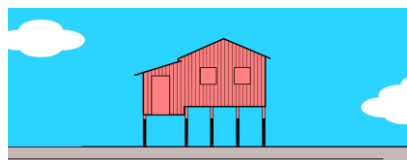


Capítulo 8



Dinâmica fluvial do Médio curso do Rio Amazonas e processos associados

*Iris Celeste Nascimento Bandeira
Naziano Pantoja Filizola Junior
Wenceslau Geraldes Teixeira
Marcelo Eduardo Dantas*

1. Introdução

A Bacia Amazônica, com aproximadamente seis milhões de quilômetros quadrados (Molinier et al., 1994), é composta de mais de 1700 rios, entre eles o Rio Amazonas, que apresenta a maior descarga líquida do mundo (Filizola; Guyot, 2009) e é um dos maiores em suprimento sedimentar (Filizola et al., 2011). Possui também uma extensa área de várzea, condicionada a uma morfodinâmica fluvial complexa, com distribuição irregular de sedimentos, acarretando a formação de diversas unidades de relevo, associadas a solos de textura, granulometria e composição química muito variadas. Nesse ambiente de grande diversidade hídrica, geomorfológica, biológica e pedológica, existem inúmeras famílias que vivem à base da agricultura e da pesca, dependendo do solo e da água para sua sobrevivência (Porro, 1995).

Visando contribuir para o entendimento da formação dos solos da várzea do Rio Amazonas (Figura 8.1) e ampliar o conhecimento pedológico, foi realizada em outubro de 2024 a *XV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos* (XV RCC) na Amazônia Central, onde foram visitados inúmeros perfis, localizados em relevo de baixos platôs (vide Capítulo 3), a grande maioria em regiões de várzea, às margens do Rio Amazonas.

As informações coletadas durante a RCC, somadas à pesquisa bibliográfica e análise de imagens de satélite, permitiram apresentar sucintamente um quadro geral da dinâmica fluvial e sua relação com processos de inundação, sedimentação, erosão e de movimentos de massa, assim como mostrar as principais unidades geomorfológicas e os solos formados em decorrência desses processos.

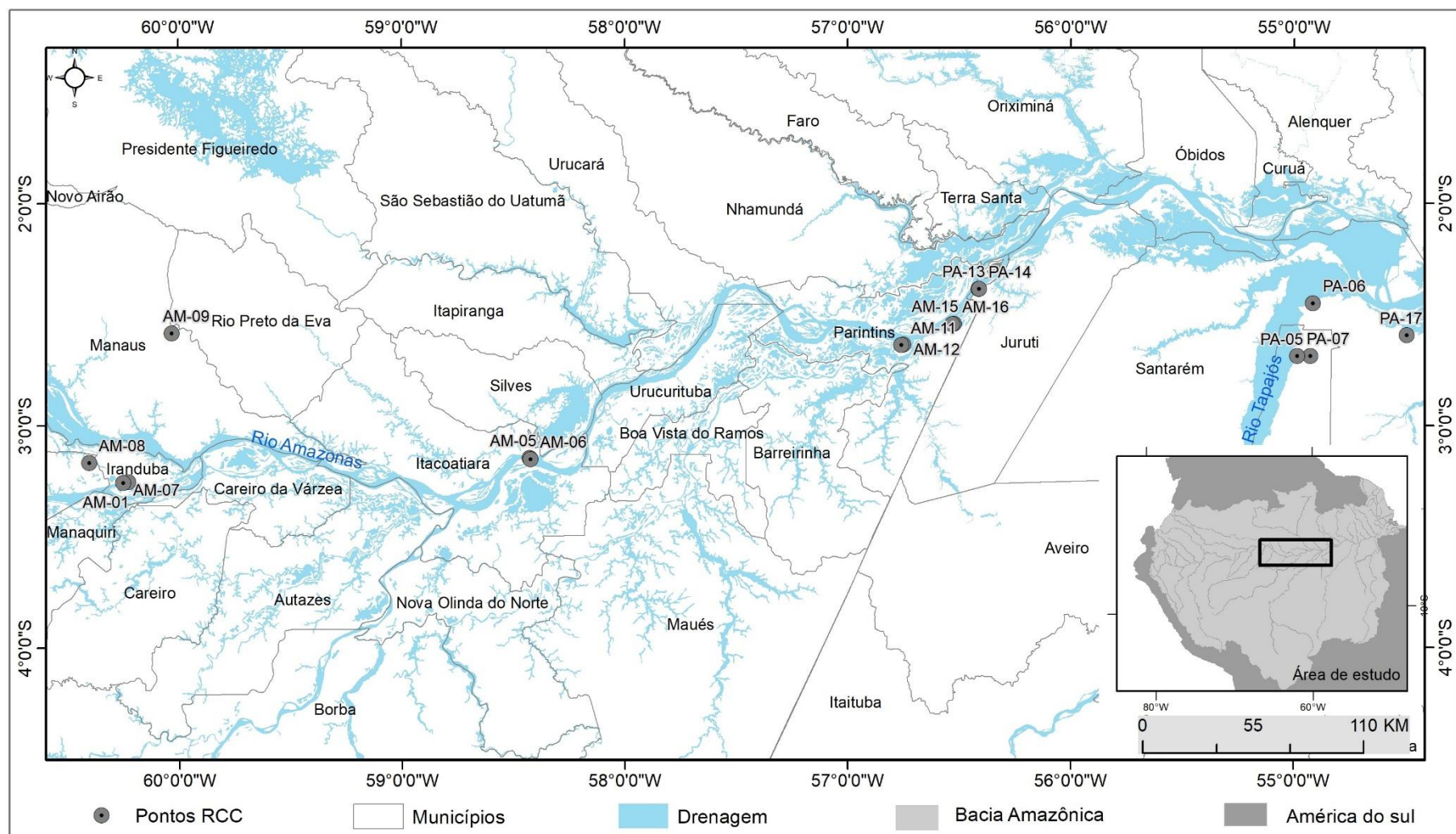


Figura 8.1. Mapa de localização do Médio curso do Rio Amazonas e dos perfis da XV RCC.

2. Dinâmica fluvial

A várzea do Médio curso do Rio Amazonas apresenta uma extensa área de inundação, composta de depósitos aluvionares referentes ao Holoceno (últimos 10.000 anos), limitados por terrenos mais elevados dos baixos platôs das Formações Solimões e Alter do Chão (Projeto Radambrasil, 1976; Reis et al., 2006; Vasquez; Rosa-Costa, 2008), com idades que remontam ao Pleistoceno e até ao Plioceno (quase 3 milhões de anos). Essas áreas de várzea (Figura 8.2) apresentam, na sua grande maioria, depósitos compostos com mais de 80% de materiais finos (silte e argila) e menos de 20% de areias (Mertes et al., 1996). Nas áreas com presença de areias, predominantemente médias a finas, tem-se a formação de Neossolos Flúvicos, que foram transportados e depositados em consequência das inundações maiores do Rio Amazonas. Os fluxos desse rio, tanto hídricos quanto sedimentológicos, são de enormes proporções, com vazões médias máximas¹ de $236.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e uma variação de 0,8 a 1,2 bilhões de toneladas anuais de sedimentos (Filizola et al., 2011; Armijos et al., 2020), para uma bacia com 6.112 milhões de km^2 de área (Molinier et al., 1994). O volume de água alcança seu pico de cheia anual, na região, normalmente entre os meses de maio e junho. Curiosamente, esse pico chega em Óbidos com, aproximadamente, um mês de antecedência em relação ao de Manacapuru, situada cerca de 700 km a montante. Tal comportamento singular justifica-se em face das significativas contribuições hídricas do Rio Madeira na vazão para o Rio Amazonas (14%), cujo pico de cheia acontece, em geral, entre os meses de fevereiro e abril, impactando sobremaneira os volumes em Óbidos.

Devido à variabilidade anual do fluxo de água do Rio Amazonas, o processo de transporte de matéria favorece a deposição de 160 a 200 milhões de toneladas de sedimentos por ano, no trecho entre Manacapuru e Óbidos (Meade, 1985; Filizola; Guyot, 2009; Filizola et al., 2011). No entanto, os fluxos de sedimentos na estação de Óbidos seguem uma dinâmica atrelada às contribuições hídricas dos dois principais tributários (rios Madeira e Negro), gerando, ali, um efeito de histereses na relação entre as concentrações de sedimentos em suspensão e as vazões (Filizola et al., 2011). Esses processos variáveis de fluxos de água e sedimentos condicionam uma intensa dinâmica que propicia distintos processos deposicionais e erosivos ao longo de toda a várzea (Figura 8.2). Uma grande área de deposição ativa encontra-se entre as cidades de Parintins e Santarém, associada principalmente aos grandes lagos e à

¹ Valor baseado na compilação de dados hidrológicos da Agência Nacional de Águas (ANA), entre 1970 e 2023 (Agência Nacional de Águas, 2025).

ocorrência de inúmeras ilhas na calha do Amazonas. Uma extensa área de erosão, com aproximadamente 414 km², pode ser identificada por uma variabilidade temporal nos processos de redução de ilhas e de formação de barras de acreção, sendo o trecho entre Juruti e Óbidos o que mais apresenta setores de várzea submetidos a processos erosivos.

Essa dinâmica variável permite a formação de inúmeras unidades geomorfológicas distintas na várzea (Mertes et al., 1996; Latrubesse; Franzinelli, 2002; Latrubesse, 2015; Park; Latrubesse, 2019). Em escala regional, é possível visualizar extensas áreas da planície fluvial e grandes ilhas associadas a lagos com mais de 15 km de largura (Figuras 8.3A e 8.3B), além de longos deltas intralacustres e barras de acreção com mais de 20 km de comprimento e extensos diques margeando o Rio Amazonas (Figura 8.3). Em escala de detalhe, verifica-se que essas unidades geomorfológicas maiores são formadas por subunidades de relevo. Como exemplo, há as planícies fluviais recortadas por um complexo mosaico de lagos menores, canais de várzea e canais abandonados, bordeados por diques de baixas amplitudes (Figura 8.3F), que apresentam diferenciações topográficas (30 a 150 cm) devido ao processo de sedimentação fluvial, os quais podem permanecer inundados por mais tempo, interferindo na tipologia de formação dos solos.

Portanto, a existência dessas unidades e a sua variabilidade espacial e topográfica possibilitam a funcionalidade ecológica e os ciclos biogeoquímicos de habitats locais (Mertes; Magadzire, 2007; Latrubesse, 2012). Do mesmo modo, as unidades condicionam a formação de grandes áreas com vegetação de floresta de várzea nas áreas suscetíveis a inundações (Kalliola et al., 1992), a estruturação de diferentes tipos de solo e o modo de ocupação humana da várzea. Unidades geomorfológicas com maior amplitude altimétrica, como os diques marginais, são menos suscetíveis à inundação e à sedimentação, representando as regiões mais ocupadas e cultivadas. A dinâmica intensa pode também afetar a preservação dos sítios arqueológicos (Campos et al., 2024), pois a sedimentação pode encobrir artefatos antigos, ou erodir e facilitar sua remoção, dificultando o estudo de vestígios de povos ancestrais nesse ambiente.

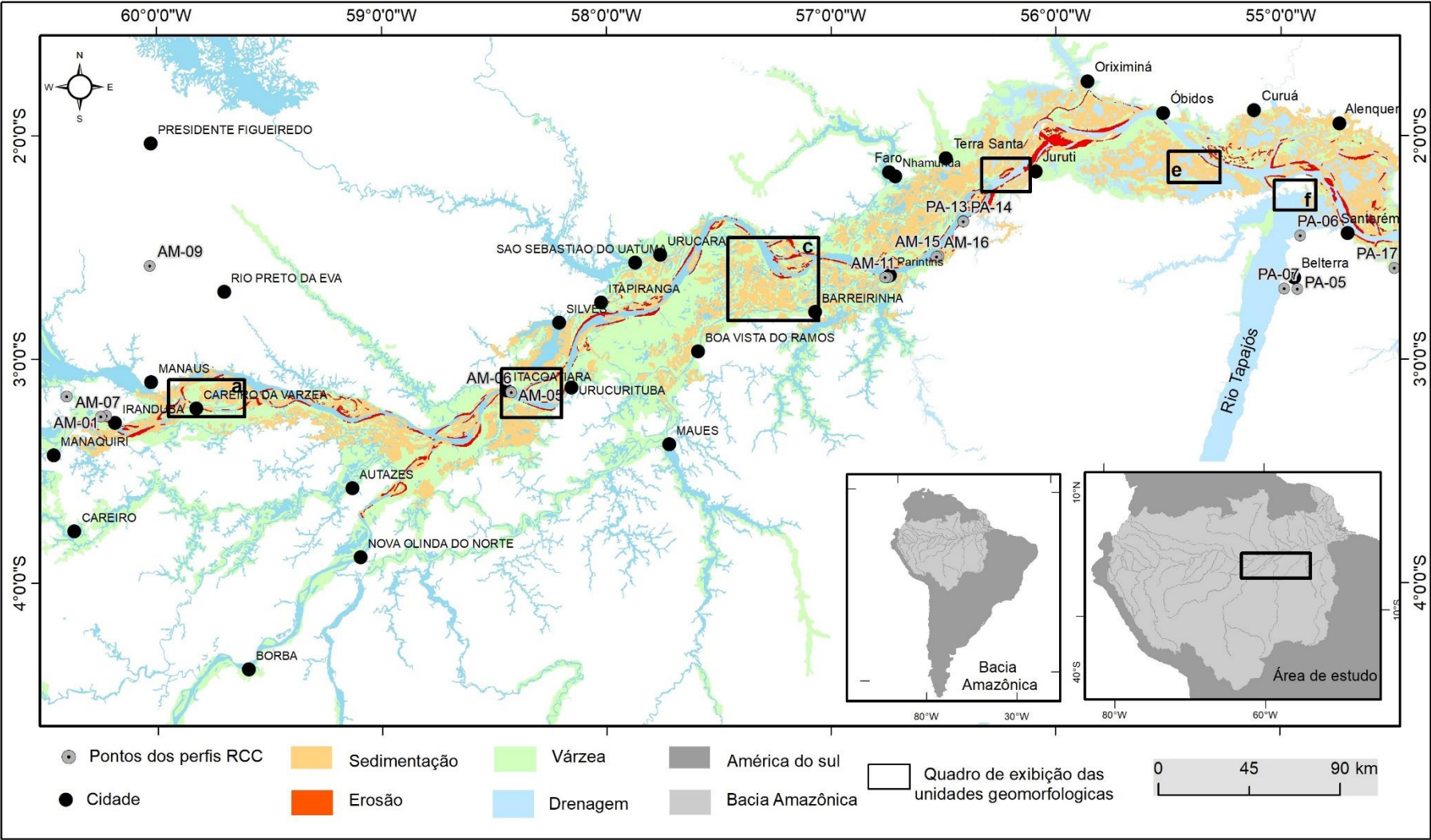


Figura 8.2. Mapa exibindo áreas de sedimentação e de erosão entre os anos de 1984 e 2023.

Fonte: Dantas e Maia (2010), Dantas e Teixeira (2013) e Global Surface Water (2025).

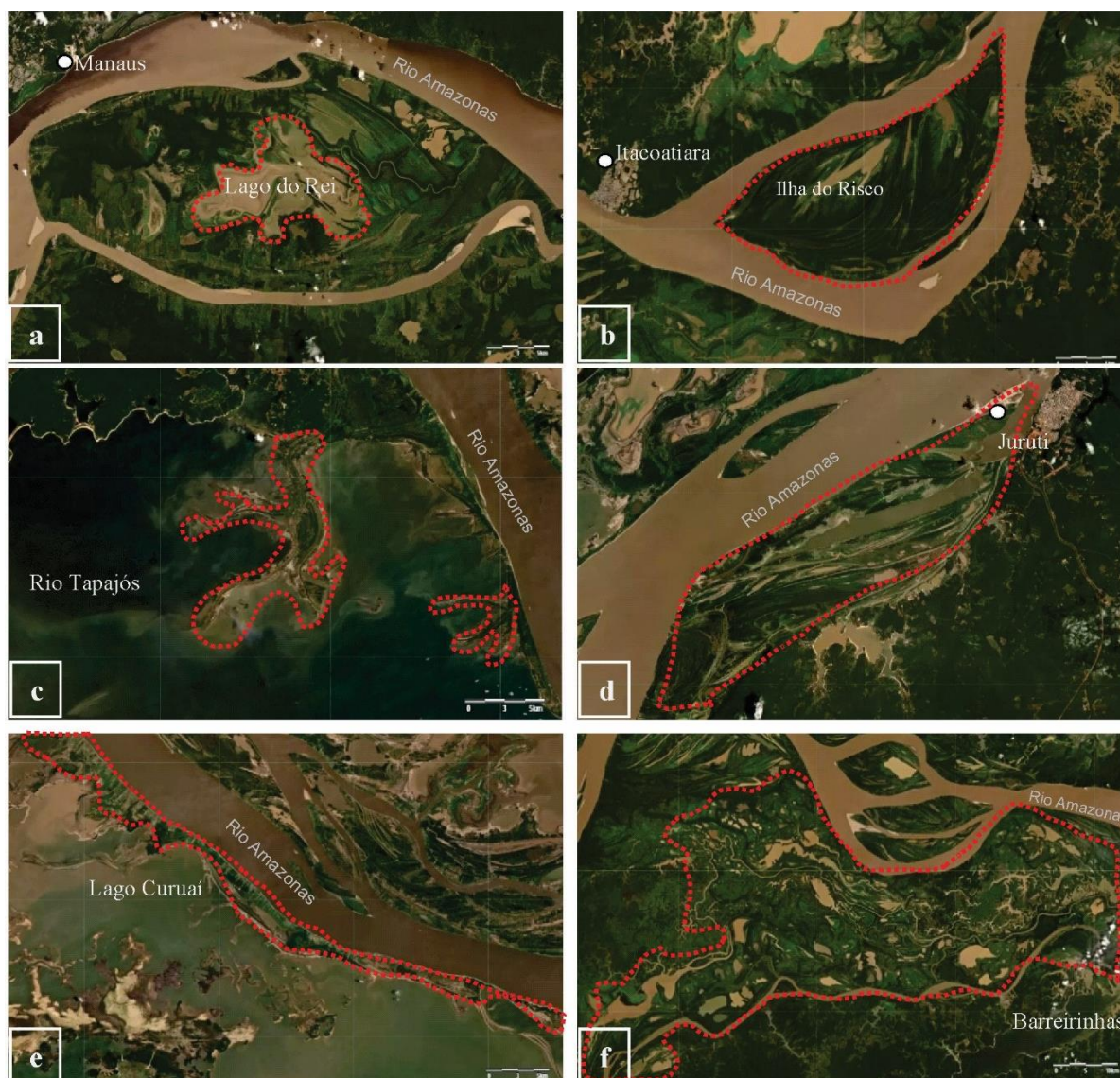


Figura 8.3. Unidades geomorfológicas da várzea, delimitadas em vermelho sobre imagens Planet de 2023: lagos associados a ilhas (A); extensas ilhas (B); deltas (C); barras de acreção (D); diques marginais associados ao extenso Rio Amazonas (E) e planícies compostas de mosaico de canais, associados a lagos menores (F).

3. Processos fluviais no Médio Rio Amazonas

O Rio Amazonas apresenta características hidroclimáticas e hidrossedimentares diferenciadas, que ocasionam processos de inundação, erosão e sedimentação em escalas regionais, que podem ultrapassar quilômetros de distância, diferentes daqueles que predominam nos rios de outras bacias brasileiras (Latrubesse, 2008). Um dos primeiros estudos que miraram as particularidades da dinâmica fluvial do Amazonas foi o do cientista Monteiro (1969), ao abordar o fenômeno de terras caídas e a formação de lagoas marginais em meia-lua, no conceito popular amazônida (sinonimizado como ipuêra, termo indígena). Nesse trabalho pioneiro e clássico, há notável descrição hidrossedimentológica do fenômeno complexo, condicionantes controladores, aspectos sociais e econômicos.

3.1. Inundação

A inundação na região do Baixo Rio Amazonas é parte do ciclo natural da várzea (Andrade et al., 2017), ocorrendo de forma sazonal, no qual, durante seis meses, os rios encontram-se na fase da enchente (dezembro a maio), e nos outros seis meses encontram-se na fase da vazante (junho a novembro). Segundo Filizola et al. (2002), os rios amazônicos apresentam variabilidade dos níveis de cheia entre 2 e 18 m de amplitude, com alteração nas cotas máximas e mínimas, a depender da estação fluviométrica. No ano de 2021, registrou-se a maior cheia histórica na maioria das estações fluviométricas da bacia do Rio Amazonas. No entanto, na estação de Óbidos, onde passam cerca de 80% de toda a água captada pela bacia, o registro local da maior cheia foi no ano de 2009 (Agência Nacional de Águas, 2009) com o nível de 8,6 m (Figura 8.4). Em 2023, registrou-se a maior vazante histórica (Espinoza et al., 2024), tendo a régua da estação de Óbidos registrado o valor negativo de -67 cm.

Durante as maiores cheias, o alcance da inundação é muito expressivo, podendo atingir 70 quilômetros de largura (Figura 8.5), entre as comunidades Silves e Maués, no estado do Amazonas, por exemplo.

Essa elevação da cota fluviométrica do Rio Amazonas está condicionada principalmente ao índice pluviométrico da região e a mudanças nos padrões climáticos. Modelos climáticos de longo prazo mostram eventos extremos de precipitação na região amazônica (Marengo et al., 2009), que provocam inundações atípicas, fora da média (Seneviratne et al., 2012), com interações complexas no tempo e no espaço entre o sistema principal e seus afluentes (Callède et al., 2004). Esses modelos já indicavam uma elevação da inundação de várzea na Amazônia desde 1980, como consequência de um aumento na amplitude das vazões máximas, e também uma tendência à intensificação das secas, fato comprovado pelos últimos eventos e registrado por Fassoni-Andrade et al. (2023) e Espinoza et al. (2024).

Essa frequente variação no nível da água do rio acarreta não só a saturação do solo durante as inundações, com a presença do lençol freático muito próximo à superfície nos terrenos de várzea, como também condiciona os solos hidromórficos.

As inundações causam danos significativos às comunidades ribeirinhas (Figuras 8.6A e 8.6B), como perdas materiais e de plantações e casos de afogamento, mas, por outro lado, renovam a fertilidade natural dos solos aluviais. Nas cidades, essas inundações provocam destruição das infraestruturas públicas e privadas (Figuras 8.6C e 8.6D), interrupção do fluxo normal de tráfego e redução da acessibilidade (Andrade; Szlafsztein, 2015). Para tentar mitigar esse risco muitas famílias fazem marombas (alteamentos artificiais do piso) e, quando podem, realizam alteamento da palafita ou transferem a casa para outro lugar.

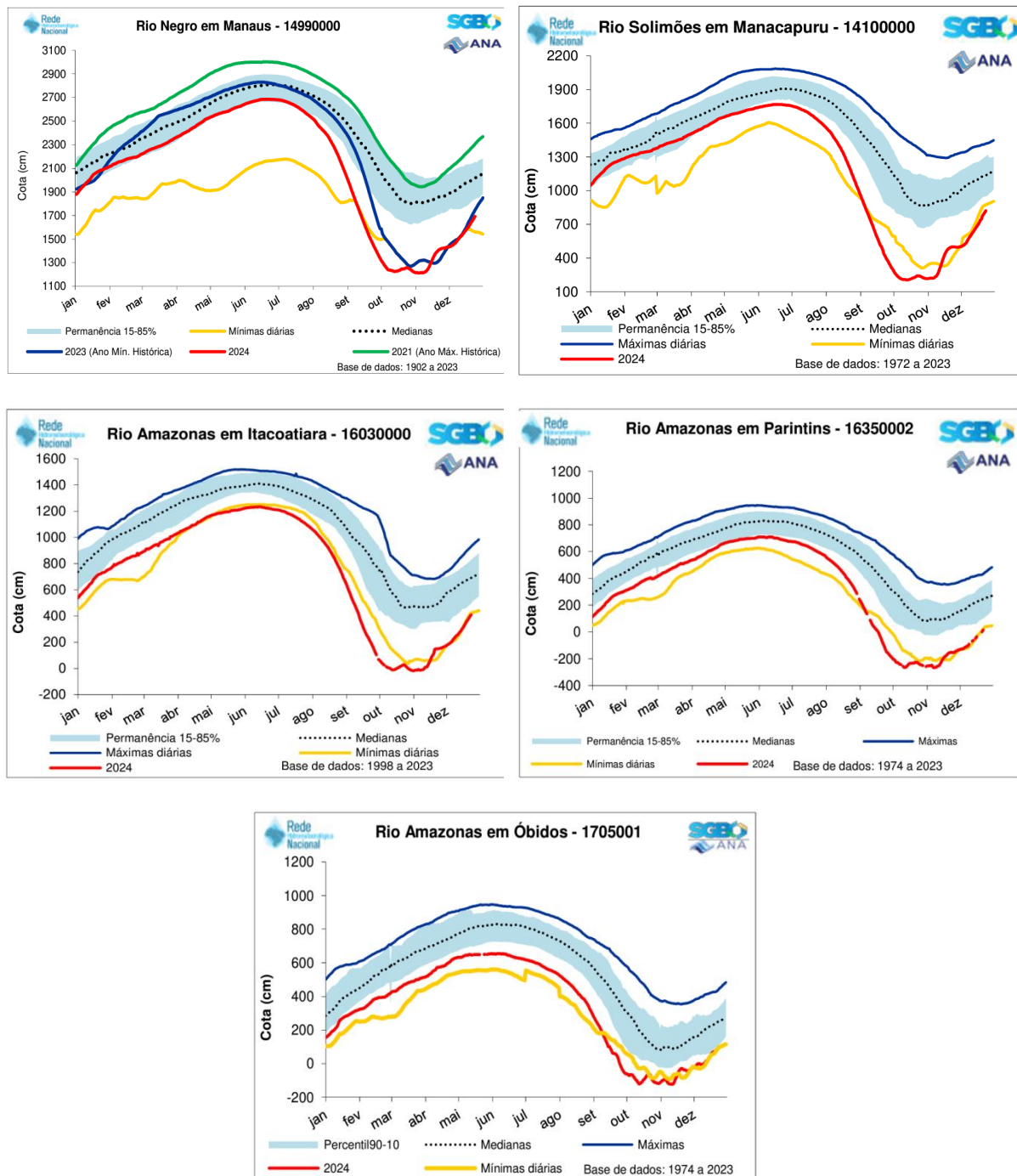


Figura 8.4. Cotagramas das estações fluviométricas de Manaus, Manacapuru, Itacoatiara, Parintins e Óbidos. Informa-se que as cotas indicadas nos gráficos são valores associados a uma referência de nível local e arbitrária, válida para as réguas linimétricas específicas de cada estação, sem relação direta com o nível do mar.

Fonte: Boletim Hidrológico da Bacia do Amazonas (2024).

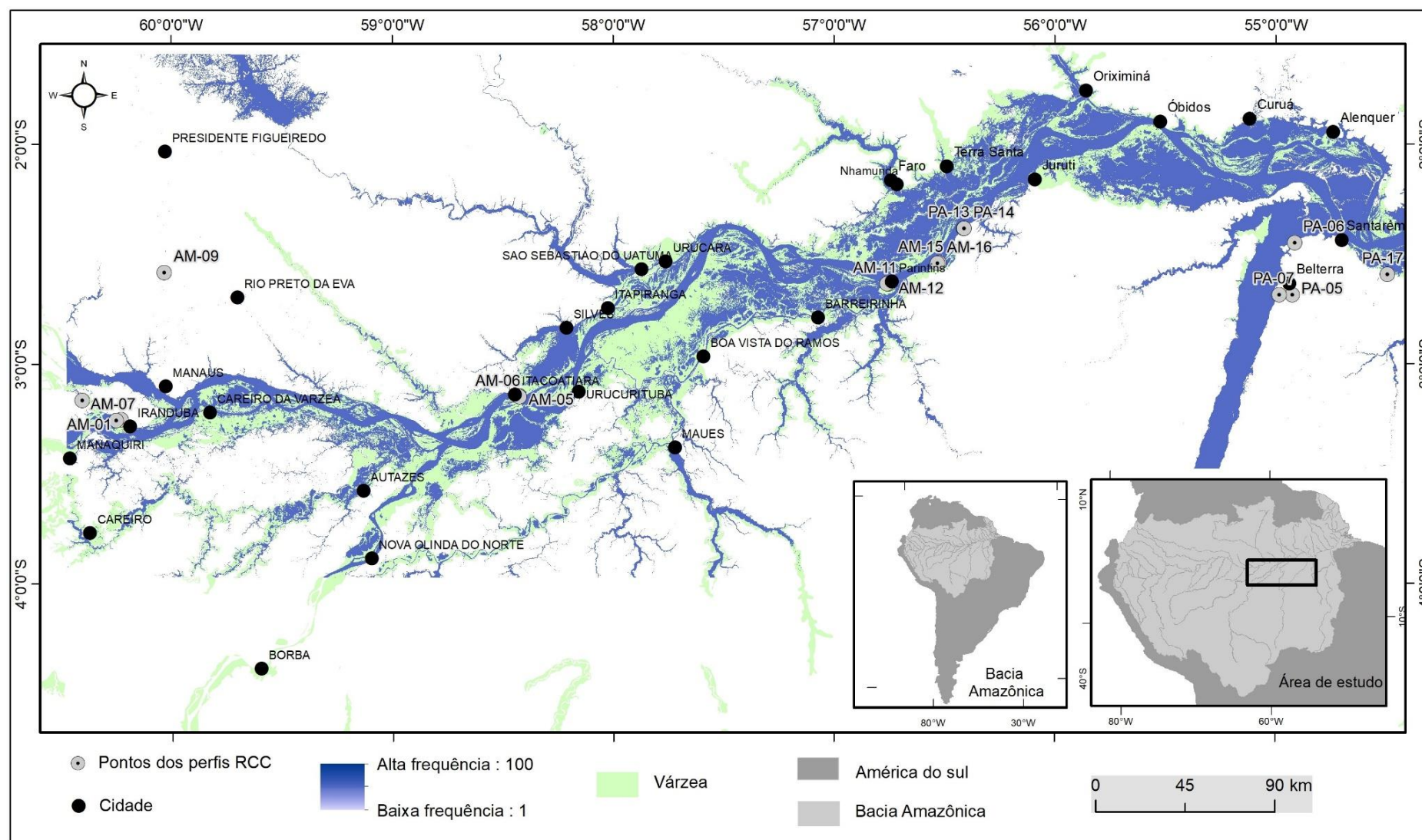


Figura 8.5. Mapa de frequência da inundação no Médio Rio Amazonas.

Fonte: Dantas e Maia (2010), Dantas e Teixeira (2013) e Fassoni-Andrade (2020).



Figura 8.6. Fotografias ilustrando: centro da cidade de Óbidos, PA, atingido pela inundação de 2022 (A); região de várzea do município de Santarém, atingida pela inundação e movimentos de massa em junho de 2011 (B); orla da cidade de Juruti, PA, atingida pela inundação de 2012 (C); casa de madeira localizada na zona rural do Município de Juruti, PA, atingido pela inundação do Rio Amazonas em 2012 (D); casas sobre palafitas, instaladas à margem do afluente do Rio Amazonas com risco de serem atingidas pela inundação em 2022 (E); inundação do Rio Amazonas, zona rural de Manacapuru, AM, em 2023 (F).

Fonte: Defesa Civil de Óbidos (A), Luzardo e Teixeira (2012) (B).

Contrapondo-se às inundações, existem os eventos de seca, que comprometem significativamente a conectividade das comunidades ribeirinhas com os polos regionais. Nesses polos situam-se os principais serviços de apoio governamental e rede de comércio e serviços, onde se encontram os produtos básicos para sobrevivência, sobretudo em condições de isolamento causadas pela estiagem extrema, como ocorrido em 2023.

3.2. Sedimentação

A sedimentação nas várzeas refere-se ao processo pelo qual os sedimentos transportados pelo Rio Amazonas e afluentes são depositados sobrepondo-se a camadas sedimentares preexistentes e remodelando a paisagem (Sternberg, 1953; Iriondo, 1982; Mcgrath et al., 1992). Ocorre, sobretudo, devido à diminuição da velocidade da água e à redução da capacidade de transporte de sedimentos e logo após os pulsos de inundação, quando o Rio Amazonas já tenha ultrapassado os limites dos diques marginais e avançado para as áreas de várzea, onde a decantação lenta acontece, depositando materiais mais finos. Segundo Bonnet et al. (2008), o Rio Amazonas domina a entrada de água na várzea com cerca de 77% do total anual. Durante um período de 39 anos (1984 a 2023), ele trouxe sedimentos que propiciaram a sedimentação de uma área de 2.154 km² (Figura 8.2), a uma alta taxa anual que favoreceu a formação de depósitos de espessura variável, entre milímetros a metros (Figura 8.8). Segundo Filizola e Guyot (2009), a taxa de sedimentação normal para as várzeas na bacia do Rio Amazonas varia de 3 a 6 mm por ano.

Essa sedimentação, resultante das inundações anuais, promove a formação de solos jovens e rejuvenescidos (Irion, 1984), com pouco ou nenhum desenvolvimento do perfil, com características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas diferenciadas, decorrentes de fontes de sedimentos de composição granulométrica mineralógica e orgânica diversas (Rodrigues; Oliveira, 1996).

No geral, os solos dessa região são associados a rios com alta carga sedimentar (rios de água barrenta), que apresentam fertilidade mais elevada do que os rios de água preta ou rios de água clara (Junk et al., 2011). Em função da topografia plana e da presença de água (Teixeira et al., 2010; Quesada et al., 2011), mostram características mais adequadas para a utilização na agricultura (Rodrigues; Oliveira, 1996; Schaefer et al., 2023). Todavia, há restrições em algumas regiões, pois elementos limitantes, como o sódio, são impróprios para a produção agrícola (Fajardo et al., 2009).

Os solos de várzea do Médio Rio Amazonas estão representados principalmente por Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos neofluvisólicos e Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos vertissólicos. Em menor proporção, verifica-se os Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos,

Vertissolos Hidromórficos Órticos, Cambissolos Flúvicos Ta Eutróficos e, localmente, Organossolos Háplicos, a depender da localização topográfica, da qualidade das águas, dos sedimentos que os inundam (Victoria et al., 1989; Teixeira et al., 2019; Schaefer et al., 2023) e da frequência da inundação. Os Gleissolos Háplicos neofluvissólicos estão associados às planícies fluviais e diques (Tabela 8.1), uma vez que essa unidade geomorfológica está condicionada a uma dinâmica fluvial com inundações e deposições sedimentares sazonais, o que propicia a acreção vertical e lateral e a formação de solos pouco evoluídos. Nas áreas sazonalmente inundáveis das barras de acreção e nas regiões lagunares, por serem regiões onde o fluxo hídrico é mais lento comparado a outras unidades geomorfológicas, geralmente se observam altas concentrações de sedimentos em suspensão nas águas, onde está ocorrendo deposição de siltes e argilas expansivas (esmetctíticas), com a formação de Gleissolos Háplicos vertissólicos e Vertissolos Hidromórficos (Figura 8.9G). Segundo Schaefer et al. (2017), esse ambiente associa-se a solos com características vérticas. Em alguns depósitos com grande quantidade de matéria orgânica, formam-se os Organossolos Háplicos.

O processo de sedimentação gera impactos à população ribeirinha. Denominado pela população local de “terras crescidas”, ele provoca o alteamento do solo e o aterramento de imóveis, obrigando a deslocamento de moradias e causando prejuízos para a agricultura familiar (Fonseca; Bandeira, 2022; Nascimento et al., 2023).



Figura 8.8. Fotografias de: sede da comunidade Boca de Cima do Aritapera – Santarém, PA, aterrada por sedimentos trazidos pela cheia do Amazonas, em maio de 2021 (A), e dique marginal do Rio Amazonas, apresentando feições elevadas na superfície, associadas à sedimentação e a fluxos turbulentos durante a cheia do rio (B).

Tabela 8.1. Solos identificados nas várzeas do Médio Rio Amazonas¹.

Número perfil	Localização	Solo	Relevo		Processo
			1:50.000	1:2.000	
AM-05	Itacoatiara	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico neofluvissólico, textura siltosa	Planície fluvial	Planície lagunar	Inundação e deposição
AM-06	Itacoatiara	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico neofluvissólico, textura média/siltosa/média	Planície fluvial	Dique	Inundação e deposição
AM-07	Irاندuba	Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico, textura média/siltosa	Planície fluvial	Planície fluvial	Inundação, deposição e erosão marginal
AM-11	Parintins	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico vertissólico neofluvissólico, textura siltosa-média/média-siltosa	Barra de acreção	Planície fluvial	Inundação e deposição
AM-12	Parintins	Gleissolo Háptico Ta Distrófico neofluvissólico, textura média	Planície fluvial	Planície fluvial	Inundação e deposição
AM-15	Parintins	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico neofluvissólico, textura média/arenosa/siltosa	Ilha	Dique	Inundação, deposição e erosão marginal
AM-16	Parintins	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico solódico vertissólico, textura argilosa	Ilha	Planície lagunar	Inundação e deposição
PA-13	Juruti, Fazenda São Joaquim	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico solódico vertissólico, textura argilosa/siltosa	Barra de acreção	Planície fluvial	Inundação e deposição
PA-14	Juruti, Fazenda São Joaquim	Vertissolo Hidromórfico Órtico solódico, textura argilosa/siltosa	Barra de acreção	Planície lagunar	Inundação e deposição

¹ Classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Fonte: Santos et al. (2018).

Fotos Iris Celeste Nascimento Bandeira (A, B, C, D, F, G, H) e Virlei Álvaro de Oliveira (E).

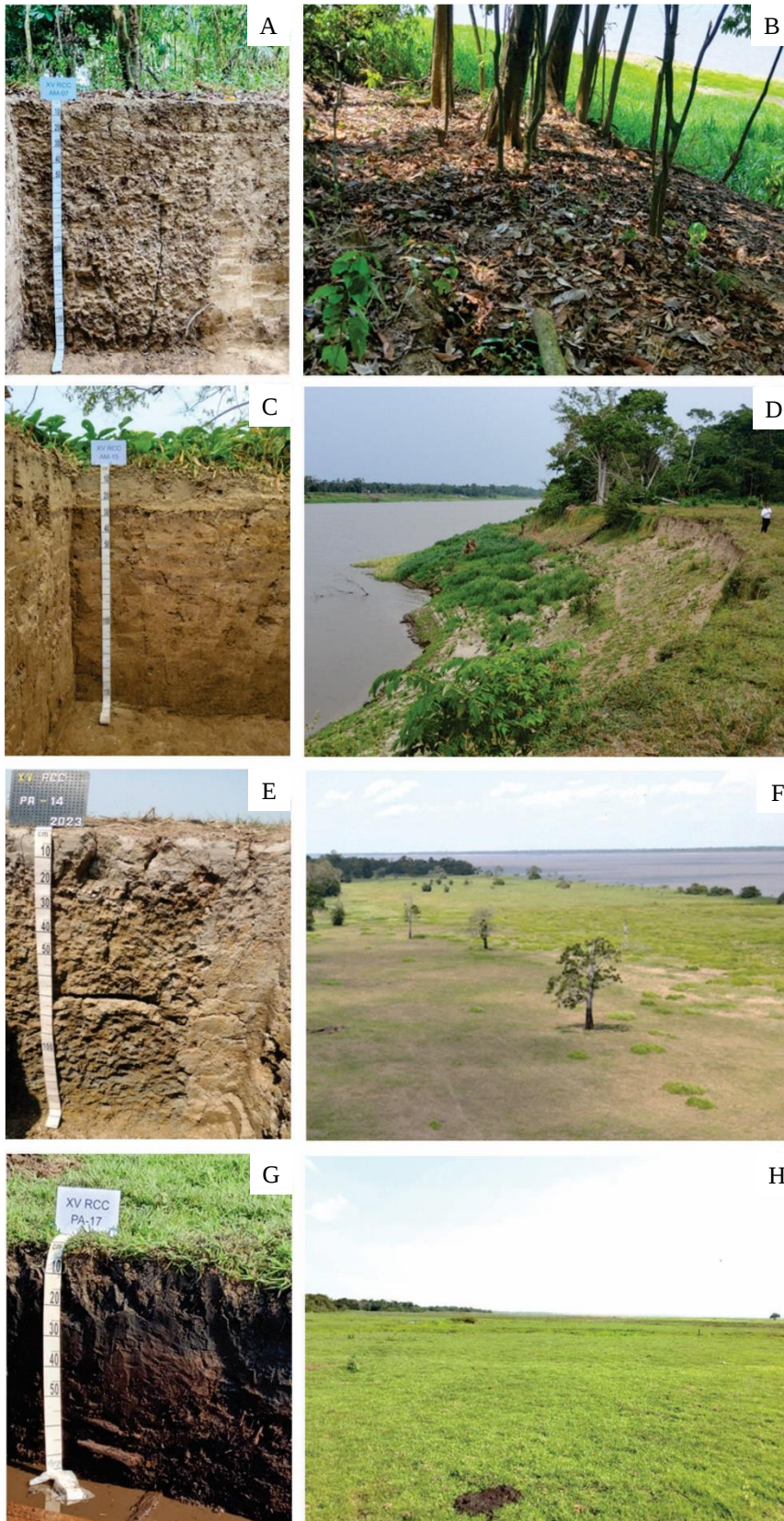


Figura 8.9. Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico (AM-07) em área de planície fluvial, frequentemente inundada (A), com presença de trincas abertas nas margens, associadas a intenso processo de terras caídas (B). Gleissolo Háptico Ta Eutrófico neofluvisólico (AM-15) localizado em borda de ilha sujeita a processos de inundação e sedimentação (C), mas com as margens do rio apresentando alta suscetibilidade a terras caídas (D). Vertissolo Hidromórfico Órtico solódico (PA-14) (E) sob relevo de barra de acreção sazonalmente inundada (F) e Organossolo Háptico Hêmico típico (PA-17) (G) em relevo plano de planície flúvio-lagunar (H).

3.3. Terras caídas

Em contraposição às “terras crescidas”, tem-se também as “terras caídas”, termos regionais usados para designar os processos de erosão fluvial associados a movimentos de massa, vinculados à dinâmica fluvial de grandes rios (Monteiro, 1969; Bandeira et al., 2018). Esses movimentos causam perda não só de solos, mas também de bens materiais e de vida, como acontece, nos últimos 10 anos, com cerca de 9.500 pessoas² que se encontram em situação de risco (Figura 8.10). No entanto, esse número pode ser ainda maior, visto que ainda restam muitas localidades para serem mapeadas. Ademais, grande parte dessas pessoas que estão em risco, na zona rural, pertence a uma população ribeirinha, já em alta vulnerabilidade social (Scherer, 2004), podendo vir a perder suas casas e suas plantações por causa desses movimentos de massa.

Esses processos de “terras caídas” estão condicionados à variação do nível da água do rio, podendo ocorrer tanto na cheia, em condição intermediária, ou na estiagem. Na cheia, o solapamento caracteriza-se pelo colapso e pela submersão de extensas massas de terra (Figuras 8.11A e 8.11B), decorrentes do aumento da poropressão e da diminuição da resistência e da coesão (Bandeira et al., 2018). Em condição intermediária, quando o rio está enchendo ou vazando, ou seja, quando o nível da água não estiver atingindo o topo do talude marginal, observa-se a erosão nos estratos mais suscetíveis, na porção mais profunda do rio (Figuras 8.11C e 8.11D), descalçando a porção superior das margens, que colapsa/desaba, devido à gravidade (Bandeira et al., 2023). Essa condição erosiva na base do talude pode ser provocada também por *pipings*.

Durante a estiagem, ocorrem predominantemente processos de escorregamento devido ao alívio da pressão hidrostática (Figuras 8.11E e 8.11F). E, dependendo da tipologia do material que constitui as margens, esse movimento pode apresentar uma evolução lenta, como a das argilas expansivas, por exemplo. Muitas vezes esses processos estão inter-relacionados, ou seja, numa mesma margem pode ocorrer a erosão associada a movimentos de massa mais lentos, como os rastejos, e, devido à mudança dos agentes, pode desencadear escorregamentos e solapamentos.

Há também o desenvolvimento de trincas na superfície (Figura 8.11G), que muitas vezes são “preenchidas” por óxidos de ferro, preservando-as nos sedimentos, promovendo um processo de instabilidade das margens semelhante à queda de blocos (Bandeira et al., 2023).

Outro processo observado nas margens dos rios é a erosão por patamares (Figura 8.11H). À medida que o nível de água vai descendo ou subindo, o escoamento do rio erode as camadas pouco consolidadas pela abrasão.

² Número de pessoas em risco por terras caídas baseado na compilação de dados das campanhas de setorização de risco, empreendidas pelo SGB/CPRM, ao longo dos últimos 10 anos, na região de várzea, onde foi realizada a RCC.

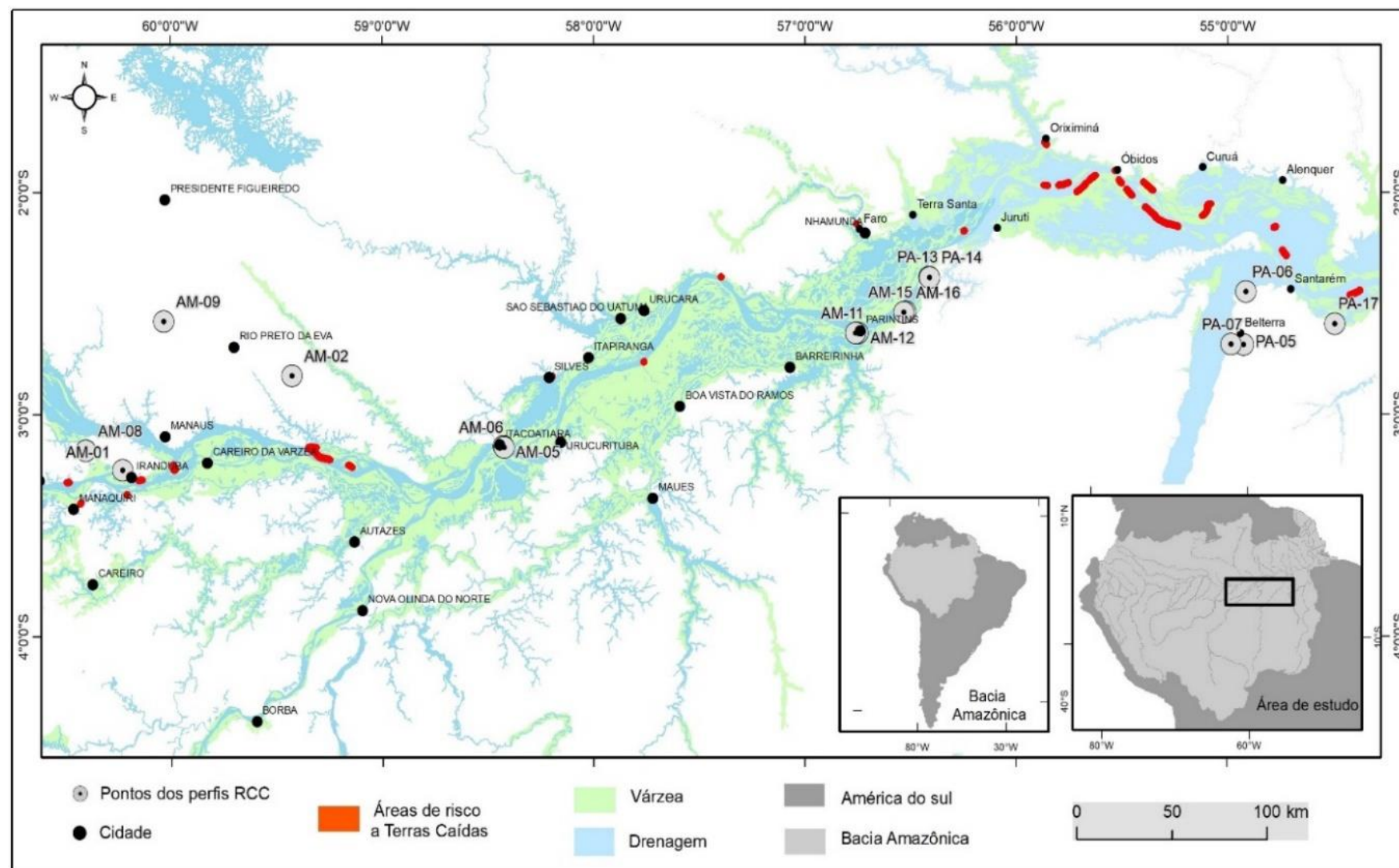
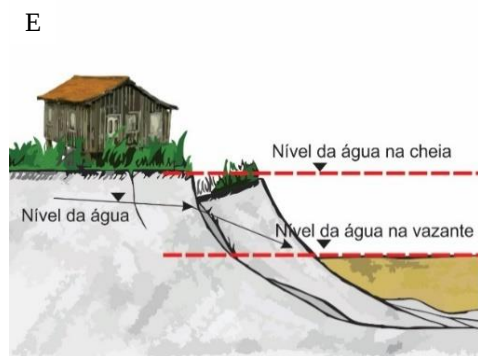
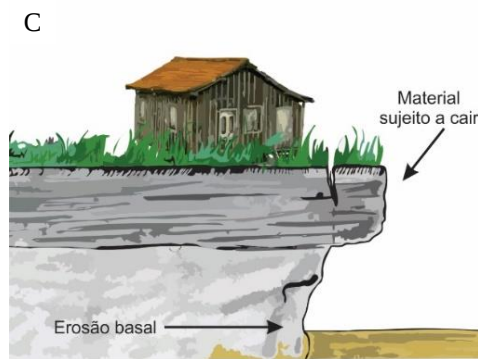
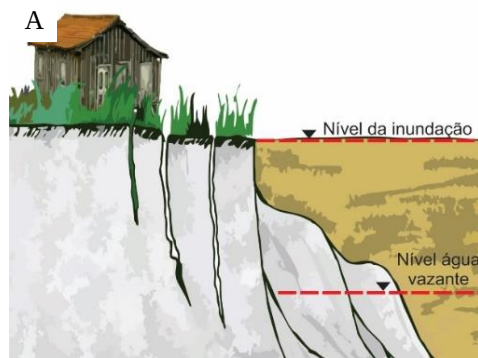


Figura 8.10. Áreas de risco por terras caídas.

Compilação dos dados dos mapeamentos das áreas de risco realizada pelo Serviço Geológico do Brasil entre os anos de 2010 e 2024.

Figura 8.11.

Esquema exibindo o processo de terras caídas no período de cheia dos rios amazônicos (A); fotografia mostrando o solapamento da margem esquerda do Rio Amazonas, no município de Porto de Moz, PA (B); esquema exibindo o processo de terras caídas em condição de nível intermediário do rio (C); queda de material do topo do talude marginal, às margens do Rio Amazonas, município de Porto de Moz, PA (D); esquema mostrando terras caídas na vazante do rio (E); fotografias de: dique marginal com cicatrizes de deslizamento na margem esquerda do afluente do Rio Amazonas, Santarém, PA (F); trincas de contração, associadas a degraus de abatimento na margem direita do Rio Amazonas, município de Óbidos, PA (H) e erosão fluvial por patamares, com cicatrizes de deslizamentos na margem do Rio Amazonas, município de Juruti, PA (H).



Fotos e ilustrações: Iris Celeste Nascimento Bandeira.

4. Considerações finais

O Rio Amazonas, no setor percorrido na RCC, revela processos de inundação e de deposição muito dinâmicos, que exercem forte controle no padrão de distribuição dos solos e formas de uso e manejo da maior planície fluvial do planeta. A morfodinâmica fluvial condiciona a formação e a ampliação de unidades de relevo e a diferenciação dos solos, assim como influencia os ritmos de vida das famílias ribeirinhas, que se deslocam de um lugar para outro à medida que as áreas são inundadas e/ou sedimentadas.

Os fenômenos de terras caídas, há muito conhecidos no Rio Amazonas, são responsáveis pela retirada de grandes massas de solo, que colocam em risco muitas comunidades ribeirinhas no trecho de mais de 700 km ao longo do Rio Amazonas, afetando o transporte de sedimentos.

A variabilidade espaço-temporal dos processos morfodinâmicos fluviais, no trecho analisado, impacta no fluxo dos sedimentos em suspensão no rio, assim como no balanço hidrossedimentológico. Esse balanço, por sua vez, permite uma associação com as feições geomorfológicas mapeáveis (ilhas, barras etc.) e as hidrológicas (velocidade e direção de corrente), o qual, quando realizado à mesma escala do mapeamento de unidades pedológicas de várzea, pode permitir inferir áreas mais suscetíveis à sedimentação e à erosão. Essas associações derivadas dos balanços hidrossedimentares foram realizadas primeiramente entre as décadas de 80 e 90 com técnicas disponíveis à época. Porém, o uso de novas tecnologias permite, hoje, um trabalho mais refinado. Essa nova abordagem poderá gerar maior nível de detalhe das áreas sensíveis, relacionar a sedimentação e a formação dos solos e assim possibilitar melhoria nas condições de vida das comunidades ribeirinhas quanto a conviver com os fenômenos decorrentes da grande variabilidade dos processos de sedimentação e erosão.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2009. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2009_rel.pdf. Acesso em: 16 jul. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Hidroweb**. Brasília, DF: ANA, 2025. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/download>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- ANDRADE, M. M. N. de; BANDEIRA, I. C. N.; FONSECA, D. D. F.; BEZERRA, P. E. S. ANDRADE, A. de S.; OLIVEIRA, R. S. de. Flood risk mapping in the Amazon. In: HROMADKA, T.; RAO, P. (ed.). **Flood risk management**. London: IntechOpen, 2017. cap. 2. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.68912>.
- ANDRADE, M. M. N. de; SZLAFSZTEIN, C. F. Community participation in flood mapping in the Amazon through interdisciplinary methods. **Natural Hazards**, v. 78, n. 3, p. 1491-1500, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1782-y>.
- ARMIJOS, E.; CRAVE, A.; ESPINOZA, J. C.; FILIZOLA, N.; ESPINOZA-VILLAR, R.; AYES, I.; FONSECA, P.; FRAIZY, P.; GUTIÉRREZ, O.; VAUCHEL, P.; CAMENEN, B.; MARTÍNEZ, J. M.; SANTOS, A. dos; SANTINI, W.; COCHONNEAU, G.; GUYOT, J. L. Rainfall control on Amazon sediment flux: Synthesis from 20 years of monitoring. **Environmental Research Communications**, v. 2, n. 5, 051008, 2020. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab9003>.

BANDEIRA, I. C. N.; ADAMY, A.; ANDRETTA, E. R.; CONCEIÇÃO, R. A. C. da; ANDRADE, M. M. N. de. Terras caídas: fluvial erosion or distinct phenomenon in the Amazon? **Environmental Earth Sciences**, v. 77, 222, 2018. DOI <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7405-7>.

BANDEIRA, I. C. N.; FONSECA, D. D. S.; AZEVEDO, A. A. Erosão e terras caídas. In: GUIDICINI, G.; BARTORELLI, A. (ed.). **Barragens na região Amazônica**: condicionantes fisiográficos, geológicos e paleoclimáticos. São Paulo: ABGE, 2023. p. 235-249.

BOLETIM HIDROLÓGICO DA BACIA DO AMAZONAS. Manaus: Serviço Geológico do Brasil, n. 54, 30 dez. 2024. Disponível em: https://www.sgb.gov.br/sace/boletins/Amazonas/20241230_15-20241230%20-%20155156.pdf. Acesso em: 23 jul. 2025.

BONNET, M. P.; BARROUX, G.; MARTINEZ, J. M.; SEYLER, F.; MOREIRA-TURCQ, M.; COCHONNEAU, G.; MELACK, J. M.; BOAVENTURA, G.; MAURICE-BOURGOIN, L.; LEÓN, J. G.; ROUX, E.; CALMANT, S.; KOSUTH, P.; GUYOT, J. L.; SEYLER, P. Floodplain hydrology in an Amazon floodplain lake (Lago Grande de Curuai). **Journal of Hydrology**, v. 349, n. 1/2, p. 18-30, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.10.055>.

CALLÈDE, J.; GUYOT, J. L.; RONCHAIL, J.; L'HÔTE, Y.; NIEL, H.; OLIVEIRA, E. de. Evolution du débit de l'Amazon à Óbidos de 1903 à 1999 = Evolution of the River Amazon's discharge at Óbidos from 1903 to 1999. **Hydrological Sciences Journal**, v. 49, n. 1, p. 85-97, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1623/hysj.49.1.85.53992>.

CAMPOS, V. D. S.; SHOCK, M. P.; PRESTES-CARNEIRO, G. Terras crescidas e terras antigas: novas aplicações do sensoriamento remoto à prospecção de sítios arqueológicos em várzeas amazônicas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: ciências humanas**, v. 19, n. 1, e20220059, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/2178-2547-BGOELDI-2022-0059>.

DANTAS, M. E.; MAIA, M. A. M. Compartimentação geomorfológica. In: MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L. (org.). **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2010. cap. 3, p. 27-44. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/16624>. Acesso em: 22 jul. 2025.

DANTAS, M. E.; TEIXEIRA, S. G. Origem das paisagens. In: JOÃO, X. da S. J.; TEIXEIRA, S. G.; FONSECA, D. D. F. (org.). **Geodiversidade do estado do Pará**. Belém, PA: CPRM, 2013. cap. 3, p. 23-52. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/16736>. Acesso em: 22 jul. 2025.

ESPINOZA, J.-C.; JIMENEZ, J. C.; MARENGO, J. A.; SCHONGART, J.; RONCHAIL, J.; LAVARO-CASIMIRO, W.; RIBEIRO, J. V. M. The new record of drought and warmth in the Amazon in 2023 related to regional and global climatic features. **Scientific Reports**, v. 14, 8107, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58782-5>.

FAJARDO, J. D. V.; SOUZA, L. A. G. de; ALFAIA, S. S. Características químicas de solos de várzeas sob diferentes sistemas de uso da terra, na calha dos rios baixo Solimões e médio Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 731-740, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000400001>.

FASSONI-ANDRADE, A. C. **Mapeamento e caracterização do sistema rio-planície da Amazônia central via sensoriamento remoto e modelagem hidráulica**. 2020. 167 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/211269>. Acesso em: 22 jul. 2025.

FASSONI-ANDRADE, A. C.; PAIVA, R. C. D. de; WONGCHUIG, S.; BARBOSA, C.; DURAND, F.; SILVA, T. S. F. Expressive fluxes over Amazon floodplain revealed by 2D hydrodynamic modelling. **Journal of Hydrology**, v. 625, pt. B, 130122, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130122>.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L.; MOLINIER, M.; GUIMARÃES, V.; OLIVEIRA, E.; FREITAS, M. A. de. Caracterização hidrológica da Bacia Amazônica. In: RIVAS, A.; FREITAS, C. E. de C. (org.). **Amazônia: uma perspectiva interdisciplinar**. Manaus: EDUA, 2002. p. 33-53.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L. Suspended sediment yields in the Amazon basin: an assessment using the Brazilian national data set. **Hydrological Processes**, v. 23, n. 22, p. 3207-3215, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.7394>.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L.; WITTMANN, H.; MARTINEZ, J. M.; OLIVEIRA, E. de. The significance of suspended sediment transport determination on the amazonian hydrological scenario. In: MANNING, A. (ed.). **Sediment transport in aquatic environments**. Rijeka: InTech, 2011. cap. 3. p. 45-64.

DOI: <https://doi.org/10.5772/19948>.

FONSECA, D. D. F.; BANDEIRA, I. C. **Setorização de áreas de risco geológico**: Santarém, Pará. [Belém, PA]: CPRM, 2022. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22704>. Acesso em: 22 jul. 2025.

GLOBAL SURFACE WATER. 2025. Disponível em: <https://global-surface-water.appspot.com/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

IRIONDO, M. H. Geomorfologia da planície Amazônica. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL, 4., 1981, Rio de Janeiro. **Atas** [...]. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1982. p. 323-348.

IRION, G. Sedimentation and sediments of Amazonian rivers and evolution of the Amazonian landscape since Pliocene times. In: SIOLI, H. (ed.). **The Amazon**: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Dordrecht: Springer Netherlands, 1984. cap. 7, p. 201-214. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-009-6542-3_7.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHÖNGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J. M.; WITTMANN, F. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. **Wetlands**, v. 31, n. 4, p. 623-640, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>.

KALLIOLA, R.; SALO, J.; PUHAKKA, M.; RAJASILTA, M.; HÄME, T.; NELLER, R. J.; RÄSÄNEN, M. E.; ARIAS, W. A. D. Upper amazon channel migration. **Naturwissenschaften**, v. 79, n. 2, p. 75-79, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01131806>.

LATRUBESSE, E. M. Amazon lakes. In: BENGTTSSON, L.; HERSCHY, R. W.; FAIRBRIDGE, R. W. (ed.). **Encyclopedia of lakes and reservoirs**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012. p. 13-26. (Encyclopedia of earth sciences series). DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4410-6_36.

LATRUBESSE, E. M.; FRANZINELLI, E. The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. **Geomorphology**, v. 44, n. 3/4, p. 241-257, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(01\)00177-5](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00177-5).

LATRUBESSE, E. M. Large rivers, megafans and other Quaternary avulsive fluvial systems: a potential “who’s who” in the geological record. **Earth-Science Reviews**, v. 146, p. 1-30, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.03.004>.

LATRUBESSE, E. M. Patterns of anabranching channels: the ultimate end-member adjustment of mega rivers. **Geomorphology**, v. 101, n. 1/2, p. 130-145, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.035>.

LUZARDO, R.; TEIXEIRA, S. **Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa**: Santarém, Pará. [Belém, PA]: CPRM, 2012. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/18366>. Acesso em: 22 jul. 2025.

MAIS de 80 mil pessoas são afetadas pela seca dos rios no Amazonas, aponta Defesa Civil. 25 set. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2023/09/25/mais-de-80-mil-pessoas-sao-afetadas-pela-seca-dos-rios-no-amazonas-aponta-defesa-civil.ghtml>. Acesso em: 22 jul. 2025.

MARENGO, J. A.; JONES, R.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. C. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, v. 29, n. 15, p. 2241-2255, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.1863>.

MCGRATH, D.; CALABRIA, J.; AMARAL, B. do; FUTEMMA, C.; CASTRO, F. de. Varzeiros, geleiros e o manejo dos recursos naturais na várzea do Baixo Amazonas. **Papers do NAEA**, v. 1, n. 1, 1992. Papers do NAEA nº 004. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/papersnaea.v1i1.12040>.

MEADE, R. H. **Suspended sediment in the Amazon River and its tributaries in Brazil during 1982-84**. Denver: U.S. Geological Survey, 1985. 39 p. (Open-File Report, n. 85-492). DOI: <https://doi.org/10.3133/ofr85492>.

MERTES, L. A. K.; DUNNE, T.; MARTINELLI, L. A. Channel-floodplain geomorphology along the Solimões-Amazon River, Brazil. **Geological Society of America Bulletin**, v. 108, n. 9, p. 1089-1107, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1996\)108%3C1089:CFGATS%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1996)108%3C1089:CFGATS%3E2.3.CO;2).

MERTES, L. A. K.; MAGADZIRE, T. T. Large rivers from space. In: GUPTA, A. (ed.). **Large rivers: geomorphology and management**. Chichester: John Wiley & Sons, 2007. cap. 25, p. 535-552. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470723722.ch25>.

MOLINIER, M.; GUYOT, J. L.; OLIVEIRA, E. de; GUIMARÃES, V.; CHAVES, A. Hidrologia da bacia do Rio Amazonas. **A Água em Ciência**, n. 3, p. 31-36, 1994. Disponível em: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_35-36/41720.pdf. Acesso em: 22 jul. 2025.

MONTEIRO, M. Y. **O sacado (morfo-dinâmica fluvial)**. Manaus: INPA, 1969.

NASCIMENTO, A. Z. A.; FLEISCHMANN, A. S.; FASSONI-ANDRADE, A. C.; ALVEZ, P. C.; PERREIRA, H. C.; PAPA, F.; NASCIMENTO, A. C. S. do; SILVA, A. C. C. Mapeamento de risco a erosão e sedimentação nas comunidades ribeirinhas do Rio Solimões-Amazonas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 25., 2023, Aracaju. **Anais [...]**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2023. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=14727>. Acesso em: 22 jul. 2025.

PARK, E.; LATRUBESSE, E. M. A geomorphological assessment of wash-load sediment fluxes and floodplain sediment sinks along the lower Amazon River. **Geology**, v. 47, n. 5, p. 403-406, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1130/G45769.1>.

PORRO, A. **O povo das águas: ensaios de etno-história amazônica**. Rio de Janeiro: Vozes, 1995. Disponível em: http://etnolinguistica.wdfiles.com/local--files/biblio%3Aporro-1996-povo/Porro_1996_OPovoDasAguas.pdf. Acesso em: 22 jul. 2025.

PROJETO RADAMBRASIL. **Folha SA.21-Santarém**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1976. (Levantamento de recursos naturais, v. 10).

QUESADA, C. A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L. O.; FYLLAS, N. M.; SCHWRZ, M.; CZIMCZIK, C. I. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. **Biogeosciences**, v. 8, n. 6, p. 1415-1440, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-8-1415-2011>.

REIS, N. J.; ALMEIDA, M. E.; RIKER, S. L.; FERREIRA, A. L. (org.). **Geologia e recursos minerais do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM: CIAMA, 2006. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/2967>. Acesso em: 22 jul. 2025.

RODRIGUES, T. E.; OLIVEIRA, R. C. de. Solos de várzeas da Amazônia: uso e potencialidade. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Palestras [...]**. Manaus: Universidade do Amazonas, 1996. p. 215-221. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/394281>. Acesso em: 22 jul. 2025.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 22 jul. 2025.

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N. de; TEIXEIRA, W. G.; VALE JUNIOR, J. F. do; SOUZA, K. W. de; CORRÊA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F. de; AMARAL, E. F. do; CAMPOS, M. C. C.; RUIVO, M. de L. P. Solos da região amazônica. In: CURI, N.; KER, J. C.; NOVAIS, R. F.; VIDAL-TORRADO, P.; SCHAEFER, C. E. G. R. (ed.). **Pedologia: solos dos biomas brasileiros**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. cap. 3, p. 111-175.

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; VALE, J. F. do; CORRÊA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F. de; MELO, V. F.; AMARAL, E. F. do; CAMPOS, M. C. C.; RUIVO, M. de L. P. Soils from Brazilian Amazonia. In: SCHAEFER, C. E. G. R. (ed.). **The soils of Brazil**. Cham: Springer, 2023. cap. 4, p. 85-128. (World soils book series). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-19949-3_4.

SCHERER, E. Mosaico terra-água: a vulnerabilidade social ribeirinha na Amazônia - Brasil. In: CONGRESSO LUSO-AFRO-BRASILEIRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS, 8, 2004, Coimbra. **Anais [...]**. Coimbra: Afrontamento, 2004. p. 55-65. Disponível em: <https://www.ces.uc.pt/lab2004/pdfs/EliseScherer.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2025.

SENEVIRATNE, S. I.; NICHOLLS, N.; EASTERLING, D.; GOODESS, C. M.; KANAE, S.; KOSSIN, J.; LUO, Y.; MARENGO, K.; MCINNES, K.; RAHIMI, M.; REICHSTEIN, M.; SORTEBERG, A.; VERA, Z.; ZHANG, X. Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: FIELD, C. B.; BARROS, V.; STOCKER, T. F.; DAHE, Q. (ed.). **Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation**: special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. cap. 3, p. 109-230. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781139177245.006>.

STERNBERG, H. O. Sismicidade e morfologia na Amazônia Brasileira. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 25, n. 4, p. 443-453, 1953.

TEIXEIRA, W. G.; ARRUDA, W.; SHINZATO, E.; MACEDO, R. S.; MARTINS, G. C.; LIMA, H. N.; RODRIGUES, T. E. Solos. In: MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L. (org.). **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2010. cap. 6, p. 71-86. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/920216>. Acesso em: 22 jul. 2025.

TEIXEIRA, W. G.; LIMA, H. N.; PINTO, W. H. A.; SOUZA, K. W. de; SHINZATO, E.; SCHROTH, G. O manejo do solo nas várzeas da Amazônia. In: BERTOL, I.; DE MARIA, I. C.; SOUZA, L. da S. (ed.). **Manejo e conservação do solo e da água**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. cap. 22, p. 701-728.

VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. da (org.). **Geologia e recursos minerais do estado do Pará**. Belém, PA: CPRM, 2008. Disponível em: <http://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/10443>. Acesso em: 22 jul. 2025.

VICTORIA, R. L.; MARTINELLI, L. A.; RICHEY, J. E.; DEVOL, A. H.; FORSBURG, B. R.; RIBEIRO, M. N. G. Spatial and temporal variations in soil chemistry on the Amazon floodplain. **GeoJournal**, v. 19, n. 1, p. 45-52, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00620548>.