massiari, localidade distante cerca de 20km do centro urbano de Lábrea-AM (40 minutos de barco) (Figura 19), uma pequena comunidade ribeirinha instalou-se na margem esquerda do Rio Purus. Essa comunidade, em grande parte oriunda de outro trecho do rio mais a montante, ocupa esta área há poucos anos e recentemente tem se deparado com problemas geotécnicos associados à dinâmica fluvial do Rio Purus. Assim como em Várzea Grande e em Santa Fé, a comunidade de Massiari se situa em terrenos planos e sazonalmente inundáveis de terraço de várzea, implantadas sobre barrancas do rio Purus, registrando 14 metros de altura acima do nível do rio, observado em 14 de julho de 2024, cujo talude registra 10 a 15º de inclinação. O rio Purus registra 250 metros de largura neste trecho. A composição litológica da barranca é muito similar à de Várzea Grande, com franco predomínio de sedimento siltico-argiloso inconsolidado e estratificado. Entretanto, ao contrário das comunidades anteriores, Massiari sofre risco direto devido ao fato de que suas barrancas estão submetidas a um franco recuo erosivo. A comunidade está implantada em margem levemente côncava do rio, apresentando grau moderado a alto de erosão fluvial e recuo erosivo, conforme proposta de tipologia apresentada neste relatório, tendo sido observado, de forma não uniforme, segmentos com desbarrancamentos de grandes proporções.

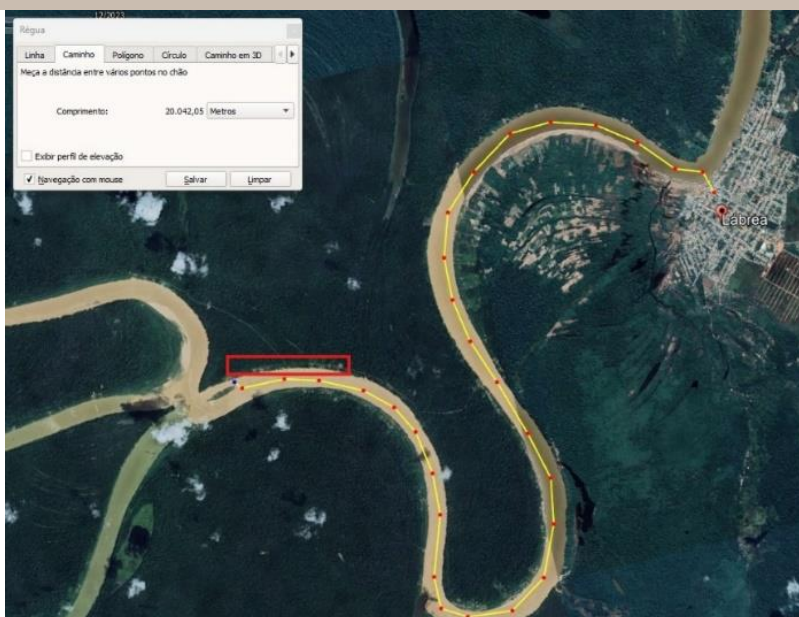


Figura 19: Localização da comunidade de Massiari (caixa vermelha). Fonte: Imagem Google 2023.

Cabe ressaltar que a comunidade de Massiari está localizada imediatamente a jusante de um ponto de avulsão do rio Purus ocorrido há apenas dois anos, o que sugere também um ajuste morfodinâmico de suas margens em resposta à mudança do fluxo hidráulico em novo traçado do rio.

Na área de estudo foi observado que a comunidade de Massiari ocupa uma faixa de terra próxima às margens do rio, onde as erosões têm ocorrido de forma intensa e acelerada, principalmente, após o “estrangulamento” com consequente rompimento de meandro poucos metros a montante (Figura 20).

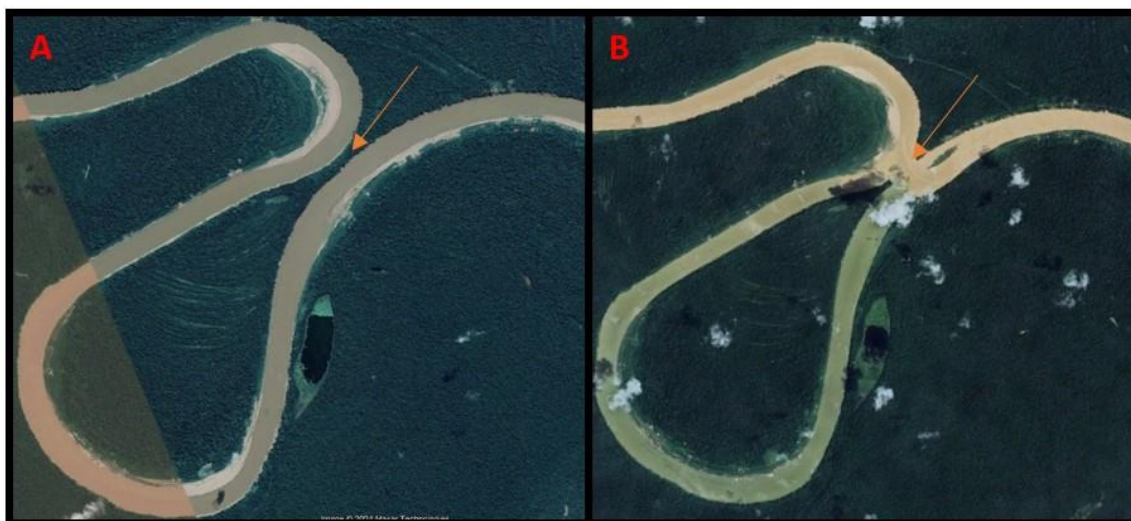


Figura 20: Imagens Google de 06/2021 (A) e 12/2023 (B), mostram o “estrangulamento” com consequente ruptura de meandro. Fonte: Imagem Google 2023.

A associação de uma região altamente suscetível à ocorrência de erosão fluvial com a ocupação humana, principalmente, em edificações de alta vulnerabilidade, constitui uma área de risco de muito alto grau. Na figura 21, é possível observar a proximidade das edificações com a atual linha de erosão, em alguns casos, como o da Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida, a distância entre a linha de erosão e a edificação é inferior a 15m (Figura 22).



Figura 21: Imagem aérea obtida com o drone ressaltando a proximidade das moradias com a linha de erosão (em vermelho).
Fonte: Autores.



Figura 22: Foto aérea obtida com o drone destacando a proximidade da Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida (A) com a linha de erosão (B). Fonte: Autores.

Sabe-se que a ocupação das margens dos rios, não só na região da bacia amazônica, mas em todo o Brasil, é uma questão cultural. Contudo, diante do observado e considerando a dinâmica fluvial do Rio Purus, recomenda-se que as ocupações distem a pelo menos 30m da linha de erosão, e que haja o monitoramento regular e constante do avanço da erosão no terraço fluvial em questão, promovendo sempre que ocorrer este avanço o afastamento das moradias.

Com base na análise dos dados e informações disponíveis, conclui-se que a comunidade de Massiari está situada numa área de risco conflagrada, sendo necessário um atento acompanhamento da Defesa Civil Municipal. As habitações estão localizadas muito próximas à borda da barranca (entre 10 e 27 metros de distância). Mesmo a escola local está situada a apenas 15 metros de distância da borda da barranca. Apenas uma casa foi realocada em direção ao interior do terraço de várzea e está situada numa posição

aparentemente mais segura, há 38 metros de distância da borda da barranca. Deste modo, sugere-se um monitoramento contínuo da taxa de recuo das barrancas ao longo de todo o perímetro da comunidade e a avaliação da possibilidade de realocação das habitações para uma distância superior a 30 metros da borda da barranca. Contudo, mesmo com as habitações distantes 30 metros da barranca, faz-se necessário o monitoramento constante do terreno, e em caso de surgimento de trincas ou degraus de abatimentos, solicitar nova avaliação geotécnica.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O rio Purus é um rio meândrico de alta sinuosidade que apresenta intensa atividade morfodinâmica expressa por erosão fluvial generalizada, recuo erosivo das margens e processos de avulsão (popularmente conhecido como arrombamento de rio). São justamente os processos de avulsão que promovem mudanças mais drásticas da trajetória do canal e que promove mais riscos às populações ribeirinhas.

Este rio é reconhecido por ser um rio de águas brancas, justamente pela grande quantidade de sedimentos lançadas na calha do rio devido ao frequente desbarrancamento de suas margens, popularmente denominadas de “Terras Caídas”. Entretanto, este fenômeno é complexo, e resulta de uma associação entre de processos de erosão fluvial e movimentos de massa, podendo alcançar grandes dimensões e resultados dramáticos, como ocorrido na comunidade de Arumã em 2023, no baixo vale do rio Purus.

Deste modo, este relatório elaborou uma tipologia de determinação de graus de suscetibilidade de erosão fluvial de forma empírica e com base na observação visual das barrancas e em sua composição litológica, de modo que qualquer técnico seja capaz de proceder uma avaliação preliminar e alertar a Defesa Civil.

A estação meteorológica de Lábrea registra um alto volume pluviométrico (precipitação média anual de 2.169 mm/ano), típico de um clima Equatorial Úmido, mas também registra uma notável concentração de chuvas entre novembro e abril (75% do montante anual). Todavia, o fato mais marcante é oscilação sazonal de sua cota fluviométrica, podendo variar entre 15 a 20 metros de desnível vertical entre a vazante máxima e o pico de cheia. A diferença do regime fluviométrico do rio Purus entre a cheia (11.500 m³/s) e a vazante (900 m³/s) é descomunal, podendo ser cerca de 12 a 13 vezes maior. O ritmo sazonal destes rios amazônicos se caracteriza por uma variabilidade extrema de cotas e vazões, o que ajuda a compreender o intenso trabalho geomorfológico do rio Purus e sua notável atividade morfodinâmica

Em Várzea Grande, observa-se uma tendência de rompimento do laço de meandro junto à comunidade Várzea Grande. Todavia, quando ocorrer, no período de alguns anos, isolará a comunidade num lago de meandro de abandonado e alijada do curso fluvial do rio Purus.

Em Santa Fé, observa-se um risco de rompimento da margem côncava do rio Purus e a consequente avulsão deste rio aproveitando o percurso já traçado pelo furo Catipari. O registro de degraus de abatimento na barranca da comunidade indígena e próximo à desembocadura do furo, indica que o processo já está instalado para uma futura ocorrência de terras caídas de grandes proporções, situação esta de muito alto risco para as comunidades ribeirinhas em análise. A área proposta para realocação das comunidades está situada cerca de 1 quilômetro a jusante, em terrenos arenosos de uma barra de acreção em margem convexa do rio Purus, cuja margem apresenta grau praticamente nulo de erosão fluvial. Tais terrenos apresentam boas condições geológico-geotécnicas para a implantação de uma comunidade, devendo apenas observar o seu nível altimétrico em relação às cheias sazonais.

Em Massiari, observa-se uma área de risco conflagrada, sendo necessário um atento acompanhamento da Defesa Civil Municipal. A escola e as habitações estão localizadas muito próximas à borda da barranca que

apresenta alto grau de erosão fluvial e recuo erosivo, conforme proposta de tipologia apresentada neste relatório. Deste modo, sugere-se um monitoramento contínuo da taxa de recuo das barrancas ao longo de todo o perímetro da comunidade e a imediata realocação das habitações para uma distância superior a 30 metros da borda da barranca.

REFERÊNCIAS

- Aliança Águas Amazônicas. <https://pt.aguasamazonicas.org/bacia/bacias-principais/purus>. Acesso em 29 de julho de 2024.
- ANA – Agência Nacional de Águas (2023). Portal hidroweb. <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em 30 de julho de 2024.
- BANDEIRA, I. C. N., ADAMY, A., ANDRETTA, E. R., COSTA DA CONCEIÇÃO, R. A., & DE ANDRADE, M. M. N. (2018). Terras caídas: Fluvial erosion or distinct phenomenon in the Amazon?. *Environmental earth sciences*, 77(6), 222.
- CARVALHO, J.A.L. (2006). **Terras caídas e consequências sociais: Costa do Miracauera, Paraná da Trindade, Município de Itacoatiara-AM**. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação Sociedade e Cultura na Amazônia do Instituto de Ciências Humanas e Letras) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2006. 142p.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1981). **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher. 312p.
- DANTAS, M. E. e MAIA, M. A. M. (2010). Compartimentação geomorfológica. In: *Geodiversidade do estado do Amazonas. Manaus, CPRM*, p. 27-44.
- DANTAS, M. E.; ADAMY, A.; MOREIRA, D. M. e MAIA, M. A. M. (2020). O processo de avulsão do rio Acre em Brasileia, estado do Acre, Brasil. *Informe Técnico-Científico de Prevenção de Desastres e Ordenamento Territorial*. V.1 (1), Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM, Rio de Janeiro, p. 12-16.
- FREITAS, L. G.; SILVA, J. S.; CALMANT, S.; SEYLER, F. (2013). **Aplicações da altimetria espacial para monitoramento hidrológico da bacia do rio Purus**. In *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR*, Foz do Iguaçu, Abr. 2013.
- IGREJA, H. L. S. (1998). **Aspectos do Modelo Neotectônico da Placa Sul-Americana na Província Estrutural Amazônica, Brasil**. Tese para acesso à classe de Professor Titular da Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM. 155 p.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. (2022). **Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020**. Brasília, 27p.
- LEOPOLD, L. P., WOLMAN, M. G., MILLER, J. P. (1964). **Fluvial Processes in Geomorphology**. W.H. Freeman, San Francisco, CA.
- MEIS, M. R. M de (1968). **Considerações geomorfológicas sobre o Médio Amazonas**. Rev. Bras. de Geografia. Rio de Janeiro, 2: 3-20.
- MITCHELL, E. Rivers. In: SLIDEPLAYER.com Inc. c2020. Disponível em: <https://slideplayer.com/slide/9332536/28/images/14/Ox-Bow+Lake+An+oxbow+lake+is+a+crescent+shaped+lake+formed+on+a+river+when+a+meandre+has+been++cut+through+and+abandone.jpg>. Acesso em: 10 set. 2020.

- NIMER, E. (1979). **Climatologia do Brasil**: recursos naturais e meio ambiente. *Brasília, IBGE, 420p.*
- RIBEIRO, F. L. (2006). Cartas da selva: algumas impressões de Euclides da Cunha acerca da Amazônia. *História: Questões & Debates, Curitiba: UFPR, 44*, p. 147-162.
- ROSS, J. L. S. (1985). Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. *Revista do Departamento de Geografia, 4*, p. 25-39.
- SANTANA, J. C. B. D. (2000). Euclides da Cunha e a Amazônia: visão mediada pela ciência. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos, 6*, 901-917.
- STERNBERG, H. O'R. (1998). A água e o homem na várzea do Careiro. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi.
- STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. (2017). **Geomorfologia Fluvial**. Oficina de Textos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Engenheiro Cartógrafo Marcelo Parente Henriques pela coleta, tratamento e análise estatística dos dados fluviométricos apresentados neste relatório. Ao Geólogo José Luiz Marmos, por sua contribuição ao entendimento da compartimentação litoestratigráfica regional. E aos técnicos Edson Mariano da Costa (ICMBio), Rosiel Silva de Andrade (ICMBio), Edson Alves Rodrigues (Defesa Civil Municipal de Lábrea/AM) e Francisco Varela de Souza (condutor da embarcação e servidor da FUNAI) por todo o apoio logístico e companheirismo que possibilitou a execução com pleno êxito desta árdua expedição.

ANEXOS DIGITAIS

Imagens obtidas com uso do Drone, além de ortofoto e Modelo Digital de Elevação dos pontos visitados.
<https://drive.google.com/drive/folders/1KCP6NQwTWAHFHMB-ctCB2nZwk1gObUkQ>

