

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS – IFCHS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – DEGEOG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**A GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E A CONECTIVIDADE NA PLANÍCIE DE
INUNDAÇÃO DA ILHA DO CAREIRO (CAREIRO DA VÁRZEA – AM)**

DOUGLAS DAMASCENO DE JESUS

MANAUS

2026

DOUGLAS DAMASCENO DE JESUS

**A GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E A CONECTIVIDADE NA PLANÍCIE DE
INUNDAÇÃO DA ILHA DO CAREIRO (CAREIRO DA VÁRZEA – AM)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas – UFAM como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Geografia, na linha Domínios da Natureza na Amazônia.

Linha de Pesquisa: Domínios da Natureza na Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Ribeiro Marinho

MANAUS

2026

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

J58g Jesus, Douglas Damasceno de
A geomorfologia fluvial e a conectividade na planície de inundação da
Ilha do Careiro (Careiro da Várzea – AM) / Douglas Damasceno de Jesus.
- 2026.
80 f. : il., color. ; 31 cm.

Orientador(a): Rogério Ribeiro Marinho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa
de Pós-Graduação em Geografia, Manaus, 2026.

1. geomorfologia fluvial. 2. conectividade. 3. sazonalidade. 4. planície de
inundação. 5. várzea. I. Marinho, Rogério Ribeiro. II. Universidade
Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III.
Título

DOUGLAS DAMASCENO DE JESUS

**A GEOMORFOLOGIA FLUVIAL E A CONECTIVIDADE NA PLANÍCIE DE
INUNDAÇÃO DA ILHA DO CAREIRO (CAREIRO DA VÁRZEA – AM)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas – UFAM como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Geografia, na linha Domínios da Natureza na Amazônia.

Aprovado em: 30 de abril de 2026.

Banca Examinadora

Assinatura

Prof. Dr. Rogério Ribeiro Marinho
Presidente (PPGEOG/UFAM)



Documento assinado digitalmente
ROGERIO RIBEIRO MARINHO
Data: 30/04/2026 17:43:13-0300
Verifique em <https://validar.jfi.gov.br>

Profa. Dra. Neliane de Sousa Alves
Membro Titular Externo (PPGGEO-UEA)



Documento assinado digitalmente
NELIANE DE SOUSA ALVES
Data: 30/04/2026 17:59:15-0300
Verifique em <https://validar.jfi.gov.br>

Prof. Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira
Membro Titular (PPGEOG/UFAM)



Documento assinado digitalmente
ANTONIO FABIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA
Data: 30/04/2026 18:57:02-0300
Verifique em <https://validar.jfi.gov.br>

Douglas Damasceno de Jesus
Discente



Documento assinado digitalmente
DOUGLAS DAMASCENO DE JESUS
Data: 30/04/2026 19:01:53-0300
Verifique em <https://validar.jfi.gov.br>

Aos meus pais, Irlene e Reginaldo
Meus irmãos Ana Caroline, Eduardo e Dafny Sophia
E a toda minha família

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, minha principal base para continuar lutando a cada dia, em especial à minha mãe Irlene, meus irmãos Ana Caroline, Eduardo e Dafny Sophia, meu pai Reginaldo, meu tio Irenildo, minhas tias Luizilda, Ana Cleide, Erilce e as demais tias e primos (que são muitos) pelo imensurável apoio;

Ao meu orientador, Rogério Ribeiro Marinho, por toda a confiança, disponibilidade, paciência, comprometimento, grandes ensinamentos e apoio em meio às dificuldades ao longo do desenvolvimento da pesquisa;

À minha grande amiga, a minha eterna “dupla de 6”, Ana Beatriz, por todo apoio nos momentos felizes e de adversidades, pelas aventuras, fofocas e risadas desde quando nos conhecemos ainda na graduação;

Um agradecimento especial aos amigos e parceiros que conheci nesta caminhada: Diogo Ribeiro, Ednaldo Severo, Pedro Henrique, Matheus Queiroz, Dayana Nascimento, Lorena Sarmiento, Lucileide Aguiar, Anna Beatriz, Yasmin Angelim e Filipe Oliveira pela ajuda e grandes trocas de ideias;

Agradeço aos professores José Alberto de Carvalho e Manuel Masulo da Cruz, e aos colegas, Thiago Neto e Fredson Bernardino, pelos incentivos para desenvolver a pesquisa sobre a área de estudo em um trabalho de campo marcante em 2023;

Aos amigos, Larissa Kristyne, Beatriz Lima, Nathália Costa, Leandro Félix, Bruno Sarkis, Euler Eleotério, Emily Venâncio entre outros, por todos os dias de companheirismo, ajuda e trocas de ideias nos laboratórios;

Agradeço ao grupo de pesquisa H2A e seus membros por todas as oportunidades e compartilhamento de saberes ao longo desses dois anos de participação no grupo. Aos laboratórios HIDROGEO, LATOSSOLO e LAGEHU por todo o suporte para desenvolvimento de diversas atividades e pesquisas;

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia, pelo apoio nas atividades acadêmicas e disponibilidade de infraestrutura para o desenvolvimento da pesquisa;

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pelo apoio financeiro e fomento à pesquisa, por meio de bolsa de estudo, e ao projeto “HYPERSED – Radiometria hiperespectral para o monitoramento da qualidade da água em grandes rios amazônicos por satélites”, sob o edital n. 001/2023 - PROGRAMA UNIVERSAL – FAPEAM 20 ANOS, fundamentais para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao CNPq por todo o apoio e fomento para a realização das atividades do Programa de Pós-Graduação;

Agradeço ao IRD e ao projeto FEFACCION pelos cursos de aperfeiçoamento e todo o conhecimento adquirido no decorrer das participações nos eventos, cursos e workshops.

*“E se você nunca sangrar,
você nunca vai crescer”
Taylor Swift em ‘the 1’*

RESUMO

A Ilha do Careiro localiza-se próxima da confluência dos Rios Negro e Solimões, na Planície Amazônica, configurando-se como uma área típica de várzea. Seu regime hidrológico é fortemente influenciado pelo sistema morfodinâmico do Rio Solimões, principal fonte de água e sedimentos para a ilha. A sazonalidade hidrológica exerce papel central no controle da conectividade fluvial da planície, condicionando a dinâmica da superfície inundada e os processos de transporte e deposição de sedimentos. Em razão de eventos hidroclimáticos extremos recentes, como a cheia de 2021 e a seca de 2024, a superfície coberta por água apresentou mudanças expressivas na ilha. Nesse contexto, esta pesquisa temve como objetivo analisar a influência dos processos fluviais na morfodinâmica da paisagem da Ilha do Careiro no período de 2021 a 2024. Para isso, foram utilizados mapas da superfície d'água, precipitação, vazão do rio Solimões, cotas fluviométricas do Rio Negro, concentração de sedimentos suspensos (CSS) e distribuição espacial das edificações na ilha. Imagens de satélite de alta resolução espacial dos sensores PlanetScope fora utilizadas para o mapeamento dos pontos de conectividade fluvial e das unidades geomorfológicas da ilha. Os resultados evidenciam mudanças significativas na paisagem fluvial, com redução 43% da massa d'água entre a cheia de 2021 e a seca de 2024. Verificou-se que a maior frequência de conectividade fluvial e de aporte de sedimentos em suspensão ocorre na porção jusante da ilha, destacando-se o furo do Rei como a principal conexão entre o Rio Amazonas e o interior da ilha. Essa conexão favorece o transporte de sedimentos do Rio Solimões e sua deposição. A CSS média anual dos lagos da Ilha do Careiro foi estimada em 54 mg/L, valor cerca de 35% inferior à média anual observada no Rio Solimões. A paisagem fluvial caracteriza-se pela presença de lagos, furos e paranás, que facilitam a conectividade fluvial, além da presença de paleocanais. Entre as unidades geomorfológicas identificadas, predominam os lagos, seguidos por furos e barras arenosas. Conclui-se que as principais transformações na paisagem fluvial da Ilha do Careiro estão associadas à variabilidade dos níveis dos rios, à concentração dos pontos de conectividade na porção jusante e à ocorrência de terras caídas nas margens sob influência direta do Rio Solimões.

Palavras-chave: geomorfologia fluvial; conectividade; sazonalidade; planície de inundação; várzea.

ABSTRACT

The Careiro Island is located near at the confluence of the Negro and Solimões rivers, within the Amazon basin, and is characterized as a typical floodplain environment. Its hydrological regime is strongly influenced by the Solimões morphodynamic system, which represents the main source of water and sediments to the island. Hydrological seasonality plays a significant role in controlling the fluvial connectivity of the floodplain, thereby conditioning the dynamics of the inundated surface and the processes of sediment transport and deposition. Due to recent extreme hydroclimatic events, such as the 2021 flood and the drought of 2024, the water-covered surface underwent significant changes on the island. In this context, this research aimed to analyze the influence of fluvial processes on the morphodynamics of the Careiro Island between 2021 and 2024. To achieve this, water surface maps, precipitation, water discharge of the Solimões River, water-level of the Negro River, suspended sediment concentration (SSC) and building data from IBGE, were analyzed. High spatial resolution satellite images from the PlanetScope and Sentinel-2 MSI sensors were also used to map fluvial connectivity points and geomorphological units on the island. The results reveal significant changes in the fluvial landscape during the study period, including 43% reduction in the mapped water surface between the 2021 flood and the 2024 drought. It was found that the highest frequency of fluvial connectivity and suspended sediment input occurs in the downstream sector of the island, with the channel “Furo do Rei” standing out as the main connection between the Amazonas River and the island’s interior. This connection promotes the transport of suspended sediments from the Solimões River and their deposition within the island. The annual average SSC of the lakes on Careiro Island was estimated at 54 mg/L, about 35% lower than the annual average SSC of the Solimões River. The fluvial landscape is characterized by the presence of lakes, channels, and paranás, which enhance hydrological connectivity, as well as by the occurrence of paleochannels. Among the identified geomorphological units, lakes are predominant, followed by channels and sandy bars. It is concluded that the main changes in the fluvial landscape of Careiro Island are associated with water level variability of Amazon River, a hotspot of connectivity points in the downstream sector, and the occurrence of mass movement (“terras caídas”) along the margins directly influenced by the Solimões river.

Keywords: fluvial geomorphology; connectivity; seasonality; floodplain; várzea.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esboço Geomorfológico da Região Careiro-Cambixe de Hilgard Sternberg	17
Figura 2. Representação do transporte de sedimento em rio	20
Figura 3. Procedimentos de mapeamento da superfície coberta por água.....	31
Figura 4. Procedimentos para realização do mapeamento geomorfológico.	33
Figura 5. Procedimentos para realização da análise de conectividade fluvial.....	36
Figura 6. Procedimentos de avaliação de impactos para a população da ilha.	36
Figura 7. Mapa de Localização da Ilha do Careiro.....	39
Figura 8. Pirâmide etária da população do município de Careiro da Várzea.	40
Figura 9. Geomorfologia da Região do Careiro da Várzea.	40
Figura 10. Superfície de água entre os anos de 2021 (azul) e 2024 (vermelho) na Ilha do Careiro.	43
Figura 11. Superfície coberta por água durante os eventos extremos recentes.	44
Figura 12. Vista aérea da cidade de Careiro da Várzea durante a cheia excepcional de 2021.	44
Figura 13. Residências e estabelecimentos na Ilha do Careiro em 2021 e 2024.....	45
Figura 14. Vista do furo do Rei em direção ao lago do Rei (fevereiro/2025).	46
Figura 15. Água sazonal e permanente na região da Ilha do Careiro.	47
Figura 16. Série temporal mensal da superfície d'água no Careiro da Várzea entre 1985 e 2024.....	48
Figura 17. Série temporal da superfície de água no Careiro da Várzea entre 1985 e 2024.....	49
Figura 18. Cotas na estação do Paraná do Careiro em 2024	49
Figura 19. Ocorrência de eventos de cheia e vazante do rio Amazonas entre 1902 e 2024.....	50
Figura 20. Imagens de satélite em picos de cheia e vazante em 2020 e 2021	52
Figura 21. Imagens de satélite em picos de cheia e vazante em 2022 e 2023	53
Figura 22. Imagens de satélite em picos de cheia e vazante em 2024 e 2025	54
Figura 23. Precipitação mensal entre 2005 e 2025	55
Figura 24. Precipitação Média Total Mensal.....	56
Figura 25. Variabilidade de Descarga Líquida Média Mensal do Rio Solimões	57
Figura 26. Cota média anual do Rio Negro entre 2005 e 2025	57
Figura 27. Cota Média Mensal entre 2005 e 2025.	58
Figura 28. Variação dos níveis do rio entre 2005 e 2025	58
Figura 29. Regime médio mensal da CSS em diferentes lagos estimado com dados do sensor MODIS	59
Figura 30. Valores de CSS entre o Rio Solimões e o Lago do Rei	60
Figura 31. Variabilidade de cores da água na área de estudo.....	61
Figura 32. Localização dos pontos analisados na área de estudo.....	62
Figura 33. Perfil de elevação 1	62
Figura 34. Perfil de elevação 2 (lago do Rei)	63
Figura 35. Perfil de Elevação 3 (furo do Rei).....	63
Figura 36. Mapa elevação relativa do terreno da Ilha do Careiro	64

Figura 37. Distribuição espacial dos pontos de conexão e desconexão entre canais e lagos na Ilha do Careiro.	65
Figura 38. Densidade de pontos de desconexão fluvial na área de estudo.....	66
Figura 39. Exemplo de desconexão fluvial entre rio Solimões e o Lago do Joanico.....	66
Figura 40. Exemplo de desconexão fluvial entre o Paraná do Cambixe e o Paraná do Careiro.	67
Figura 41. Mapeamento Geomorfológico da área de estudo.....	68
Figura 42. Principais Comunidades da Ilha do Careiro.....	70
Figura 43. Áreas de Plantação na frente de residência.	71
Figura 44. Terras caídas na margem da área de estudo.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Unidades geomorfológicas mapeadas.....	34
Tabela 2. Registros históricos de cotas mínimas do rio Negro.	51
Tabela 3. Registros históricos de cotas e máximas do rio Negro	51

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CDSE – Copernicus Data Space Ecosystem

ESA – Agência Espacial Europeia

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

GEE – Google Earth Engine.

RHN – Rede Hidrometeorológica Nacional

SGB – Serviço Geológico do Brasil

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 Paisagem.....	19
2.2 Geomorfologia Fluvial	19
2.3 Planície de Inundação	21
2.4 Furos	22
2.5 Conectividade em ambientes fluviais	23
2.6 Sensoriamento remoto da água.....	25
2.7 Terras Caídas	27
2.8 Eventos hidroclimáticos extremos.....	28
3. MATERIAL E MÉTODO	31
3.1 Mapeamento da superfície de água	31
3.2 Mapeamento Geomorfológico	32
3.3 Análise da conectividade fluvial.....	35
3.4 Avaliação dos impactos sobre a população ribeirinha.....	36
3.5 Dados sedimentológicos, pluviométricos e hidrológicos	37
4. ÁREA DE ESTUDO	39
5. RESULTADOS	42
5.1 A variabilidade da superfície d'água e os eventos extremos recentes.....	42
5.2 Caracterização hidrogeomorfológica.....	55
5.3 Comunidades ribeirinhas e a dinâmica fluvial	69
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
7. REFERÊNCIAS	76

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica fluvial nos rios da bacia amazônica apresenta fatores importantes que moldam e alteram a paisagem da região. Os períodos de cheia e vazante, com seu regime bem definido, contribuem para essa sazonalidade da paisagem. A bacia amazônica está em uma zona intertropical, que recebe em média 2460 mm de precipitação, com o Rio Amazonas apresentando uma descarga média de 209.000 m³/s (IBGE, 2016).

A maior parte da bacia consiste em uma topografia plana, com rochas cristalinas do pré-cambriano nas bordas e platôs baixos de sedimentos do quaternário com fracos declives (PINTO, 2024). Tricart (1977) pontua que a Amazônia central e oriental apresenta uma fossa de afundamento WSW-ENE que ocupa os espaços entre os escudos das Guianas e Sul-Amazônico no lado Brasileiro. O sistema fluvial do Rio Amazonas de escala continental desenvolve-se nessa extensa depressão intracratônica, e drena dos Andes até o Oceano Atlântico, conferindo os efeitos da tectônica na impressão da paisagem ribeirinha em centenas de quilômetros (PINTO, 2024).

O Rio Amazonas e seus tributários drenam uma bacia superior a 6.000.000 km², sendo o Rio Amazonas, principal canal dessa bacia, possuindo as maiores descargas de água. Essa bacia é constituída de rios de grande porte, rios pequenos e igarapés, apresentando diferenças consideráveis em relação à morfologia e composição de seus leitos e quanto às características químicas, físicas e biológicas de suas águas (ALVES, 2013; PINTO, 2024).

A planície de inundação amazônica é modelada pela atual drenagem dos rios, possuindo uma diversidade de geoformas, como os canais, furos, paranás, meandros, lagos e ilhas, relacionados às condições difíceis do escoamento em relação à fraca declividade da planície e ao volume de água (IBGE, 2016).

A ilha do Careiro é uma ilha aluvial localizada no Rio Amazonas, próxima da confluência dos Rios Negro e Solimões, a qual é caracterizada pelo alteamento de suas bordas que se alonga no sentido jusante da corrente, assim dividindo um grande rio (Amazonas) em dois canais (STERNBERG, 1998). Encontra-se na região da várzea amazônica, subdividida em duas formações geomorfológicas, a planície de bancos e meandros atuais, e depósitos de inundação (IRIONDO, 1982). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a região da Ilha do Careiro é classificada como planície amazônica e possui uma vegetação composta por aningais e chavascais, característicos das regiões de áreas alagadas ou sujeitas a inundação sazonal.

A sazonalidade do rio Solimões-Amazonas desempenha um importante papel na configuração da paisagem fluvial da região que corresponde ao Careiro da Várzea. Os períodos de cheia e seca bem estabelecidos anualmente estão ligados ao “pulso de inundação”, definido como uma principal força direcionada, responsável pela existência, produtividade e interações da biota nos sistemas rio-planície de inundação (JUNK et al., 1989). O pulso de inundação determina os períodos de conexão da água com as regiões da várzea.

Durante o período de vazante dos rios amazônicos, a paisagem e a forma dos canais tendem a alterar-se significativamente. O desmoronamento de margem (terras caídas) e a exposição de bancos de areia e do leito menor de rios devido ao baixo nível de água são algumas das características que podem ser verificados nesse período, em que, com a intensificação de eventos hidrológicos extremos de seca, essa configuração da paisagem se torna mais recorrente (SILVA et al., 2013). No período de cheia, as principais alterações estão ligadas à inundação da planície que impacta atividades de agricultura, bem como o alagamento de residências em comunidades ribeirinhas próximas das margens dos rios, intensificados com a ocorrência de eventos extremos recentes.

A bacia amazônica tornou-se foco dessas discussões ligadas às mudanças climáticas e suas causas, como o desmatamento, chuvas e secas extremas, intensificação de queimadas, prolongamento de períodos de seca e de recorrentes registros de baixos níveis dos rios que impactam a população (BORMA et al., 2013).

Sternberg (1998; p.44) destaca que “a importância das águas não se resume ao fato de cobrirem e descobrirem a terra, nem se mede pela espessura maior ou menor da lâmina líquida que sobre estas se estende”. A água é importante tanto para a sociedade como para a própria manutenção do ambiente, onde a água permite que outras áreas se conectem por meio de um fluxo laminar contínuo ao longo do espaço.

A conectividade fluvial desempenha um importante papel com relação ao processo de erosão e deposição de sedimentos ao longo da bacia. A conectividade hidrológica, hidrossedimentológica e fluvial na planície aluvial é importante para a compreensão da dinâmica hidrogeomorfológica nas áreas de várzea, principalmente pela troca de energia entre os ambientes numa bacia hidrográfica (ZANANDREA et al., 2020; OLIVEIRA e MARÇAL, 2024). Os estudos sobre conectividade tem se destacado para o entendimento da dinâmica de sedimentos em bacias hidrográficas e vêm sendo tratados como uma prioridade emergente do sistema, representando a continuidade de um ponto da paisagem no tempo (ZANANDREA et al., 2020).

Contudo, poucos são os estudos acerca da conectividade fluvial na várzea amazônica. Em decorrência dos eventos extremos, se faz necessário investigar como estes eventos extremos impactam, não somente a paisagem, como também a população em torno dessa região, bem mais suscetível às mudanças nos regimes hidrológicos e climáticos.

O alagamento sazonal da ilha ocorre pelo pulso de inundação (JUNK et al., 1989), onde, na subida dos rios grande parte da ilha é coberta por água. Isso está relacionado com os níveis dos rios e o próprio relevo da ilha, que controla a dispersão de água entre as unidades geomorfológicas da ilha. Portanto, a pesquisa buscou responder como a geomorfologia da ilha controla a conectividade fluvial, a dinâmica hidrossedimentar e o padrão espaço-temporal de inundação.

Apesar de possuir um relevo relativamente baixo, característico de regiões de várzea, a inundação da ilha não ocorre de forma igual ao longo de sua extensão, dada a diferenciação do topografia da ilha. Trabalhos anteriores, como os de Iriondo (1982) e de Sternberg (1998), que

O problema da pesquisa está pautado nas mudanças causadas pela sazonalidade dos rios em períodos normais, e em eventos hidroclimáticos extremos, considerando os impactos destes tanto para o ambiente como para a população na área de estudo. Para fortalecimento desta problemática, é necessário compreender que o regime sazonal e a conectividade fluvial na Ilha do Careiro variam entre os períodos de cheia e vazante, dado que a ilha está estreitamente ligada ao regime fluvial do rio Solimões-Amazonas.

Partindo deste contexto, a presente pesquisa buscou analisar a influência dos processos fluviais na morfodinâmica da Ilha do Careiro entre os anos de 2021 e 2024. Esta delimitação temporal se dá pelo fato de estes anos serem marcados pela ocorrência de eventos hidroclimáticos recentes na Bacia Amazônica que geram impactos em diferentes escalas na natureza e na sociedade.

Portanto, a pesquisa tem como Objetivo Geral: Analisar a influência dos processos fluviais na morfodinâmica da paisagem da Ilha do Careiro entre 2021 e 2024.

Como objetivos específicos:

- I. Analisar a variabilidade da superfície de água com relação aos eventos hidrológicos extremos recentes (2021 e 2024);
- II. Realizar uma caracterização hidrogeomorfológica da área de estudo;
- III. Compreender os impactos dos eventos hidrológicos extremos recentes na paisagem e na população ribeirinha.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico, serão apresentados os principais autores e conceitos utilizados como referências para fundamentar esta pesquisa, buscando a compreensão e ligação com o tema da pesquisa.

2.1 Paisagem

A Paisagem é uma das principais categorias de análise para os estudos da Geografia Física. Tal categoria é importante para compreender o espaço na totalidade, a partir do que ele apresenta ao aspecto visível do observador. Bertrand (1972) compreende a paisagem como “o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução”.

Porém, a paisagem não pode ser tratada e compreendida apenas pela sua forma natural, buscando compreender a paisagem numa totalidade integrada também com as ações antrópicas. Contudo, vale salientar, que, para a Geografia Física, a paisagem é estreitamente ligada a um sistema de complexidade de fatores, como o Geossistema.

Para Bertrand (1972), o Geossistema é um complexo essencialmente dinâmico mesmo em um espaço-tempo muito breve, como o histórico. O geossistema não pode ser considerado fisionomicamente homogêneo, por ser formado por paisagens bem diferentes, que representam os diversos estágios de sua evolução.

A importância da ligação entre a Geografia Física e os Geossistemas se dá por ela permitir que sejam estabelecidos os assuntos a serem investigados pelos geógrafos-físicos, tendo seu conteúdo bem diferente das disciplinas geográficas espaciais (SOTCHAVA, 1977). A análise da paisagem a partir da teoria do geossistema é importante por permitir uma compreensão diversificada dos fatores, buscando a mais adequada conclusão para o problema.

2.2 Geomorfologia Fluvial

Compreende-se a partir de Christofolletti (1981) que a Geomorfologia Fluvial se interessa pelos estudos dos processos e das formas relacionadas com o escoamento dos rios. Cunha e Guerra (1996) destacam que a Geomorfologia Fluvial engloba os estudos dos cursos de água e de bacias hidrográficas. Para Cunha e Guerra (1996), a Geomorfologia Fluvial representa um setor de destaque na ciência geomorfológica, pelo seu caráter condicionante da própria vida humana.

A geomorfologia fluvial exerce influência sobre a dinâmica nos cursos d'água e nas bacias hidrográficas, revelando os diferentes aspectos morfodinâmicos que compõem os cursos d'água e as bacias, como os padrões de drenagem, fluxo e tipos de canais, como também suas formas e características. Os processos fluviais estão interligados a essa dinâmica que caracteriza as bacias hidrográficas de variadas formas. Os processos de erosão, transporte e deposição são fatores controladores excepcionais dentro de uma bacia, pois a partir destes se molda a paisagem fluvial.

O processo de remoção e transporte de material da crosta terrestre é conhecido como erosão ou denudação. De acordo com Stevaux e Latrubesse (2017), os estudos de erosão fluvial estão relacionados aos processos de transporte e sedimentação, simultaneamente, mesmo que variando de intensidade, ao longo do canal de um rio. Esse processo de remoção de material se caracteriza de duas formas: erosão química e física.

Segundo Stevaux e Latrubesse (2017), o processo de erosão por dissolução da rocha pela água do canal é genericamente denominado de corrosão. A ação química da água com a rocha é considerada mais ativa em ambientes intersticiais de subsuperfície que no canal fluvial, devido a lentidão de cada tipo de fluxo. Quanto à erosão física em ambientes fluviais, de acordo com estes autores, trata-se da remoção do material de superfície por ação da água corrente, controlada pela erodibilidade do material e pela erosividade do fluxo.

A respeito do transporte fluvial de sedimentos, Magalhães Júnior et al., (2020) compreendem que esse transporte pode ocorrer de várias maneiras e de acordo com diferentes contextos ambientais que influenciam o balanço de energia. Nesse processo, ocorrem três tipos principais de transporte de carga sedimentar fluvial, sendo eles: a carga dissolvida, em suspensão e de leito (Figura 2).

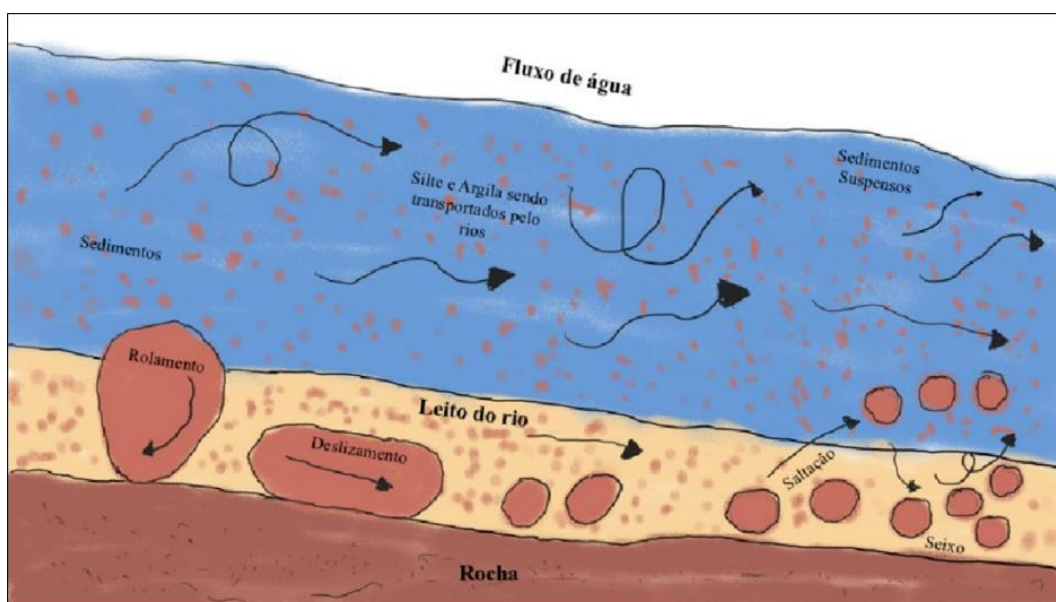


Figura 2. Representação do transporte de sedimento em rio. **Elaboração:** Douglas de Jesus/Samsung PENUP.

A carga sedimentar dissolvida, segundo Magalhães Júnior et al., (2020), é transportada em solução química na água, compreendendo moléculas e íons derivados do intemperismo químico das rochas e da decomposição de componentes biogênicos. Observa-se que a composição química da água tende a variar em decorrência do substrato geológico, da vegetação e do tipo de solo em cada bacia hidrográfica.

De acordo com autores como Bigarella; Suguio (1990) e Magalhães Junior et al., (2020), a depender da situação, a capacidade de transporte de sedimentos de um canal pode aumentar devido à mistura de sedimentos com diferentes granulometrias. Sendo que o tipo de transporte irá depender de fatores como a densidade e a geometria das partículas, não excluindo que as

condições do fluxo e até mesmo o impacto das gotas de chuva no fluxo fluvial podem aumentar sua capacidade de transporte de carga.

A carga de sedimentos em suspensão, granulometria de finos orgânicos e inorgânicos, como argila e silte, em que tais partículas são sustentadas pela força eletroestática (coesão) e de turbulência (VERCRUYSSSE et al., 2017). O processo de deposição de sua carga ocorre em ambientes de baixa energia, como nas planícies fluviais e lagos, como também, pela precipitação gravitacional – decantação (MAGALHÃES JÚNIOR et al., 2020).

Quanto aos impactos causados pelos sedimentos em suspensão gerados por erosões, Magalhães Júnior et al., (2020) pontuam que tais impactos podem ser tanto negativos, devido à degradação da água pelo aumento da turbidez, quanto positivos, que estão associados à renovação de sedimentos que transportam nutrientes e auxiliam na fertilização dos solos das margens de várzeas.

Contudo, apesar de determinados canais possuírem um transporte com alta carga sedimentar de silte e argila, como no rio Amazonas, esse transporte não é considerado um estágio de transição para um fluxo lamoso. Conforme Magalhães Júnior et al., (2020), isso não ocorre pelo fato de o fluxo de lama estar ligado à categoria de movimentos gravitacionais de massa.

O transporte de carga fluvial de leito ocorre por meio do processo de saltação e arraste. De acordo com Bigarella; Suguio (1990) e Magalhães Júnior et al. (2020), na saltação ocorre a projeção de partículas do leito (subcamada viscosa) na camada ‘buffer’ ou na camada externa, que atinge areia e outros grânulos no leito. Com o processo de tração ou arraste, não se tem uma perda de contato dos sedimentos com o leito, que carrega sedimentos como areia, seixos e grânulos (MAGALHÃES JÚNIOR et al., 2020).

Quanto ao processo de deposição dessa carga sedimentar, ela é depositada quando o curso d’água perde sua capacidade e competência de transporte, ocorrentes em períodos de redução do fluxo, redução do gradiente, elevação do nível de base ou até mesmo por um aporte sedimentar incompatível (MAGALHÃES JÚNIOR et al., 2020).

O processo de deposição de carga sedimentar pelo transporte fluvial é importante para a planície de inundação, ao considerar que a deposição dessa carga sedimentar é um dos principais meios agregação e nutrição do solo em áreas de planície de inundação, como as várzeas.

2.3 Planície de Inundação

De acordo com Stevaux e Latrubesse (2017: p.197), Planície de Inundação são “áreas adjacentes ao canal do rio inundadas, ao menos parcialmente, pelas cheias ordinárias, que mantêm relações hidrológicas, sedimentológicas e ecológicas com a dinâmica fluvial”. A relação da planície de inundação com a sedimentação é bem definida pela deposição da carga sedimentar capturada por essa planície.

Pela sua característica predominantemente deposicional, segundo Stevaux e Latrubesse (2017: p.197):

A planície de inundação apresenta um registro sedimentar mais amplo e completo da história fluvial que o canal, e que compreende uma grande variedade de fácies sedimentares e fósseis com possibilidade de datação (geralmente depósitos ricos em matéria orgânica), níveis de pedogênese, além de evidências de ocupação antrópica.

Stevaux e Latrubesse (2017) compreendem que a planície de inundação é um mosaico variado de subambientes com distintos graus de conexão hidrológica com o canal e constituído pelo cinturão aluvial, por diversos tipos de unidades de escoamento limitado ou impedido e por bacias de inundação.

A ilha do Careiro se configura como uma planície de inundação devido a sua dinâmica hidrogeomorfológica e por estar sob influência do “pulso de inundação”. Junk et al., (1989) define pulso de inundação como uma principal força direcionada, sendo responsável pela existência, produtividade e interações da biota nos sistemas rio-planície de inundação.

Na planície de inundação, os furos funcionam como um dos principais meios de conexão com o rio com o interior dos ambientes de várzea, como na área de estudo, onde os furos são importantes para o abastecimento de água e de nutrientes para o interior da Ilha do Careiro.

2.4 Furos

Numa bacia hidrográfica, predominam variados tipos de canais que modelam a paisagem para além de somente os padrões de drenagem. Na Amazônia, há uma descrição para cada tipo de curso d’água dentro da bacia, entre eles, estão os paranás, os furos e igarapés, que são considerados elementos do sistema potamográfico da Amazônia, denominados de acordo com a terminologia regional (ANDRADE, 1958).

Os “furos” apesar de pouco abordados, desempenham um papel significativo no processo de inundação num sistema fluvial. De acordo com Le Cointe (1903: p.155), “os furos são canais estreitos que permitem a comunicação de dois lagos ou rios”. Segundo Andrade (1958: p.6), “esta denominação para furo se dá em função da possibilidade da água percorrer o ambiente fluvial, estabelecendo assim, comunicação entre rios, paranás, lagos e igarapés” (adaptado).

Essa denominação teria sido proposta por Huber (1943: p.452), sugerindo que “toda a comunicação entre um rio principal e o afluente antes da confluência definitiva seria mais adequada a ser chamada de furo”. Resumidamente, essa terminologia seria utilizada para todos os canais que fizessem algum tipo de ligação entre outros corpos d’água. Contudo, não é possível determinar a terminologia dessa forma, tendo em vista que há outros corpos d’água distintos entre a nascente de um rio e sua confluência (ANDRADE, 1958).

Para Guerra (1993: p. 196), a definição para furo é compreendida como “uma denominação regional amazônica para os braços d’água que ligam um curso d’água a outro ou a lago, ou ainda, pelo montante da foz ao curso d’água em que deságua”. A relação dos furos com a planície de inundação pode ser compreendida a partir de Andrade (1958: p.6), em que, segundo o autor:

Os furos que se estabelecem nas planícies de inundação atuais dos grandes cursos amazônicos são elementos do sistema-padrão recente, que dão escoamento às águas da vazante e são por estas em condições de orientar o subsequente alagamento da várzea baixa na enchente. Estes não sofrem confusão possível com os paranás, sendo possível identificá-los à primeira vista na terra firme.

De acordo com Andrade (1958), “no domínio da ‘terra-firme’ (terciário), como no da ‘várzea-alta’, podem ser adotados, para identificação dos furos, critérios ora de manifesta ruptura de interflúvios (captura), de forma antecedente”. A partir de critérios de abordagem e identificação, se pode distinguir os furos dos paranás, comumente, antigamente, associados com um único tipo de canal/curso d’água por exercerem quase a mesma função.

Porém, a função dos furos não se dá exclusivamente para o escoamento da água de um corpo d’água para outro ou a um lago. Os furos se tornam úteis para o processo de sedimentação e deposição da carga em suspensão, crescendo terras na várzea, nutrindo o solo e sendo utilizados para a irrigação de plantações, beneficiando assim os ribeirinhos que moram na região da várzea, como na Ilha do Careiro (CRUZ, 2007).

Outros meios de escoamento de água são os paranás, que são compreendidos a partir de Andrade (1958), como braços d’água que conectam um rio a outro. Apesar de parecido com os furos, os paranás possuem algumas características diversas, como, possuírem alongamento maior de uma margem a outra e velocidade de fluxo maiores.

Esses dois cursos d’água permitem com que ocorra, em especial na região de várzea, a ocorrência de conectividade, seja ela fluvial, hidrológica e hidrossedimentológica por meio destes canais e por outros fatores como a própria geomorfologia da várzea, que desempenha um papel importante para ocorrência de conexões entre o ambiente da várzea e o canal principal, como na Ilha do Careiro.

2.5 Conectividade em ambientes fluviais

Os furos e paranás permitem com que o ocorra o processo de conectividade entre um canal principal com grande carga sedimentar e alta descarga líquida com a planície de inundação, extrapolando a várzea alta e alimentando outras áreas dessa várzea de forma mais eficiente. De acordo com Stevaux e Latrubesse (2017), em grandes planícies de inundação, formadas por um mosaico de subunidades geomorfológicas, a quantidade de pontos de conexão e a permanência de conexão e desconexão durante o ano hidrológico podem ser múltiplas e complexas.

Segundo Zanandrea et al., (2020: p. 436), a conectividade de sedimentos pode ser entendida como a transferência de sedimentos entre diferentes compartimentos da paisagem através das relações entre seus componentes. Esse fator da conectividade em uma bacia se dá por meio da interação dos processos sedimentológicos com os hidrológicos, ao quais, são controlados pelas características geomorfológicas (ZANANDREA et al., 2020)

O conceito bem utilizado para avaliação da dinâmica de sedimentos é o de conectividade, isso se dá, de acordo com Zanandrea et al., (2020: p.437), “por descrever a eficiência da transferência de material entre componentes da paisagem, como encostas e rios e segmentos longitudinais dentro de uma rede fluvial”. A conectividade possui pelo menos sete tipos conhecidos como as conectividades geomorfológica, hidrológica/hidrossedimentológica, biológica, eólica, antrópica, glacial e tectônica (ZANANDREA et al., 2020).

Para esta pesquisa, serão utilizados os conceitos referentes à apenas 3 tipos de conectividade: a conectividade fluvial, conectividade geomorfológica e a conectividade hidrogeomorfológica/hidrossedimentológica.

De acordo com Oliveira e Marçal (2024: p.2), a conectividade fluvial:

Pode ser compreendida como a capacidade de uma bacia hidrográfica transferir sedimentos de forma eficaz em resposta a uma perturbação externa ao sistema, portanto, trata-se de uma propriedade importante dos sistemas ambientais que abrange processos geomorfológicos operantes em diversas escalas temporais e espaciais.

A conectividade fluvial a partir do ponto de vista metodológico para a geomorfologia fluvial, pode ser, segundo Oliveira e Marçal (2024: p.2), “considerada um controle primário dos fluxos de água e sedimentos no contexto da bacia”. E esse controle pode ser demonstrada em duas espacialidades, como as locais (um vale) e regionais, como as litologias e as estruturas (OLIVEIRA e MARÇAL, 2024).

Tratando-se de conectividade hidrossedimentológica, Zanandrea et al., (2020: p.437) pontuam que:

A conectividade de sedimentos trata do grau de ligação entre os diferentes compartimentos da paisagem que controlam a transferência de sedimentos. Quando o vetor de transferência desses sedimentos é a água, pode-se chamar de conectividade hidrossedimentológica.

Alguns pesquisadores trataram a conectividade hidrossedimentológica apenas como sendo a conectividade de sedimentos e água. Para se chegar a uma definição mais concreta para o conceito, Zanandrea et al., (2017: p.1) definiram conectividade hidrossedimentológica “como

a transferência de sedimentos por toda a bacia, de qualquer fonte possível para determinado ponto de controle em um sistema em que o vetor de transporte é a água”. Um ponto interessante é que a conectividade de sedimentos possui grande proximidade do conceito de conectividade hidrossedimentológica, sendo mencionada como conectividade de vazão e sedimentos (ZANANDREA et al., 2020).

A conectividade se divide entre conectividade estrutural (Ce) e conectividade funcional (Cf), sendo a conectividade estrutural relacionada as propriedades de elementos que constituem os canais e superfícies pelas quais a água e os sedimentos percorrem até um ponto de deposição. Já a conectividade funcional está relacionada com as variáveis que ligam elementos da paisagem por meio de um processo, em que, essas variáveis condicionam o escoamento superficial, sendo o principal vetor de ligação dos sedimentos entre os pontos na paisagem (ZANANDREA et al., 2020).

De acordo com Zanandrea et al., (2020), para a quantificação da conectividade de sedimentos, existem diversas variáveis que podem compor os índices de conectividade hidrossedimentológica. As variáveis que compõem esse índice correspondem à hidrologia, quando relacionadas à geração de escoamento responsável pela ligação entre diferentes locais; geomorfologia, relacionadas às características da paisagem que facilitam ou impedem o fluxo, e, sedimentologia quando relacionada com as características dos sedimentos a serem transferidos, divididos em um regime temporal permanente e transiente (ZANANDREA et al., 2020).

A conectividade da água desempenha um papel significativo na vida das pessoas, principalmente, para aquelas que residem em comunidades ribeirinhas, dada a sua relação direta com a água e os impactos causados nessas comunidades pela ausência ou abundância elevada dela. Sternberg (1998: p.44) discorre que “a importância das águas não se resume apenas no fato de cobrirem periodicamente a terra, nem se mede pela espessura maior ou menor da lâmina líquida que estas se estendem”.

Compreender como se dá essa dinâmica de conectividade é importante na perspectiva de análise da dinâmica fluvial da área de estudo, contudo, por possuir grande extensão, a identificação das dinâmicas na área de estudo exige uma visualização abrangente dessa extensão, que é permitida através de imagens de satélite. Por meio do sensoriamento remoto da água, é possível realizar análises espaço-temporais da área de estudo.

2.6 Sensoriamento remoto da água

O sensoriamento remoto pode ser conceituado como a técnica que utiliza sensores para a captação e registro da energia refletida ou absorvida por alvos na superfície terrestre (FITZ, 2008; NOVO; PONZONI, 2001). Os sensores remotos possibilitam obter informações espectrais, espaciais e de intensidade de energia refletida ou emitida dos objetos da superfície terrestre (NOVO, 2008).

Os sensores podem ser classificados como ativos ou passivos. Os sensores ativos são aqueles que possuem uma fonte de energia própria. Eles emitem uma quantidade suficiente de

energia na direção dos alvos para captar a sua reflexão. Os sensores passivos, por sua vez, não possuem fonte própria de energia e necessitam de fontes externas para a captação da reflexão dos alvos, como a energia solar (FITZ, 2008).

As propriedades ópticas da água apresentam grande variabilidade no tempo e no espaço em decorrência das propriedades dos materiais que a compõem. Portanto, existe uma forte conexão entre as propriedades ópticas da água e os constituintes da água, e é essa conexão que torna importante a óptica hidrológica e que indica perspectivas otimistas ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos (NOVO; PONZONI, 2001).

O espectro de radiação com as melhores regiões de comprimento de onda para discriminar a terra e áreas com corpos d'água são o infravermelho próximo e o infravermelho médio, que se encontram entre o comprimento de onda de 740 nm e 2500 nm, respectivamente (JENSEN, 2009; NOVO; PONZONI, 2001).

O sensoriamento remoto permite que se identifique e calcule a superfície de água e a distribuição de sedimentos para um determinado alvo de forma precisa. O uso do sensoriamento remoto para determinar a qualidade da água é uma aplicação de amplo reconhecimento da comunidade científica de usuários de dados (MARINHO, 2019).

Os tipos de resoluções para as imagens de satélite são fatores determinantes para se delimitar as análises por meio do sensoriamento remoto. Segundo Fitz (2008), a resolução temporal refere-se ao intervalo de tempo que o sensor leva para repetir a obtenção de cena de um mesmo local, em que, dependendo do sensor, pode levar dias ou semanas.

A resolução espacial é compreendida como a área abrangida no terreno por cada pixel correspondente na imagem. A resolução espectral diz respeito a quantidade de bandas espectrais do sensor, ou seja, pela capacidade do sensor utilizado de diferenciar faixas (ou bandas) do espectro eletromagnético em função do intervalo do comprimento de onda utilizado. Já a resolução radiométrica está relacionada com a quantidade de níveis digitais presentes em uma imagem.

O uso de imagens de satélite é essencial para realização de pesquisas em áreas remotas ou que exigem uma visão sinótica. Satélites como os da constelação PlanetScope, do Programa Copernicus e Landsat são alguns dos mais utilizados para estes trabalhos, dada a facilidade de acesso, taxa de confiabilidade e qualidade dos produtos advindos desses sistemas.

O satélite Sentinel-2 refere-se à missão europeia que utiliza imagens multiespectrais de alta resolução e ampla faixa de frequências. Vinculado ao programa europeu Copernicus, esta missão apoia aplicações operacionais principalmente para serviços terrestres, incluindo o monitoramento da vegetação, do solo e da cobertura hídrica, bem como a observação de cursos d'água interiores e águas costeiras (CDSE, [s. d.]).

Os dados dos satélites Sentinelas são disponibilizados de forma sistemática e gratuita. O Sentinel-2 é equipado com uma carga útil de instrumento óptico que coleta amostras de 13 bandas espectrais, sendo quatro bandas com 10 m de resolução espacial, seis bandas com 20 m e três bandas com resolução espacial de 60 m, em uma largura de faixa de imageamento de 290

km (CDSE, [s. d.]). A variabilidade de suporte de serviços através dos satélites Sentinel- 2 oferecidos pelo programa Copernicus inclui: monitoramento de terras; agricultura; gestão de emergências; mapeamento de riscos; segurança; silvicultura; mudanças climáticas; controle de desastres e operações de ajuda comunitária.

O uso de imagens de satélite de alta resolução, como as do Sentinel-2, auxiliam no monitoramento não somente da superfície de água, como também na qualidade dos corpos d'água. A disponibilidade desses dados para pesquisas relacionadas aos recursos hídricos é imprescindível para a realização de pesquisas que contribuam para a compreensão dos órgãos públicos e da sociedade na totalidade, considerando a importância desse recurso para a sociedade.

O sensoriamento remoto também permite com que seja analisado os processos que transformam a paisagem, principalmente em áreas de várzea com a ocorrência de desmoronamento de margem, assim como, as diferenças entre os processos de erosão e deposição por imagens de satélite (este último tópico citado no parágrafo não foi trabalhado nesta pesquisa).

2.7 Terras Caídas

A água é um fator significativo na vida das pessoas, em especial para as comunidades ribeirinhas que residem na região da várzea amazônica. Contudo, a água, além de trazer diversos benefícios, também causa impactos significativos a depender da situação. Um desses impactos é a ocorrência de desmoronamento de grandes porções das margens de canais fluviais, que na Amazônia é conhecida popularmente como “terras caídas”.

Segundo Guerra (1993), as terras caídas é uma denominação dada na região amazônica ao escavamento produzido pelas águas dos rios, fazendo com que barrancos sejam solapados intensamente, assim, os desgastando. Sendo considerado um movimento de massa.

De acordo com autores como Carvalho (2006) e Bandeira et al. (2018, p.6), a ocorrência das terras caídas está relacionada à remoção de material de fundo e de margem dos rios, por abrasão e corrosão. Ainda segundo os autores, também está associado aos processos de erosão por baixo, deslizamento e rastejamento, que possuem características próprias.

O desmoronamento de margem tem duas formas de ocorrência, nos diferentes períodos de cheia e na vazante. Na cheia, o desmoronamento é caracterizado pelo colapso e submersão de extensas massas de terra, enquanto na vazante, está relacionado com a gravidade e declividade da margem, fazendo com que ocorram deslizamentos de massa (BANDEIRA et al., 2018).

Por estarem localizadas nas margens dos rios da região da várzea, as comunidades ribeirinhas também estão condicionadas ao dinamismo fluvial ocorrente nesta região. Este fator de ocorrência é importante de se analisar principalmente pela perda de terra, estruturas e até vidas por conta deste tipo de ocorrência.

Segundo Bandeira et al., (2018), o processo de terras caídas se difere dos outros tipos de erosão fluvial por estar associado ao movimento de massa que desencadeia grandes deslizamentos de terra, causando danos materiais e perda de vidas. A ocorrência deste processo faz com que sejam criadas estratégias de adaptação na várzea como forma das comunidades não serem impactadas com esse processo.

De acordo com Matos (2019: p.79), “a Geografia do lugar obriga o homem da várzea a se adaptar a um ambiente totalmente dinâmico, incluindo nesse contexto a variabilidade hidrológica e a ocorrência de processos erosivos laterais”. Tais ocorrências tendem a impactar significativamente o cotidiano das comunidades ribeirinhas de tal forma, que tende a obrigá-los a se distanciar das margens dos rios como forma de escape dos impactos causados por esses processos de diminuição da área de margem.

Uma das estratégias elaboradas pelos ribeirinhos como maneira de mitigar os impactos, foi o processo de transferência das residências para locais mais seguros/mais firmes. Uma técnica desenvolvida por um ribeirinho permitia que se criassem trilhos de madeira resistente que poderiam transportar uma casa inteira sem necessidade de reconstruí-la em outra área, quando o transporte fosse feito de maneira correta (CRUZ, 2007).

2.8 Eventos hidroclimáticos extremos

Nas últimas décadas, a intensificação dos eventos climáticos extremos em escala global tem sido pauta recorrente de discussões em diferentes âmbitos da sociedade. A Amazônia tem sido palco dessas discussões por alguns fatores, como: a perda de vegetação nativa pelo desmatamento, queimadas intensificadas e períodos prolongados de estiagem que fazem com que os rios atinjam baixos níveis de cota (JESUS et al., 2025).

Durante os eventos de seca dos rios, a paisagem na Amazônia é alterada de forma significativa, com surgimento de bancos de areia e áreas com leito do rio exposto, anteriormente, cobertos por água. Quando esses eventos ocorrem de forma contínua e extrema, os impactos são significativos, como, para a navegação e locomoção, devido os baixos níveis de água dificultam o acesso a várias áreas, impactando diretamente as comunidades ribeirinhas e a economia local de transporte de carga e passageiros.

Pode-se compreender os eventos hidrológicos extremos na Amazônia de acordo com Silva et al., (2013: p.210-211), no qual pontuam que:

Nas últimas décadas, os eventos hidrológicos extremos, afetaram a bacia amazônica, causando danos sociais consideráveis às populações ribeirinhas, ocasionando dificuldade de transporte e navegação, escassez de alimentos e de água, e, proliferação de doenças epidêmicas, bem como danos ecológicos conduzidos inicialmente por anomalias climatológicas.

Os períodos de secas extremas estão vinculados aos episódios de anomalias climáticas ocorrentes sazonalmente, como no caso do El Niño, que ao esquentar as águas do Pacífico

tropical, provocam déficits de ocorrência de chuva na parte norte e central da bacia, que, ocasionam déficits hídricos nos tributários na porção norte da bacia (SILVA et al., 2013).

A partir do fenômeno do El Niño, é possível observar uma padronização desses eventos hidrológicos extremos ao longo das últimas décadas, com esse fenômeno tendo grande influência na ocorrência desses eventos. Segundo Silva et al. (2013: p.211):

Cenários similar foi observado na bacia amazônica, em 2010 (Tomassela; Marengo, 2011), quando o fenômeno El Niño, somado ao aquecimento do Atlântico tropical norte, influenciou desfavoravelmente as cheias e recargas dos tributários da porção norte da bacia durante o período chuvoso, dezembro de 2009 a março de 2010.

A influência do fenômeno do El Niño é evidenciada pelo fato de o fenômeno dificultar a precipitação ao longo da bacia, principalmente na cabeceira dos rios, assim, não abastecendo a água aos corpos d'água, fazendo com que a presença de água nos rios seja relativamente baixa. Tal fato impacta especificamente o ciclo hidrológico da bacia, devido à escassez de água, seca de lagos e diminuição da superfície de água.

O ciclo hidrológico na bacia amazônica é importante para a manutenção da recarga líquida dos rios. Apesar de sua sazonalidade padrão, em períodos normais as recargas líquidas se mantêm dentro do esperado para o ano, contudo, em períodos de eventos extremos, essa sazonalidade do ciclo hidrológico difere os impactos costumeiros de cheia e seca.

Como abordado anteriormente, essa sazonalidade do ciclo hidrológico é vinculada ao regime de precipitação na bacia, que é importante para o fornecimento de recursos hídricos para a bacia e determinam os níveis dos rios de acordo com esse regime. Compreende-se a importância desse regime a partir de Silva et al., (2013: p.211):

Uma marcada sazonalidade do ciclo hidrológico é evidenciada na bacia amazônica, em virtude do regime de precipitações, com forte atividade convectiva, que se apresenta em oposição entre o norte e o sul da bacia, com meses chuvosos no inverno e no verão austral, respectivamente.

Esse regime de precipitação é importante para se manter o limiar dos níveis dos rios, contudo, quando se tem precipitações elevadas, o cenário muda completamente, divergindo completamente do cenário da seca, causando inundações, mas não de maneira homogênea ao longo da bacia. É possível compreender essa situação a partir de Silva et al., (2013: p.211-212):

Os grandes tributários do sistema Ucayali-Solimões-Amazonas atingem o seu nível máximo em diferentes épocas do ano, provocando certo equilíbrio do nível do rio com

cheias ocorrendo nos períodos de abril a julho. Entretanto, em 2009, as regiões centrais e norte da bacia experimentaram uma grande inundação, registrando em Manaus a maior cheia dos últimos 107 anos, cujo valor atingiu 29,77 m, enquanto a porção sul da bacia amazônica e norte da bacia do rio da Prata sofreram uma seca severa.

Vale salientar que, após a publicação de Silva et al., (2013), ocorreram outros eventos hidrológicos de cheia e seca extremas na bacia amazônica, tão impactantes quanto os outros, como a grande cheia de 2021 (30,02 m) e a seca extremas de 2024 (12,13 m) registradas no Rio Negro no Porto de Manaus recentemente, porém, com a mesma padronização dos eventos anteriores, como citados por Silva et al., (2013) em um dos capítulos da obra “Secas na Amazônia: causas e consequências”.

Tanto a cheia como a seca têm seus impactos a depender do grau de extremidade na qual ocorrem, contudo os eventos hidrológicos extremos, principalmente, de seca são os que mais impactam as comunidades e a região na totalidade. Quanto a seca extrema, a citar a de 2023, Marinho et al. (2025) afirmam que esse evento extremo trouxe consequências graves para as populações locais, que ficam isoladas, sem acesso a recursos hídricos e com limitações significativas para suas atividades produtivas, como a agricultura, a pecuária e a pesca, que dependem diretamente da disponibilidade de água.

Os períodos de cheias extremas impactam diretamente as cidades mais próximas das margens dos rios, onde uma das principais ocorrências é o alagamento de residências e edificações, fazendo com seja necessário soerguer assoalhos e construir pontes para a circulação das pessoas. O impacto das cheias ocorre também nos plantios de agricultura familiar e na criação de bovinos e outros animais, considerando que por conta do alto nível das cotas dos rios, essas áreas tendem a ficar submersas sendo necessário procurar medidas e estratégias como alternativas de não serem impactadas nesse período, como o remanejamento da criação bovina para a terra firme e a criação de canteiro de plantação elevados.

3. MATERIAL E MÉTODO

Esta pesquisa utilizou abordagem metodológica relacionada à pesquisa de campo, revisão bibliográfica, processamento de dados de sensoriamento remoto e uso de ferramentas de geoprocessamento para confecção de mapas. O método seguido na pesquisa foi hipotético-dedutivo. Segundo Sposito (2004: p.29-30) o método hipotético-dedutivo:

É aquele que através do qual se constrói uma teoria que formula hipóteses a partir das quais os resultados podem ser deduzidos, e com base nas quais se podem fazer previsões, que por sua vez, podem ser confirmadas ou refutadas.

Metodologicamente, o estudo integrou mapeamento da superfície de água e da geomorfologia, análise da conectividade fluvial durante a seca extrema de 2024, avaliação dos impactos de eventos extremos nas comunidades ribeirinhas e uso de dados de CSS, precipitação, vazão e cotas do rio Solimões.

3.1 Mapeamento da superfície de água

O fluxograma da Figura 3 apresenta a abordagem empregada para o mapeamento da superfície de água com imagens de satélites em cenários de cheia e seca extremas, abarcando dados temporais, que se referem ao primeiro objetivo específico da pesquisa.

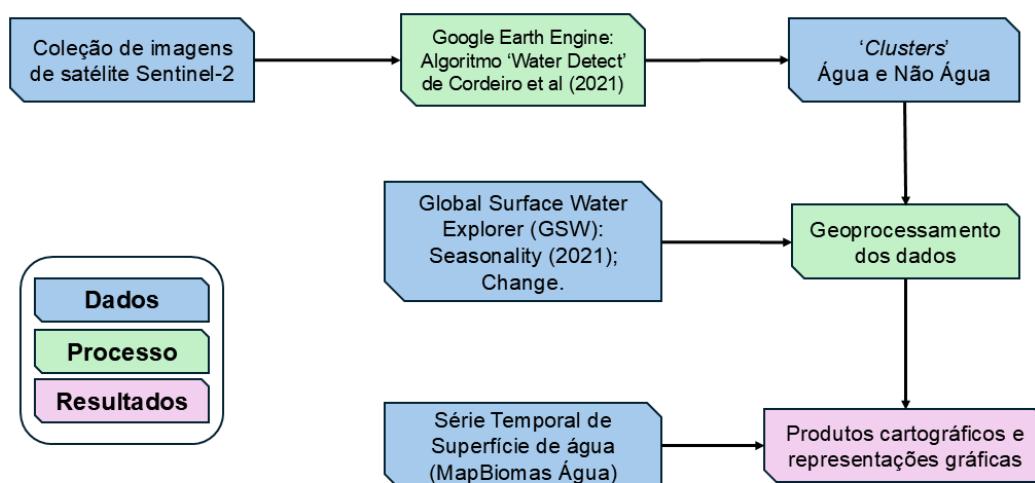


Figura 3. Procedimentos de mapeamento da superfície coberta por água.

Os dados da superfície coberta por água na região da Ilha do Careiro foram obtidos com a utilização do *script* “Automatic Water Detect” adaptado por Cordeiro et al. (2021), sendo executado na plataforma de processamento em nuvem Google Earth Engine (GEE). O *script* utiliza as coleções de imagens do satélite Sentinel-2 MSI da Copernicus (ESA), em que, a nomenclatura da coleção utilizada refere-se ao produto S2_SR_HARMONIZED.

Para obtenção dos dados necessários para a análise, o *script* Automatic Water Detect utiliza os parâmetros de NDWI (Normalized Difference Water Index), MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) e Mir2 (Infravermelho Médio), combinados para a extração dos dados das imagens de satélite na região do infravermelho de ondas curtas. Assim, realizando a classificação dos ‘clusters’ que determinam os valores nos *pixels* correspondentes a áreas cobertas por água no valor 1 e o valor 0 para as áreas consideradas sem presença de água. Como resultado, a exportação de camadas rasters para representação dos dados de superfície de água.

A utilização das bandas espectrais localizadas na região do infravermelho de ondas curtas (SWIR) é considerada ideal para a delimitação de corpos d’água e áreas alagadas devido dos baixos valores de reflectância da água que diferem dos demais alvos, como o solo e a vegetação, por possuírem um maior nível de reflectância nos comprimentos de ondas do infravermelho (ZANI et al., 2010).

Posteriormente à realização do processamento e de downloads das camadas rasters na plataforma do GEE, foram realizados os procedimentos de pós-processamento das camadas no QGIS com o recorte para a área de estudo e cálculos da área de cobertura de água durante os períodos delimitados por meio da ferramenta “r.report” no software QGIS.

Foram utilizados dados registrados no 54º Boletim Hidrológico da Bacia do Amazonas levantados pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB) para a Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA), que apresenta dados de cotas fluviométricas (mínimas e máximas) dos rios da Bacia do Rio Amazonas. Analisaram-se dados de séries temporais, dos anos de 1985 a 2024, de superfície de água para o município de Careiro da Várzea oriundos da web plataforma MapBiomas Água.

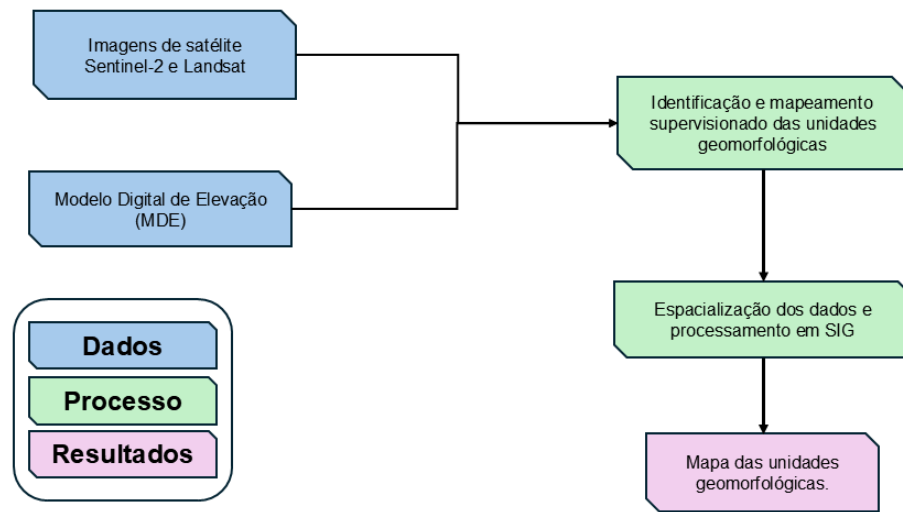
Foram extraídos dados de superfície de água permanente para a região do Careiro da Várzea, para representação da permanência dos corpos d’água na área de estudo, por meio da plataforma de web-mapping “Global Surface Water Explorer” do Programa Copernicus da Agência Espacial Europeia (ESA).

3.2 Mapeamento Geomorfológico

O mapeamento das unidades geomorfológicas foi realizado conforme o fluxograma da Figura 4, para alcançar o segundo objetivo específico. No mapeamento das unidades geomorfológicas na Ilha do Careiro foram utilizadas imagens de satélites com resoluções espaciais variando entre 10 e 30 metros, por meio da interpretação visual das geoformas em plataforma e perfis transversais de dados topográficos.

Foram utilizadas imagens dos satélites Sentinel-2 MSI e PlanetScope, para a identificação das unidades e para análises espaço-temporais das mudanças que ocorreram na

ilha do Careiro, como também a identificação de geoformas fluviais (bancos de areia, canais, paleocanais etc.).



Fluxograma de mapeamento geomorfológico

Figura 4. Procedimentos para realização do mapeamento geomorfológico.

Foram delimitadas 7 unidades geomorfológicas principais a serem mapeadas para a região do Careiro, sendo elas: lago, ilha, furo, paraná, barra de areia, planície de inundação e dique (Tabela 1).

Inicialmente, foram identificados os corpos d'água através do algoritmo 'Water Detect' (CORDEIRO; MARTINEZ; PEÑA-LUQUE, 2021). Posteriormente, foram utilizadas imagens de maior resolução espacial para a identificação visual das unidades geomorfológicas. Também foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) do programa COPENICUS, que oferece resolução espacial de 30 m, para análise de perfis transversais. O mapeamento foi elaborado no sistema de informações geográficas QGIS.

Tabela 1. Unidades geomorfológicas mapeadas:

Nome da Unidade	Imagem Representativa	Descrição
Lago		Corpos d'água isolados, rodeados por terra, com ou sem conexão com outros corpos d'água, alimentados pela água de chuvas, superficiais e/ou subterrânea.
Ilha		As ilhas fluviais correspondem as áreas de terra cercadas por água de um rio. Essas ilhas são formadas a partir dos processos de mudança do curso do rio ou pela deposição de sedimentos (comum na Amazônia).
Furo		São canais naturais ou artificiais que conectam um corpo d'água a outro. São utilizados como atalho encurtar viagens de embarcações, para acessar áreas mais distantes, ou como transportador de sedimentos para áreas de cultivos. (Exemplo da figura, furos artificiais para acréscimo de terra).
Paraná		Paranás são corpos d'água de pequeno porte, com pequena distância entre suas margens. São popularmente conhecidos como “braços de rios” por estarem conectados a um rio.

Nome da Unidade	Imagem Representativa	Descrição
Planície de Inundação		Formas deposicionais ativas, situadas às margens dos cursos d'água e geradas pela sedimentação. Observar na figura a planície de inundação, sendo a área de terra em volta do curso d'água. (Imagem do período de vazante).
Dique Marginal		Margem mais altas que represam o escoamento do corpo d'água. No período de cheia pode ocorrer o alagamento dos diques e o rompimento dos diques dando origem aos canais de rompimento de dique, como identificados por Cruz (2007), dando origem aos furos.
Barras Arenosas		Acúmulos de sedimentos com diferentes granulometrias em decorrência da dinâmica da água em ambientes fluviais. Funcionam como barreiras naturais, criando bancos de areia e praias.

3.3 Análise da conectividade fluvial

A Figura 5 apresenta o fluxograma da análise de conectividade fluvial, onde foram utilizadas imagens do Sentinel-2 e PlanetScope nos períodos de cheia e vazante do rio, abrangendo uma temporalidade de 10 anos para mapear pontos de conectividade e desconexão fluvial na área de estudo. Foram utilizados dados de altimetria em conjunto com imagens de satélites e observação em campo para o mapeamento pontual da conectividade fluvial para a área de estudo.

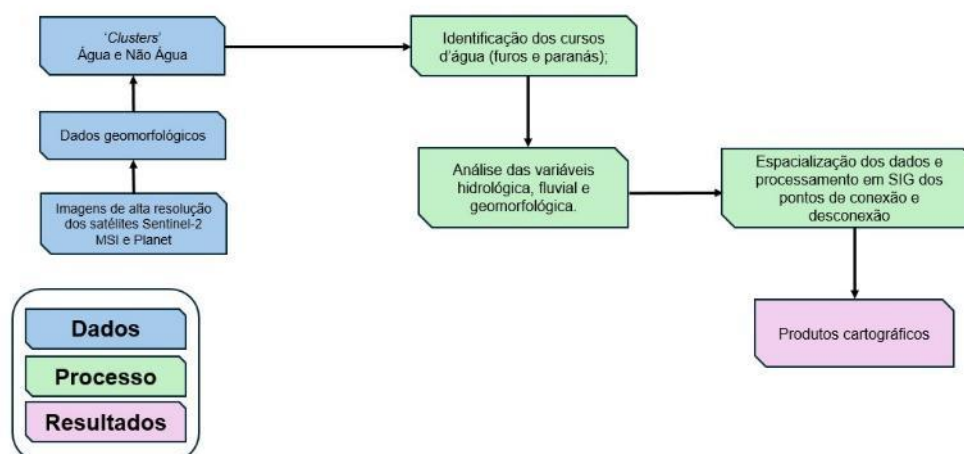


Figura 5. Procedimentos para realização da análise de conectividade fluvial.

Há de se considerar que na área de estudo a variável hidrológica possui regime temporal transiente, enquanto a geomorfológica e sedimentológica correspondem ao regime temporal permanente. A questão da conectividade trabalhada na pesquisa está ligada a permanência dessas conexões entre lagos por meio de canais interligados ao sistema Solimões-Amazonas.

Os pontos de conectividade e desconectividade fluvial foram mapeados por interpretação visual das imagens de satélites. Após a identificação dos pontos de conexão e desconexão fluvial foi avaliado a intensidade de ocorrência destes pontos na área de estudo.

3.4 Avaliação dos impactos sobre a população ribeirinha

Com base no mapeamento das superfícies de água durante os eventos de cheia e seca severa, serão avaliados os impactos destes eventos nas populações ribeirinhas (Figura 6). Nesta etapa foi utilizado dados georreferenciados de edificações na Ilha do Careiro disponíveis do Censo de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponibilizados através do cadastro nacional de endereços para fins estatísticos.

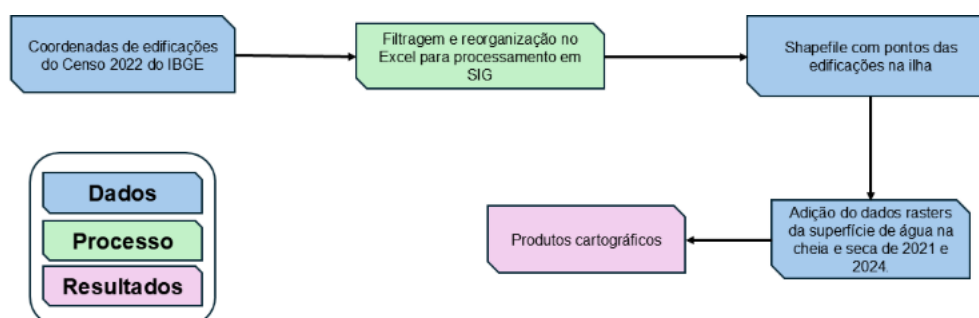


Figura 6. Procedimentos de avaliação de impactos para a população da ilha.

A pesquisa de campo realizada nos meses de fevereiro e outubro de 2025 em comunidades ribeirinhas e na sede municipal, onde foram observados aspectos como contexto local e relatos de moradores referentes aos impactos da cheia e da vazante a partir de suas percepções. A pesquisa de campo seguiu metodologia qualitativa-descritiva, visando uma

mensuração e qualidade das informações a serem obtidas em trabalho de campo, buscando evidenciar os conhecimentos empíricos dos moradores.

3.5 Dados sedimentológicos, pluviométricos e hidrológicos

A estimativa da concentração de sedimentos em suspensão (CSS) foi realizada com base em dados do sensor MODIS disponíveis no Google Earth Engine, abrangendo o período de 2005 a 2024. Para cada ponto, utilizaram-se os valores medianos mensais dos pixels da banda do vermelho do produto MOD09A1. Esta análise está ligada aos resultados referentes ao segundo objetivo específico, visando analisar a conectividade do transporte de sedimento suspenso entre o rio Solimões e os lagos no interior da ilha.

As estimativas de CSS foram efetuadas para o rio Solimões a montante da Ilha do Careiro e nos lagos do interior da ilha: Lago do Arroz, Estevão, Joanico, Marimba e o lago do Rei. Os resultados foram organizados em planilhas contendo a mediana mensal da banda do vermelho. Em seguida, aplicou-se a equação destinada à estimativa da concentração de sedimentos em suspensão (CSS), expressa em mg/L:

$$CSS = 27,05 \times \exp(7,83 \times Red)$$

Em que:

CSS = concentração de sedimentos em suspensão;

Red = valor mediano da reflectância da banda do vermelho do sensor MODIS;

exp = função exponencial de base *e*.

Nessa equação, *Red* corresponde ao valor mediano da banda do vermelho do sensor MODIS para cada hidrossistema analisado, conforme metodologia proposta por Park e Latrubesse (2014).

Foram utilizados os dados do Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with station data (CHIRPS) para estimativa da precipitação média mensal. Delimitou-se uma temporalidade de 20 anos, entre 2005 e 2025, para verificar a variabilidade de precipitação para a região. Os dados de precipitação foram utilizados para análise da variabilidade do regime de precipitações.

Os dados de vazão do rio Solimões foram adquiridos no portal de dados hidrológicos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Hidroweb ANA) que disponibiliza informações essenciais de nível dos rios, vazão, chuva, qualidade de água e sedimentos, coletados pela Rede Hidrometeorológica Nacional. A estação analisada foi a 14100000 – Manacapuru para os dados de vazão do rio Solimões, situada a montante da área de estudo.

Para a análise de variabilidade de cotas do rio Negro, foram extraídos os registros do Porto de Manaus, que reflete o mesmo nível do rio Amazonas na região da área de estudo. Os

dados foram extraídos e tabulados entre os anos de 2005 e 2025, utilizou-se das médias dos anos de referência.

4. ÁREA DE ESTUDO

A Ilha do Careiro localiza-se no município de Careiro da Várzea, no Estado do Amazonas, no rio Amazonas (Figura 7). Saindo do Porto de Manaus, a ilha encontra-se a aproximadamente 20 km de distância de Manaus, capital do Amazonas. A população do município de Careiro da Várzea, segundo o Censo de 2022 do IBGE, é de 19.637 pessoas, com uma densidade demográfica de 7,47 hab./km².

A população do município é composta em sua maioria por pessoas do sexo masculino, com 10.293 homens, enquanto as mulheres são 9.344, com maior faixa etária entre 5 e 54 anos (Figura 8). A sede municipal situa-se na ilha do Careiro, as margens do Paraná do Careiro. A população urbana corresponde a 2.960 pessoas e a população rural é cerca de 16.677.

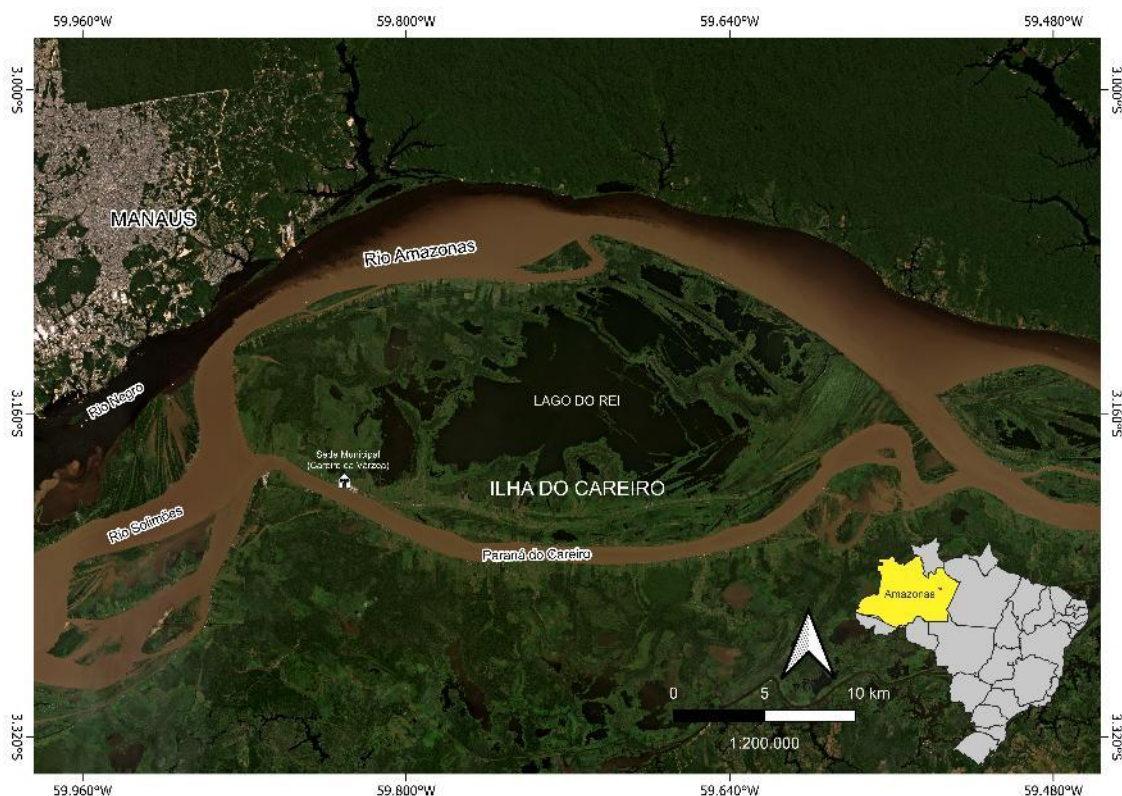


Figura 7. Mapa de Localização da Ilha do Careiro.

A Ilha do Careiro situa-se na planície de inundação amazônica (Figura 9) que é sensível à sazonalidade dos rios pelo pulso de inundação (JUNK et al., 1989). A Ilha do Careiro possui duas unidades geomorfológicas distintas, a “Planície de bancos e meandros atuais” e pelo “Depósito de inundação”. Sendo a planície de bancos de meandros atuais caracterizada pela faixa arenosa de sedimentos arenosos depositada pelo rio por meio da migração lateral. Já os depósitos de inundação compreendem áreas planas com pequenos canais e lagos de diversos tamanhos normalmente colmatados (IRIONDO, 1982).

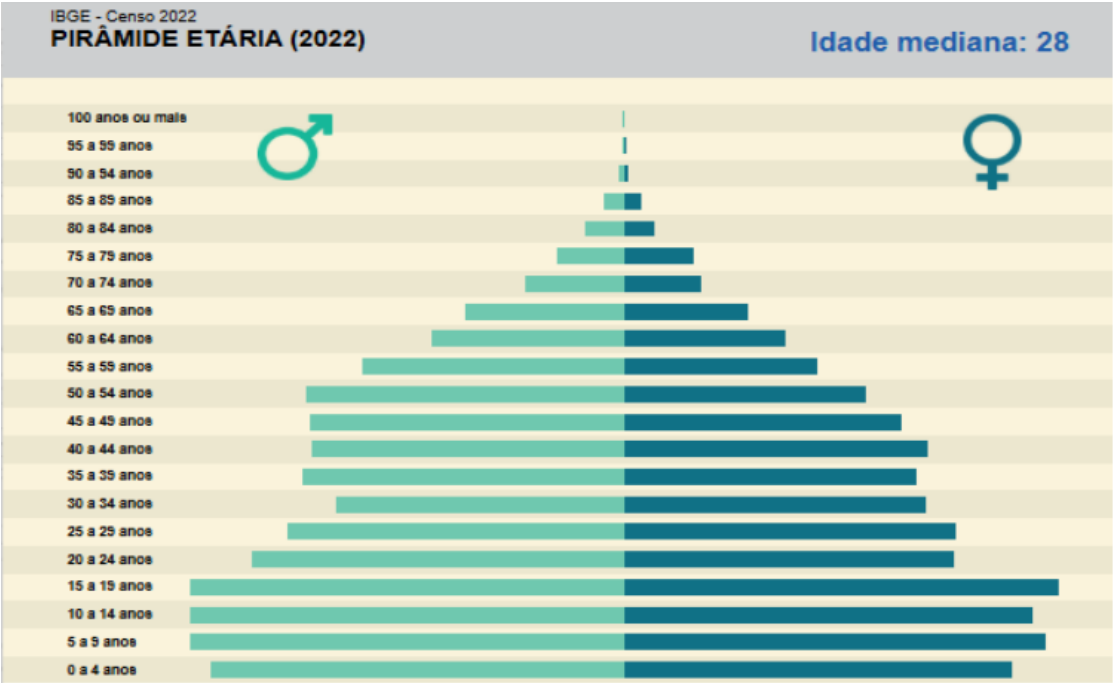


Figura 8. Pirâmide etária da população do município de Careiro da Várzea.

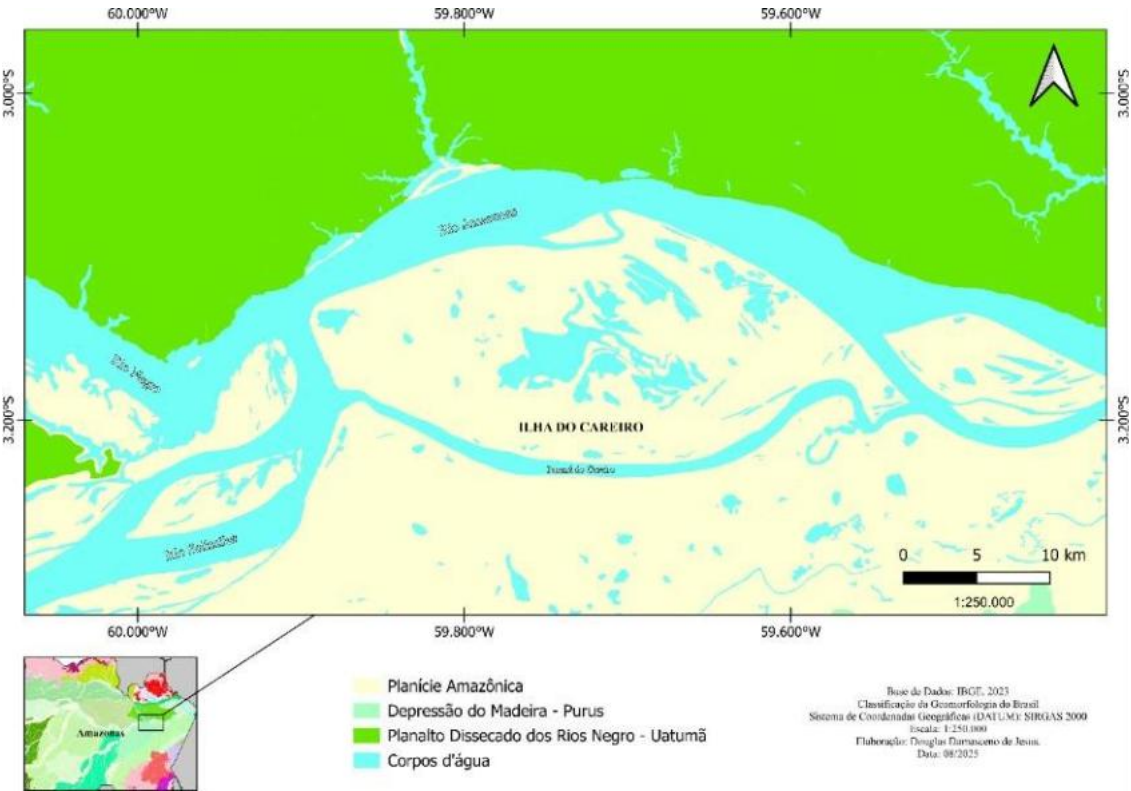


Figura 9. Geomorfologia da Região do Careiro da Várzea.

A área de estudo é caracterizada pela alta ocorrência de desmoronamento de grandes faixas de terra na margem da ilha, regionalmente conhecidos como “terras caídas” (Bandeira et al., 2018). Esses desmoronamentos ocorrem principalmente a montante da ilha, em contato com o rio Solimões e sua alta descarga líquida e saturação do solo por água durante a cheia.

Já o processo de deposição de sedimentos dá origem às chamadas “terras novas” que são oriundas do material sedimentar pelo rio, que forma grandes depósitos arenosos. Essas novas terras são oriundas da dinâmica de erosão e deposição, em que, quando os sedimentos são agregados a um banco de areia, ocupado por vegetação da várzea, acabam consolidando novas áreas de terra.

A cobertura vegetal da Ilha do Careiro apresenta dois padrões distintos, onde, nas áreas não antropizadas da ilha, predomina-se uma mata arbórea-arbustiva fechada com árvores de grande porte e campos gramíneos. As zonas alagáveis caracterizam-se por extensos aningais (*Montrichardia arborescens*) e chavascais, sendo o aningal uma área coberta por aninga, uma planta aquática característica em áreas alagadas da Amazônia, enquanto o chavascal são ambientes úmidos, cobertos por uma vegetação mais densa (CRUZ, 2007).

5. RESULTADOS

A apresentação dos resultados obtidos pela pesquisa está dividida nos seguintes tópicos:

- i) A variabilidade da superfície coberta por água na Ilha do Careiro em períodos de eventos extremos recentes;
- ii) Caracterização hidrogeomorfológica e de conectividade fluvial na Ilha do Careiro;
- iii) As comunidades ribeirinhas e a dinâmica fluvial na Ilha do Careiro. São apresentados os resultados de trabalhos de campo, dados de imagens de satélite, levantamentos bibliográficos e dados secundários acerca da área de estudo, em conjunto da discussão destes resultados apresentados.

5.1 A variabilidade da superfície d'água e os eventos extremos recentes

Os períodos de eventos extremos impactam significativamente a superfície de água na bacia amazônica, ocasionando a diminuição da lâmina d'água em vários corpos d'água na região. Com a ocorrência de períodos de eventos hidrológicos extremos, a dinâmica das águas tende a alterar-se de tal forma que ocasiona inúmeros impactos à população, à economia e ao meio ambiente.

Os anos de 2021 e 2024 foram marcados por eventos de significativo impacto para os recursos hídricos na Amazônia e para a população em geral. Em 2021, registrou-se o maior nível das águas do rio Negro na régua fluviométrica do Porto de Manaus (30,02 m), causando impactos sociais e econômicos em diversas cidades, inclusive na região central de Manaus.

Em 2024, os impactos da seca foram sem precedentes, onde o rio Negro atingiu, em Manaus, a cota histórica de 12,13 metros, o nível mais baixo em 120 anos de medições no porto de Manaus. A exposição de bancos de areia, de áreas com rochas e o encalhamento de embarcações se tornaram recorrentes neste ano. Soma-se a isso, os impactos sociais referentes ao isolamento de comunidades ribeirinhas, redução ao acesso de água potável, proliferação de doenças epidemiológicas (malária) e o encerramento do período letivo escolar antecipado para as escolas ribeirinhas devido à dificuldade de se chegar até as escolas.

Para fins de comparação entre os períodos, houve uma disparidade significativa das cotas fluviométricas, em que a diferença entre as cotas da seca e cheia extrema possui uma amplitude hidrológica de 17,89 m entre as cotas, uma mudança significativa de 59,6%. Esses dados demonstram a extrema variabilidade do sistema hidrológico nesses períodos, que em períodos normais de cheia e vazante a amplitude hidrológica das cotas não ultrapassa os 30% de diferença.

Ao analisar os dados de distribuição da superfície de água, observou-se que nos anos de 2021 e 2024, a superfície de água varia de maneira significativa na Ilha do Careiro, mostrando uma mudança expressiva da superfície de água ao longo da extensão da ilha (Figura 10).

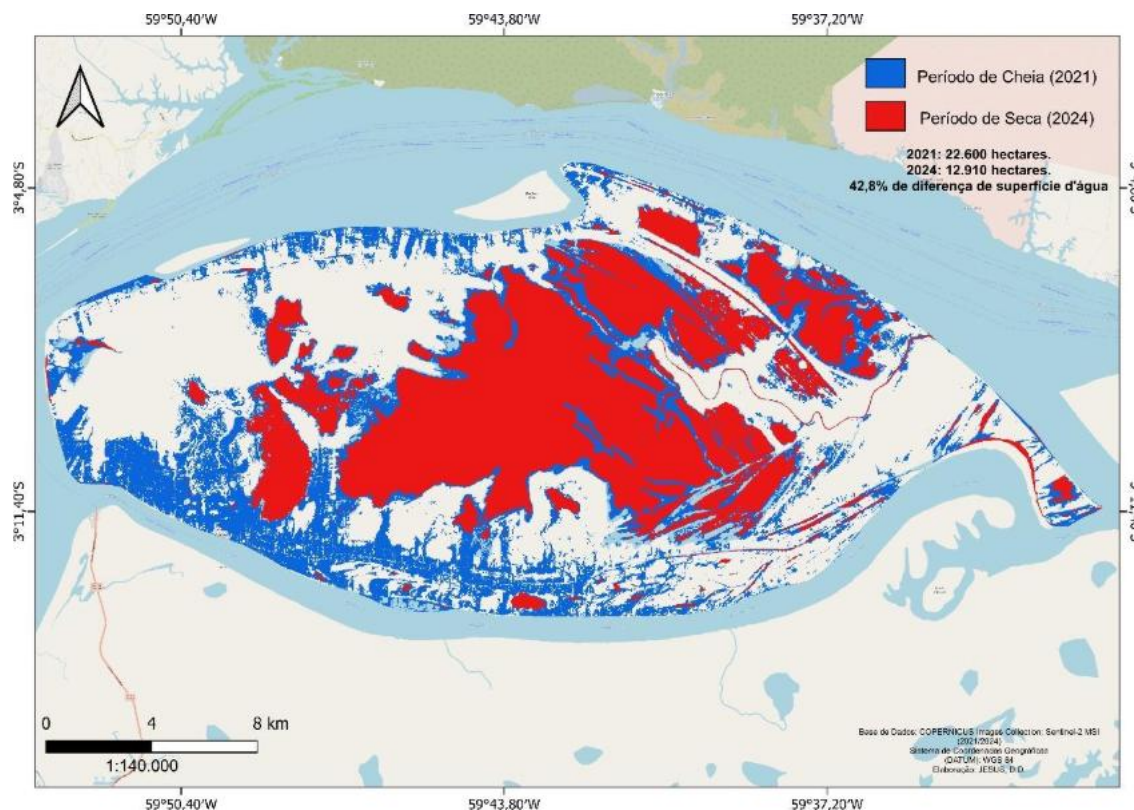


Figura 10. Superfície de água entre os anos de 2021 (azul) e 2024 (vermelho) na Ilha do Careiro.

As áreas azuis representam superfícies hídricas durante a cheia de 2021 (22.600 ha), enquanto as vermelhas indicam os corpos d'água remanescentes na seca de 2024 (12.910 ha). Nota-se uma diferença bem definida da superfície ocupada por água, em termos quantitativos, diferença essa de 42,8% entre os períodos.

No ano de 2024, o conjunto de lagos da ilha encontrava-se bem mais definido, porém, mais isolados dado o baixo nível de água na área. Já em 2021, observa-se que, devido à cheia excepcional, a superfície coberta por água mapeada foi maior, cobrindo áreas que antes não estavam hidrologicamente conectadas pela cheia normal do rio.

Durante a cheia excepcional de 2021, o processo de conectividade da água entre os lagos e outros cursos d'água é mais evidente, dado os altos níveis de cota registrados, em específico, durante esse período. Com a distribuição de água bem maior ao longo da superfície da ilha, o alagamento de várias áreas na ilha torna-se iminente.

Isso pode ser observado isoladamente na Figura 11, em que a superfície de água é maior durante o pico de cheia. Já no pico de vazante, alguns lagos chegam a secar e a superfície de água sofre uma diminuição significativa.

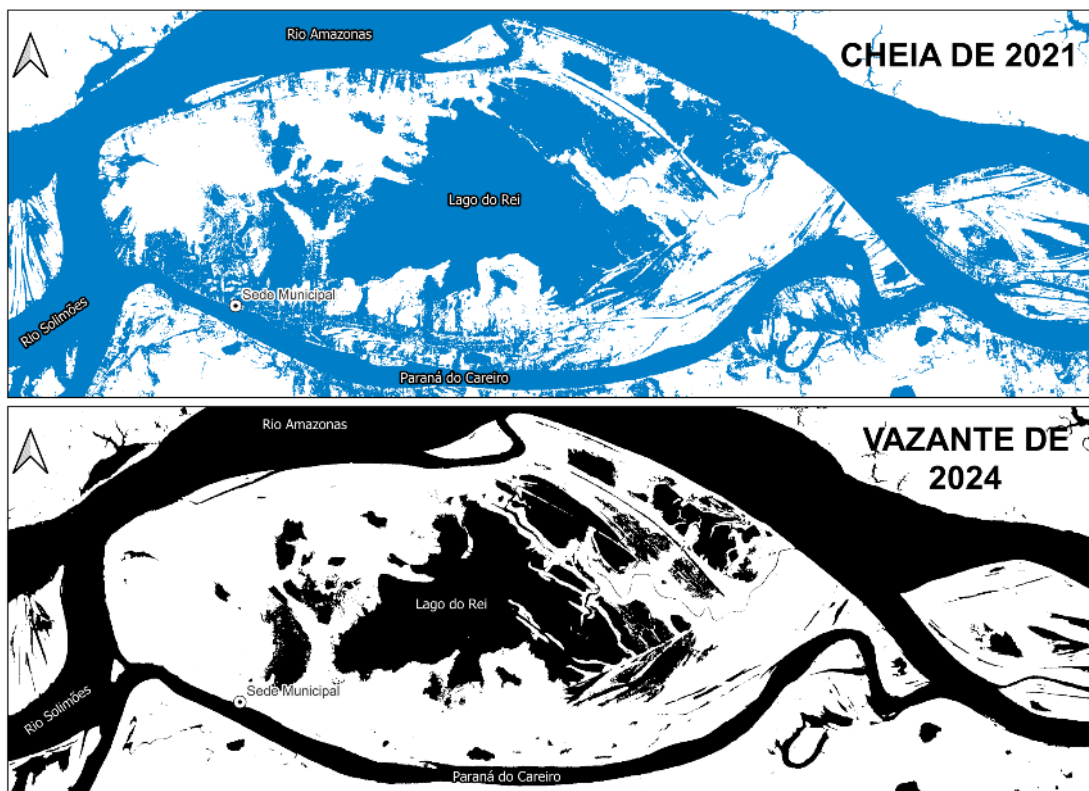


Figura 11. Superfície coberta por água durante os eventos extremos recentes.

A Ilha do Careiro experimenta alagamentos sazonais regulares durante as cheias dos rios Solimões-Amazonas, restringindo-se à orla urbana em anos hidrológicos normais. Contudo, a cheia excepcional de 2021 atingiu cotas inéditas, expandindo a zona de inundação para áreas não impactadas pelas cheias anteriores (Figura 12).



Figura 12. Vista aérea da cidade de Careiro da Várzea durante a cheia excepcional de 2021. **Fonte:** Bruno Kelly/Reuters – Notícias UOL.

Ao espacializar os dados de residências e edificações na ilha, foi observado de forma mais clara a variabilidade da superfície d'água durante aquele período (Figura 13). Constatou-se que a população se concentra nas margens esquerda e direita da ilha, onde, sua margem direita é banhada pelo canal principal do rio Amazonas e a margem esquerda integra o Paraná do Careiro.

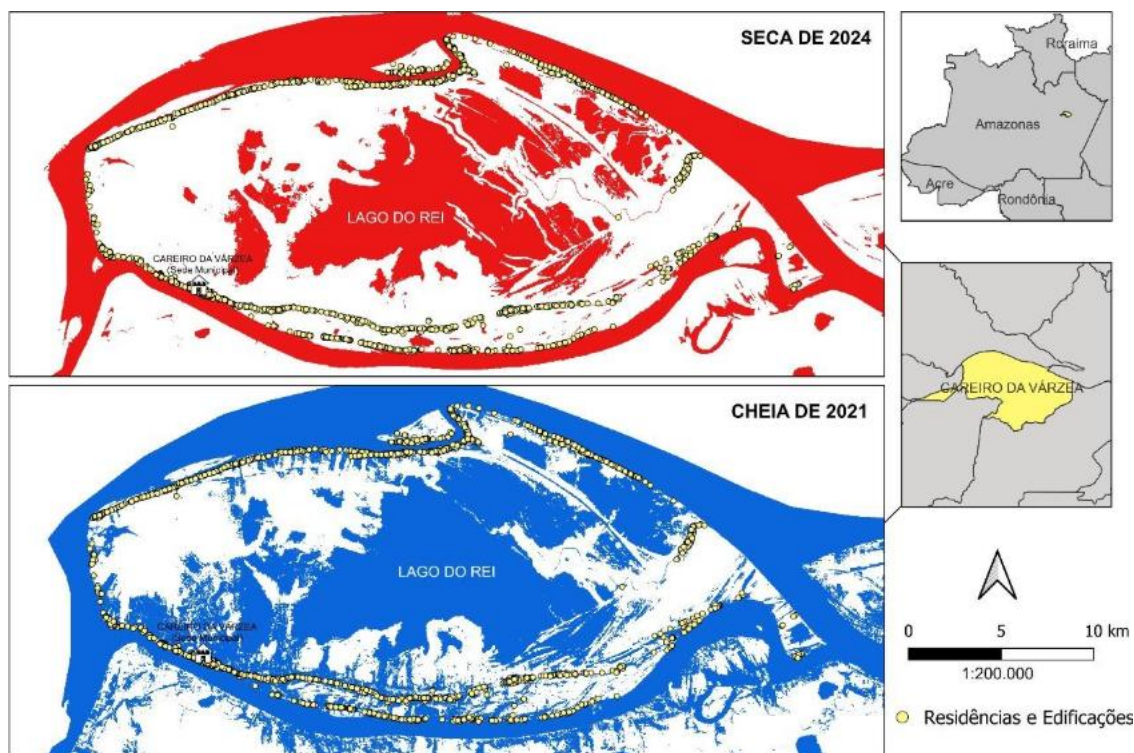


Figura 13. Residências e estabelecimentos na Ilha do Careiro em 2021 e 2024.

Em 2021, o cenário mudou completamente, as residências localizadas as margens dos cursos d'água e nas áreas mais suscetíveis a inundação sofreram o impacto direto do nível elevado da água. Como mostrado na Figura 12, a sede municipal ficou alagada, necessitando de estratégias para contornar os impactos sofridos, principalmente na área urbana onde se tem uma concentração de residências e estabelecimentos.

Áreas de pastagem e plantio foram completamente alagadas, causando perda de plantações e necessidade de remanejamento do gado para a terra firme, buscando proteger os rebanhos. Contudo, a cheia permitiu que a conexão de lagos, igarapés e outros corpos d'água ocorresse rapidamente, possibilitando o acesso, por exemplo, ao lago central (lago do Rei) de diferentes pontos da ilha, antes sendo possível somente pelo furo do Rei.

Durante a seca extrema de 2024, observou-se que grande parte das edificações e da população foram impactadas de forma não tão grave por se localizarem as margens de canais principais, como o rio Amazonas e Paraná do Careiro, contudo, as residências/edificações mais distantes das margens tiveram uma disponibilidade bem menor de água trafegável para embarcações, o que resultou em problemas de locomoção para populações mais vulneráveis (crianças, idosos etc.).

A problematização em torno da seca extrema na ilha se dá ao fato de que as comunidades mais distantes das margens dos rios são impactadas com a distância para se chegar até a margem, para o uso de embarcações para diferentes atividades como a pesca e o transporte de pessoas para outras comunidades ou para a área urbana. Percursos, antes realizados em poucos minutos, apresentam duração durante a seca de horas dada ao baixo nível de água e surgimento de bancos de areia ao longo do percurso.

Já durante o período de águas altas, a conectividade fluvial na ilha do Careiro é mais intensa pela conexão dos lagos, igarapés e furos com as águas do rio Amazonas. Segundo Ward (1997) apud Zanandrea et al. (2020, p: 438) “a conectividade fluvial refere-se à transferência de energia pela paisagem fluvial”. Esse tipo de conectividade permite que ocorra um transporte da água e matéria para diferentes áreas, como no caso entre o furo do Rei e o lago do Rei no interior da ilha (Figura 14), possibilitando a entrada de sedimentos, nutrientes e a migração de peixes.



Figura 14. Vista do furo do Rei em direção ao lago do Rei (fevereiro/2025). **Foto:** Rogério Marinho.

O pulso de inundação (Junk et al., 1989) desempenha um importante papel para a compressão desse processo na planície de inundação amazônica. Tal ocorrência influencia no processo de conectividade fluvial pela subida e descida do rio que determina o transporte de cargas sedimentares, orgânicas e bioquímicas transportadas para determinadas áreas onde a inundação ocorre, assim, nutrindo o solo e alimentando cursos d’água.

Se tratando do período de vazante, várias comunidades ribeirinhas que passaram pelo processo de isolamento geográfico enfrentaram dificuldades devido ao baixo nível de água, que dificulta o transporte por embarcações pequenas e encalhamento de embarcações maiores. O surgimento de bancos de areia ao longo dos rios e afloramentos rochosos é recorrente na região

com a redução dos níveis dos grandes rios. O encalhamento de embarcações nos bancos de areia tornam-se comuns neste período.

A pesca é uma das principais atividades exercidas pela população das comunidades ribeirinhas, essa atividade garante sua sobrevivência e sua subsistência, além da manutenção do seu modo de vida e sua cultura (DA COSTA et al., 2023). A mortandade dos peixes implica na alimentação e na diminuição dos meios de renda das comunidades, que buscam alternativas de renda como a plantação de hortaliças para manter sua subsistência durante o período de vazante.

A Ilha do Careiro apresenta uma configuração de águas sazonais e permanentes que é bem característica das regiões de várzea na Amazônia, em que, passam um período com áreas alagadas e outro não, devido ao recuo da água na vazante. Na figura 15, é possível observar a distribuição espacial da variabilidade média anual (água sazonal e permanente) no entorno da Ilha do Careiro da Várzea.

Em uma comparação da figura 10 com a figura 15, nota-se que o lago central (Lago do Rei) pouco reduz a sua superfície de água ao longo de um ano hidrológico, no entanto, reduz sua conectividade com outros lagos no interior da ilha durante o período de redução da precipitação, ou de estiagem na Amazônia em conjunto com o período de vazante do rio Amazonas.

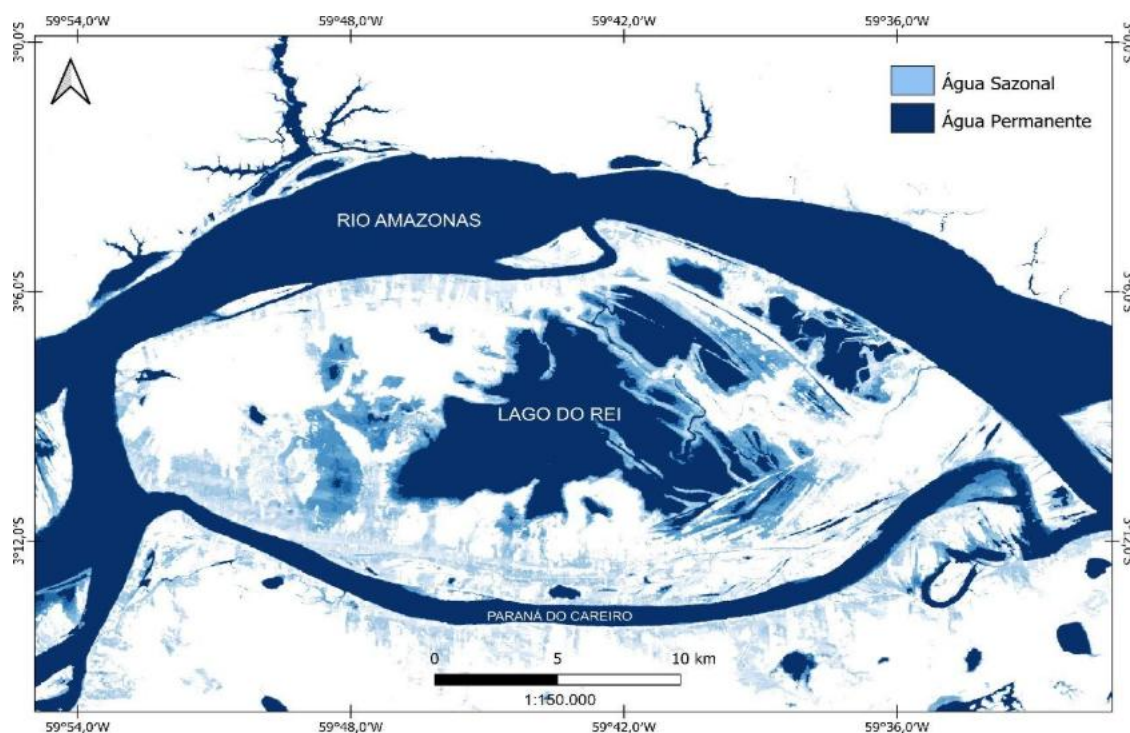


Figura 15. Água sazonal e permanente na região da Ilha do Careiro. **Fonte:** Global Surface Water Explorer.

Análise temporal da superfície de água

A superfície de água na região do município de Careiro da Várzea no ano de 2024 teve uma diferença expressiva em comparação aos dados de superfície de água média mensal com os anos anteriores, conforme apresentado na Figura 16, que destaca a magnitude do período de vazante e estiagem no ano de 2024. Observou-se que, entre os meses de março e abril houve um aumento na área da superfície d'água no município de Careiro da Várzea, com pico em torno de 70.000 hectares cobertos por água, no período de cheia do rio Amazonas. A partir do mês de junho, ocorre uma redução na média de hectares, já esperado na transição dos períodos de cheia para a vazante.

No mês de agosto, observa-se a redução da superfície d'água na região, que permanece até o mês de novembro. O período, entre os meses de agosto a novembro correspondem a vazante do rio Amazonas. No ano de 2024 a região passou por uma seca severa, com pouca predominância de chuvas. Foi registrado o mínimo da massa d'água com valores abaixo dos 30.000 hectares, uma diferença em torno de 57% entre os períodos de cheia e seca.

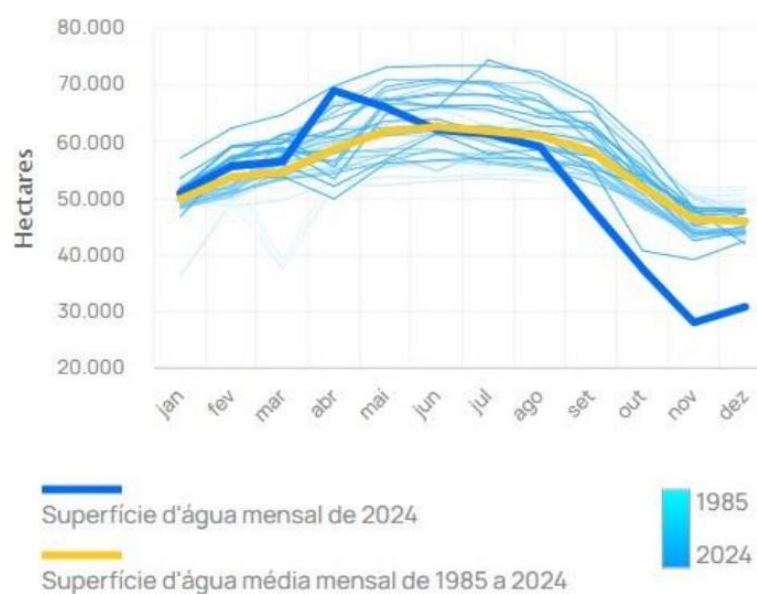


Figura 16. Série temporal mensal da superfície d'água no Careiro da Várzea entre 1985 e 2024. **Fonte:** MapBiomás Água (2025).

Na figura 17, podemos analisar a variabilidade anual da massa d'água entre os anos de 1985 e 2024. O município de Careiro da Várzea possui uma extensão média de superfície de água de 58.352 hectares. No ano de 2022, atingiu-se uma extensão máxima de superfície de água com cerca de 67.250 ha cobertos por água.

Nas últimas décadas, em decorrência desses eventos climáticos e hidrológicos extremos, os impactos são sentidos diretamente ao longo da bacia amazônica, causando danos sociais, principalmente, as comunidades ribeirinhas, que passam por dificuldades no transporte, escassez de água e de alimentos, como também a prevalência de doenças epidêmicas nesses períodos (Silva et al., 2013).

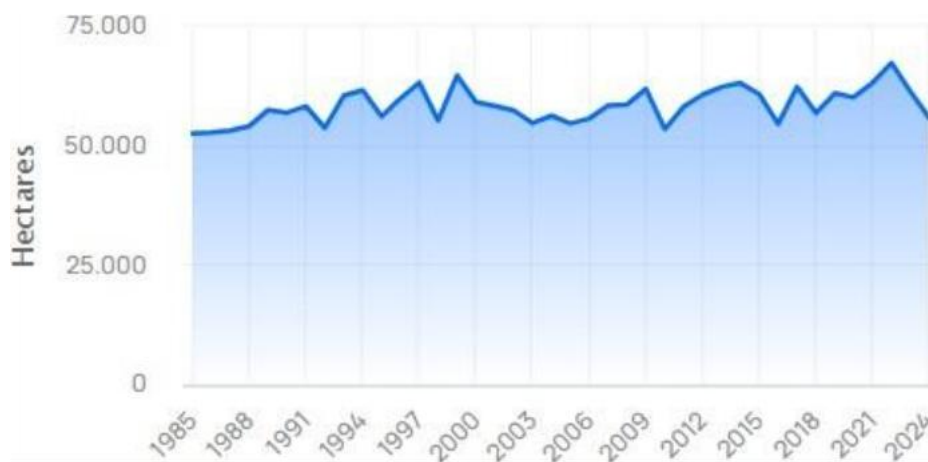


Figura 17. Série temporal da superfície de água no Careiro da Várzea entre 1985 e 2024. **Fonte:** MapBiomias Água (2025).

O monitoramento dos níveis dos rios é importante, pelo fato de que o cotidiano de grande parte da população amazônica depende dos rios para seus meios de sobrevivência e subsistência. A variação dos níveis de água dos rios é um componente hidrológico importante para avaliar os impactos dos eventos hidrológicos extremos, monitoramento pode ser feito a partir de redes de estações hidrométricas.

Dados de cotas registradas ao longo do ano de 2024 na região do Careiro da Várzea chamam a atenção pelo fato de os níveis mínimos de água ficarem bem abaixo da mediana e da faixa de permanência, como apresentado na figura 18.

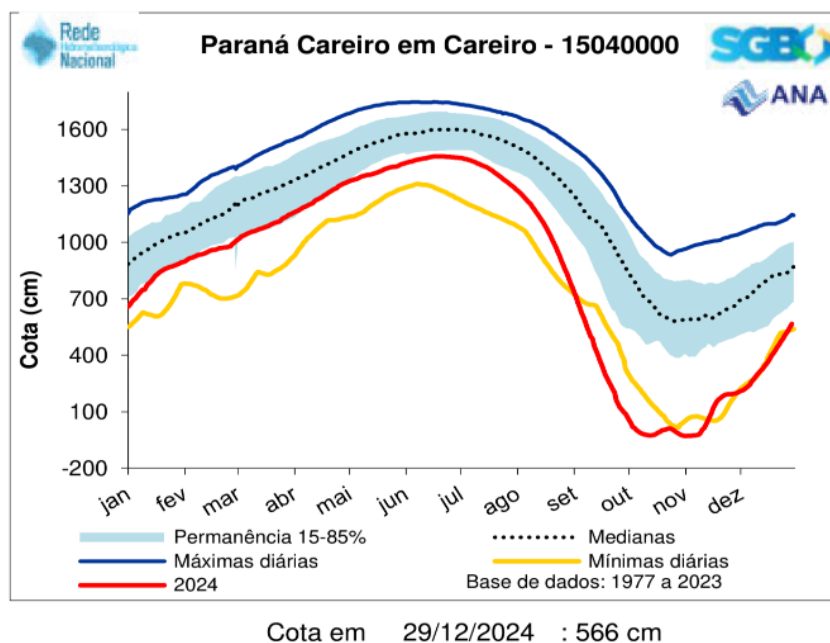


Figura 18. Cotas na estação do Paraná do Careiro em 2024. **Fonte:** SGB/ANA/RHN (2024).

É notável que em 2024 as mínimas diárias permaneceram em valores significativamente abaixo da média desde o início do ano, aonde a partir do mês de agosto houve uma descida acentuada dos níveis. Essa observação chama atenção pelo fato de que muitas embarcações, em

especial as de grande porte, não conseguem navegar com segurança nesses trechos com baixo nível de água. Algumas embarcações necessitam de 3 a 4 metros de profundidade para navegação segura nos cursos d'água.

A partir da observação de dados multitemporais, é possível constatar que os níveis do rio Amazonas vêm sofrendo variações significativas ao longo dos anos (Figura 19), na qual a ausência de precipitação na região da bacia impacta diretamente no abastecimento das nascentes dos rios adjacentes ao rio Amazonas que contribuem com sua abundância hidrográfica.

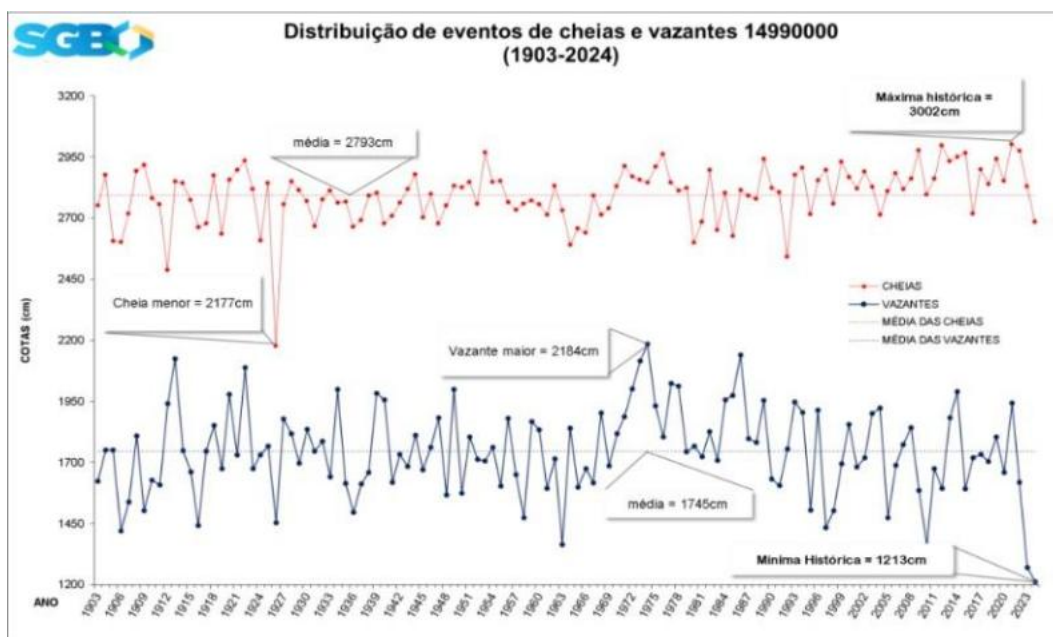


Figura 19. Ocorrência de eventos de cheia e vazante do rio Amazonas entre 1902 e 2024. **Fonte:** SGB/ANA/RHN (2024).

Em 2023, foi registrada a mínima histórica de 12,70 metros do rio Amazonas, que afetou diretamente a bacia, mas em 2024 esse número reduziu mais, chegando a 12,13 m. Na bacia amazônica, registros de eventos excepcionais não são recentes. De acordo com dados do SGB e dos registros da régua fluviométrica do Porto de Manaus, ao longo de mais de 120 anos de medições, ocorreram vários eventos excepcionais de cheia e vazante do rio Amazonas (Tabela 2 e Tabela 3). Os 10 maiores eventos ocorreram inicialmente com temporalidade bem delimitada pelos anos, porém, os mais recentes mostram ocorrências com intervalos cada vez menores, como as cheias de 2023 e 2024.

Tabela 2. Registros históricos de cotas mínimas do rio Negro. **Fonte:** SGB (2024).

Ordem	Ano	Cota Registrada (m)
1	2024	12,26
2	2023	12,70
3	2010	13,63
4	1963	13,64
5	1906	14,20
6	1997	14,34
7	1916	14,42
8	1926	14,54
9	1958	14,74
10	2005	14,75

Tabela 3. Registros históricos de cotas e máximas do rio Negro. **Fonte:** SGB (2024).

Ordem	Ano	Cota Registrada (m)
1	2021	30,02
2	2012	29,97
3	2009	29,77
4	2022	29,75
5	1953	29,69
6	2015	29,66
7	1976	29,61
8	2014	29,50
9	1989	29,42
10	2019	29,42

Eventos cheias e vazantes/secas do rio Amazonas são temas de grandes discussões devido aos seus impactos ambientais, sociais e econômicos. Evidentemente, o monitoramento do comportamento dos níveis dos corpos d'água torna-se cada vez mais necessário, como uma forma de mitigação desses possíveis impactos.

Com os avanços tecnológicos das últimas décadas, os sensores remotos tornam-se grandes aliados de pesquisadores e analistas pelo extenso volume de dados. Segundo Novo (2008), pela capacidade desses sensores de produzirem imagens com boa resolução temporal, espacial, espectral e radiométrica, permite-se que mapeamentos, medições e estudos de fenômenos sejam realizados com maior qualidade e maior rapidez.

Ao utilizar o sensoriamento remoto para análises temporais da paisagem, evidenciam-se claras mudanças da superfície de água na Ilha do Careiro. Na Figura 20, observou-se a superfície de água entre os anos de 2020 e 2021 nos diferentes períodos. No ano de 2020,

durante a cheia, a massa de água ocupou áreas já sujeitas a inundação e realizando conexão fluvial com o rio Amazonas por furos e áreas mais baixas do relevo.

Durante a vazante, observa-se isolamento de lagos, que mantêm um nível considerável de superfície coberta por água, com conexão fluvial significativa, principalmente na região do Furo do Rei que conecta o Lago do Rei com o Rio Amazonas. Contudo, no exterior da ilha, é observado o surgimento de barras arenosas e bancos de areia.



Figura 20. Imagens de satélite em picos de cheia e vazante em 2020 e 2021. **Fonte:** PlanetScope.

Em 2021, a paisagem mudou significativamente. No período de cheia foi observada uma inundação excepcional da ilha, onde áreas antes não inundadas foram quase completamente cobertas por água, impactando a sede municipal e as comunidades rurais. Durante a vazante os lagos estão bem delimitados, alguns secam e a vegetação arbustiva ocupam vastas áreas. A presença de barras arenosas e de bancos é evidenciada pelo baixo nível do rio, característico da região a partir do mês de setembro.

No ano de 2022 (Figura 21), nota-se reflexos da cheia excepcional do ano anterior, onde a área de estudo fica quase completamente inundada, com exceção de áreas mais altas do terraço fluvial, onde observou-se que a água não cobre a superfície mais elevadas. Durante o período de vazante, a cobertura d'água diminui consideravelmente, evidenciando bancos de

areia e barras arenosas, assim como, lagos bem delimitados e pouca conexão fluvial, como observado nos anos anteriores.



Figura 21. Imagens de satélite em picos de cheia e vazante em 2022 e 2023. **Fonte:** PlanetScope.

A cheia do ano de 2023 esteve dentro da normalidade de cotas, onde os lagos permanecem com seus níveis altos, fazendo conexão de água e sedimentos entre canais e lagos mais próximo do rio Amazonas. Apesar da cor água de ser escura, é possível identificar plumas de sedimentos em suspensão em vários lagos ao longo da ilha, indicando conexão com o rio Amazonas. Na imagem referente à seca de 2023 (Figura 21), observou-se a dimensão dos impactos causados pelo evento extremo, o surgimento de barras e bancos de areia pelo nível baixo do rio. Destaca-se que um número considerável de lagos secou e outros ficaram desconectados devido aos níveis baixos. Destaca-se que o Lago do Rei manteve em conexão com o Rio Amazonas pelo Furo do Rei.

O ano de 2024 foi marcado como mais um ano de ocorrência de evento extremo de seca, contudo, na cheia, período que antecede a seca, a superfície de água apresentou características de um período normal de cheia para a região (Figura 22). Com lagos ocupados por água, conectando entre si e com o canal principal. No período de seca de 2024 um número considerável de lagos secou, a área ocupada por água no Lago do Rei reduziu consideravelmente, e a presença de vastas áreas a vegetação gramínea nos lagos.

Os impactos observados concentram-se, sobretudo, na atividade pesqueira nos lagos, em razão da mortandade de peixes associada em alguns casos à redução do volume de água disponível

(DA COSTA et al., 2023), bem como no aumento da distância entre as comunidades e a margem. Além disso, o baixo nível da água dificultou a circulação de embarcações de grande porte, elevando o risco de encalhe.

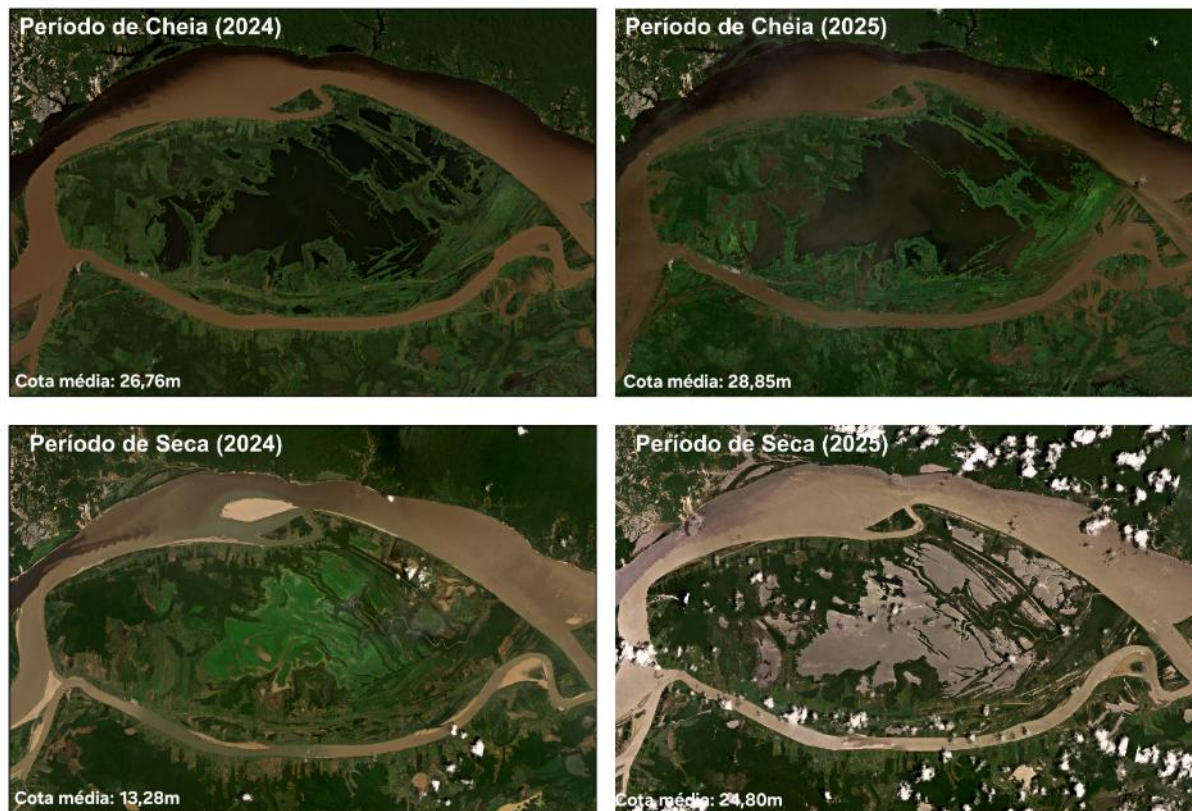


Figura 22. Imagens de satélite em picos de cheia e vazante em 2024 e 2025. **Fonte:** PlanetScope.

Em 2025, observou-se uma condição de relativa normalidade hidrológica em comparação aos anos anteriores. Durante o período de cheia, verificou-se a ocorrência de conectividade fluvial e de transporte de sedimentos provenientes dos rios Amazonas e Solimões. Nesse contexto, os lagos apresentaram níveis elevados e conexão direta com os demais corpos hídricos do interior da ilha. No período de seca, embora os impactos não tenham sido tão expressivos quanto os registrados nos anos anteriores, a situação exigiu atenção, sobretudo pela persistência de feições como barras arenosas e bancos de areia, especialmente no Paraná do Careiro.

5.2 Caracterização hidrogeomorfológica

Para realizar uma caracterização hidrogeomorfológica foi necessário realizar análises do complexo sistema morfodinâmico que compõe a área de estudo. Entre essas características estão os fatores climáticos (precipitação), a dinâmica hidrológica dos rios (nível e vazão), a concentração de sedimentos suspensos (CSS) e as geoformas no interior da área de estudo.

A precipitação pode ser considerada o “motor primário” da complexidade de características de um sistema hidrográfico, pois é determinante para os níveis dos rios que compõem a bacia hidrográfica. Na região da área de estudo, o período chuvoso ocorre entre os meses de dezembro a maio, e o período seco ocorre entre os meses de junho e novembro (Figura 23). Destaca-se a sazonalidade do regime de precipitações, em que grande parte da precipitação concentra nos primeiros seis meses do ano, acima de 200 mm mensal.

Ao longo do período analisado, junho de 2005 a junho de 2025, observa-se que alguns anos apresentam acumulados mensais acima de 400 mm, com destaque para março de 2008, fevereiro de 2011, março de 2014, dezembro de 2016 e 2017, janeiro e março de 2021 e março de 2025. Os períodos com os menores valores de precipitação foram setembro de 2006, 2009, 2015, agosto de 2023 e 2024.

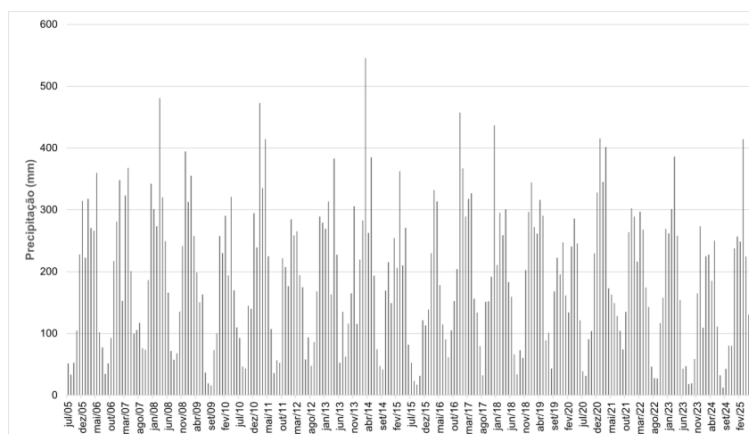


Figura 23. Precipitação mensal entre 2005 e 2025. **Fonte:** CHIRPS/NASA (2025).

A sazonalidade de precipitação para a região da área de estudo é bem determinada, em que essa sazonalidade influencia na variabilidade dos níveis de água dos rios ao longo do ano, em especial, no período de vazante dos rios, considerado o mais crítico.

A partir da análise da precipitação acumulada entre janeiro e dezembro, é perceptível a sazonalidade média mensal da precipitação (Figura 24). O mês de março marca normalmente os períodos de pico, a partir do mês de maio se inicia a redução com os menores valores de chuvas em agosto.

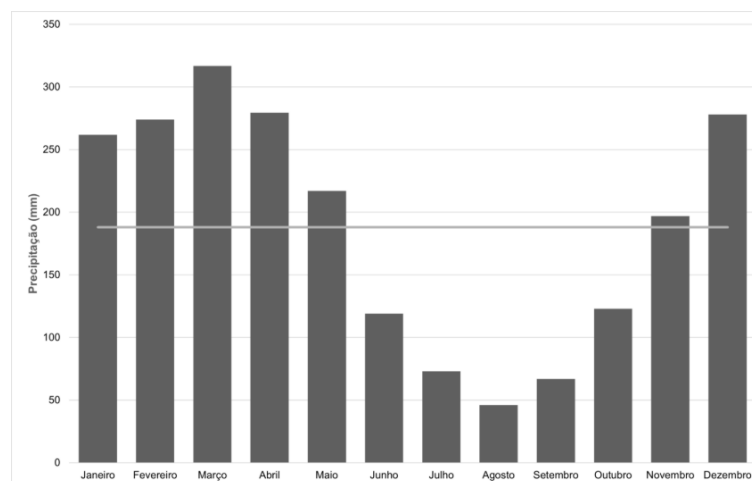


Figura 24. Precipitação Média Total Mensal. **Fonte:** CHIRPS/NASA (2025).

Este regime de precipitações em conjunto com o regime de vazão do Rio Solimões-Amazonas controla os níveis de águas dos lagos e canais da Ilha do Careiro, que por sua vez influencia o modo de vida da população.

A vazão do rio Solimões é a principal variável relacionada ao fluxo de energia e matéria disponível para realizar trabalho fluvial da área de estudo. Logo, este tipo de análise para a Ilha do Careiro é fundamental, principalmente no período de cheia, que interfere na distribuição de sedimentos ao longo de toda a extensão da ilha.

Na estação fluviométrica de Manacapuru (14100000) a vazão média anual do rio Solimões é superior a 100.000 m³/s. Ao analisar a variabilidade mensal total (Figura 25) entre 2005 e 2025, observou-se que a descarga líquida do Solimões atinge o seu pico máximo em junho, registrando valores acima dos 140.000 m³/s, três meses depois do pico de precipitação. Isso se dá pelo fato de que a nascente do rio Solimões está à uma distância considerável da área de estudo, que se encontra na foz deste rio. Por esse motivo, sem tem essa diferença entre os picos de vazão e precipitação;

Na área de estudo, entre fevereiro e junho são marcados pelos maiores valores de vazão do rio, e os menores valores observados em outubro e novembro.

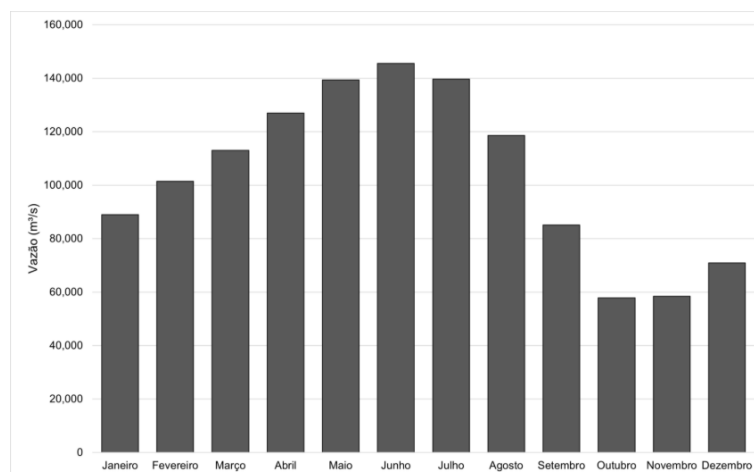


Figura 25. Variabilidade de Descarga Líquida Média Mensal do Rio Solimões. **Fonte:** HidroWeb/ANA (2025).

Entre 2005 e 2025, foram analisados os registros de cotas fluviométricas, com destaque para o comportamento médio mensal observado nesse intervalo (Figura 26). Nesse período, os anos de 2021 e 2024 sobressaem por terem sido marcados por eventos hidroclimáticos extremos, correspondentes, respectivamente, a uma cheia excepcional e a uma seca severa.

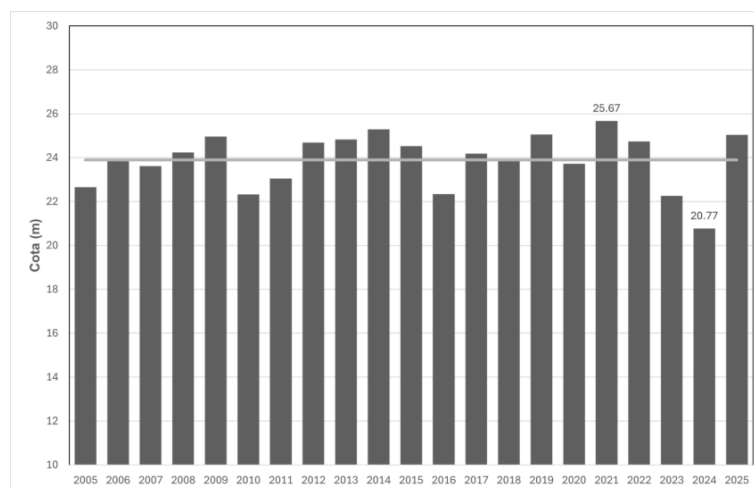


Figura 26. Cota média anual do Rio Negro entre 2005 e 2025. **Fonte:** Porto de Manaus/ANA (2025).

Na análise das cotas médias anuais do Rio Negro no período de 2005 a 2025, observou-se que os valores, em geral, situam-se entre 20 e 25 metros. Contudo, os anos de 2021 e 2024 destoam desse padrão, por apresentarem médias anuais significativamente distintas das registradas nos demais anos. Em 2021, a cota média anual foi de 25,67 m, enquanto, em 2024, esse valor foi de 20,77 m.

Quanto à variação média mensal ao longo do ano, observa-se uma relação entre o regime de precipitação e o regime hidrológico, embora a sazonalidade dos rios apresente dinâmica própria, com o período de cheia concentrado entre janeiro e junho e o período de seca

entre julho e dezembro. Essa característica pode ser claramente observada nos dados apresentados na Figura 27.

De acordo com a série analisada, a cota máxima ocorre em junho, com média de 28,64 m. Em contrapartida, as menores cotas são registradas em novembro, após uma redução acentuada entre outubro e novembro, quando a média atinge 17,84 m. A partir do final de novembro, os níveis voltam a subir, tendência que se mantém em dezembro.

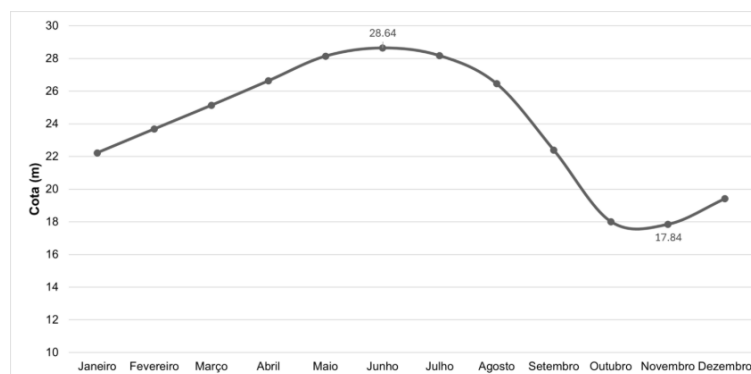


Figura 27. Cota Média Mensal entre 2005 e 2025. **Fonte:** Porto de Manaus/ANA (2025).

A variabilidade das cotas ao longo dos meses também reflete o comportamento médio anual observado na série de 20 anos selecionada para a pesquisa (Figura 28). Isso se dá pelo fato do Rio Solimões, pela sua velocidade de vazão, quantidade de sedimentos e energia, faz com que as água do Rio Negro sofram um barramento, homogeneizando as cotas destes rios na região da área de estudo. Os dados evidenciam uma sazonalidade bem definida do regime fluvial, na qual as cotas mais elevadas concentram-se no primeiro semestre do ano, enquanto as menores ocorrem no segundo semestre, com retomada gradual da elevação em dezembro.

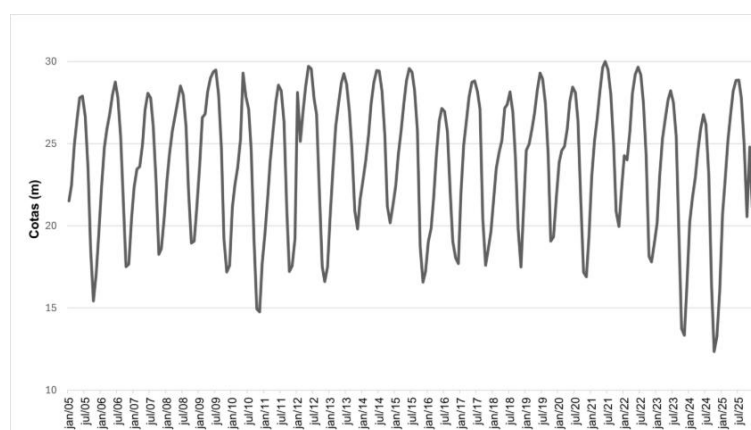


Figura 28. Variação dos níveis do rio entre 2005 e 2025. **Fonte:** Porto de Manaus/ANA (2025).

As cotas mais elevadas mantêm-se, em geral, entre 27 e 30 metros ao longo da série analisada (Figura 28), com exceção de 2021, quando foi registrada a maior cheia histórica desde 1902, alcançando 30,02 m. Esse comportamento evidencia uma relativa padronização do regime de cheias, o que permite inferir tendências de ocorrência e antecipar possíveis impactos

associados aos níveis mais elevados do rio. Em relação às cotas mais baixas, os valores variam, em média, entre 15 e 20 metros ao longo dos últimos 20 anos. Entretanto, os anos de 2023 e 2024 apresentam uma anomalia expressiva nesse padrão, com cotas inferiores a 15 metros.

O nível dos rios Solimões e Amazonas exercem forte controle sobre a configuração da conectividade fluvial e sobre o transporte de sedimentos em suspensão na área de estudo. Destaca-se que a Ilha do Careiro apresenta um conjunto de lagos distribuídos ao longo de sua extensão, com distintas morfologias e diferentes formas de abastecimento hídrico. Alguns desses lagos estão mais próximos da margem do rio Solimões, como o Lago do Joanico, enquanto outros se localizam no interior da ilha, como o Lago do Rei.

Esse complexo sistema de lagos no interior da ilha apresenta predominância de águas pretas, em razão da baixa carga de sedimentos em suspensão. No entanto, sua coloração pode variar conforme o período hidrológico e a intensidade da influência exercida pelas águas do sistema Amazonas. Para compreender de que modo essas águas interferem na dinâmica dos lagos, torna-se necessário analisar a variabilidade espacial e temporal a concentração de sedimentos em suspensão (CSS) nesses ambientes (Figura 29).

O rio Solimões apresenta as maiores concentrações de sedimentos em suspensão, configurando-se como a principal fonte de sedimentos para a área de estudo. Os maiores valores médios de CSS são observados entre dezembro e janeiro, variando entre 110 e 144 mg/L. A partir desse período, observa-se redução progressiva dessas concentrações até junho e julho, quando atingem cerca de 50 mg/L, voltando a aumentar a partir de agosto.

Para fins comparativos, os valores observados no rio Solimões foram adotados como referência em relação aos demais pontos analisados, uma vez que esse rio apresenta a maior CSS e desempenha papel central no fornecimento de sedimentos para a área de estudo.

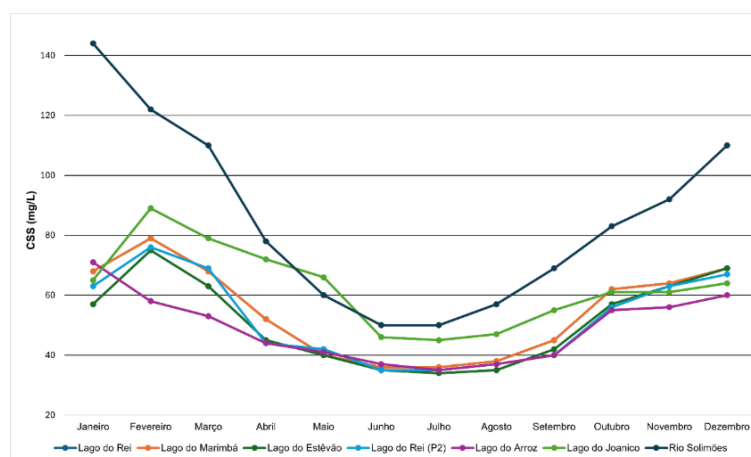


Figura 29. Regime médio mensal da CSS em diferentes lagos estimado com dados do sensor MODIS (a localização dos lagos pode ser observada na Figura 15). **Fonte:** MOD09A1 (MODIS, 2024).

O Lago do Joanico, por estar situado mais próximo do rio Solimões, apresenta forte influência hidrossedimentológica desse sistema fluvial. Em fevereiro, a CSS média estimado no lago foi de 90 mg/L, valor relativamente elevado para um ambiente lacustre insular. Entre abril e maio, essa influência torna-se ainda mais evidente, uma vez que a CSS do Lago do

Joanico se aproxima dos valores registrados no rio Solimões. Esse comportamento indica uma conexão funcional eficiente entre o lago e o canal principal, permitindo a entrada recorrente de águas carregadas de sedimentos.

A comparação entre os dois pontos demonstra que, embora o rio Solimões mantenha concentrações mais elevadas ao longo do ano, a tendência sazonal de variação da CSS é bastante semelhante à observada no Lago do Joanico, especialmente entre maio e agosto. Tal semelhança sugere que a dinâmica sedimentar do lago não depende exclusivamente de processos internos, mas está diretamente condicionada pela conectividade fluvial com o rio, provavelmente mediada por um furo ativo que assegura a entrada de água e sedimentares.

No caso do Lago do Marimbá, a CSS também apresenta valores relativamente altos no início do ciclo anual, com média de 80 mg/L em fevereiro, seguidos de redução gradual e posterior estabilização entre maio e setembro. Nesse intervalo, os valores variam entre 36 e 45 mg/L, evidenciando um período de menor aporte sedimentar e maior diluição da carga em suspensão.

Esse padrão também foi identificado em outros lagos da ilha, como Arroz, Estevão e Rei, que apresentam comportamento semelhante entre abril e outubro, com tendência de estagnação mais evidente entre julho e agosto. Esse conjunto de dados indica que a sazonalidade hidrológica não apenas controla a entrada de água e sedimentos, mas também regula o tempo de residência da água e os processos de decantação no interior dos ambientes lacustres da ilha.

O Lago do Rei, por sua vez, destaca-se por ser o maior lago da Ilha do Careiro e por apresentar uma dinâmica sazonal que, embora semelhante à do rio Solimões em termos de tendência, difere em magnitude. As curvas anuais de CSS dos dois ambientes mostram comportamento em fase, indicando influência direta do sistema fluvial principal (Figura 30). Entretanto, os valores no lago permanecem inferiores, o que sugere atenuação do sinal sedimentar à medida que os sedimentos são transportados para o interior da ilha. Em fevereiro, enquanto o rio Solimões já apresenta CSS superiores a 120 mg/L, o Lago do Rei atinge seu pico anual com cerca de 80 mg/L. Esse contraste evidencia que, embora haja transferência efetiva de sedimentos, o lago funciona como ambiente de armazenamento e deposição.

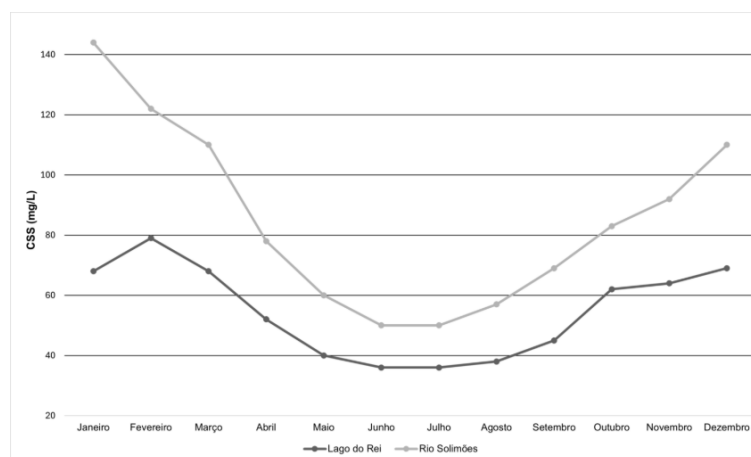


Figura 30. Valores de CSS entre o Rio Solimões e o Lago do Rei. **Fonte:** MOD09A1 (MODIS, 2024).

As observações de campo realizadas em fevereiro de 2025 corroboram essa interpretação. A diferença visual na coloração das águas entre o rio e o lago, registrada em campo (Figura 31), confirma que a conectividade fluvial não implica homogeneidade imediata das características hidrossedimentares. Ao contrário, os dados sugerem que a entrada de água do Solimões nos lagos da ilha ocorre de forma modulada pela morfologia dos canais de conexão, pelo nível do rio e pelo tempo de permanência da água no interior dos sistemas lacustres. Desse modo, a distribuição espacial da CSS na Ilha do Careiro revela não apenas a influência do rio Solimões como principal fornecedor de sedimentos, mas também a importância da conectividade fluvial e da configuração geomorfológica dos lagos no controle da dinâmica sedimentar insular.



Figura 31. Variabilidade de cores da água na área de estudo. (A) a água do rio Solimões apresenta uma coloração mais clara, característica de rios com alta CSS; (B) Já a água do furo do Rei é mais escura; (C) visão aérea do interior da ilha e para o lago do Rei). **Fotos:** Douglas de Jesus; Rogério Marinho (2025).

A partir da identificação desse padrão, verificou-se que o principal aporte de sedimentos ocorre durante o período de águas altas (enchente e cheia), impulsionado tanto pela elevada carga sedimentar quanto pela maior energia do rio Solimões. No entanto, o intervalo de cota máxima coincide com os menores valores de CSS, o que indica a diluição da carga de sedimentos suspensos, favorecendo a deposição dos sedimentos transportados. Em contrapartida, o aumento da CSS tende a ocorrer durante a fase de vazante e ao longo da seca, mesmo sob menor contribuição direta do rio Solimões, em razão dos baixos níveis de água.

Esse comportamento sazonal das cotas e da CSS é fundamental para compreender a distribuição espacial da água e dos sedimentos entre as diferentes unidades de relevo e, consequentemente, a própria configuração geomorfológica da ilha. Nesse sentido, a análise da topografia por meio de perfis transversais permite interpretar como a variabilidade dos níveis de água e dos sedimentos estão relacionados no interior da planície.

Perfis topográficos foram utilizados para caracterizar a topografia da Ilha do Careiro em três setores estratégicos: montante, centro e jusante (Figura 32). A análise foi realizada com base em um modelo relativo de elevação (REM) que usa como referência o nível da água do rio Solimões. As informações referem-se ao período entre a cheia e a vazante.

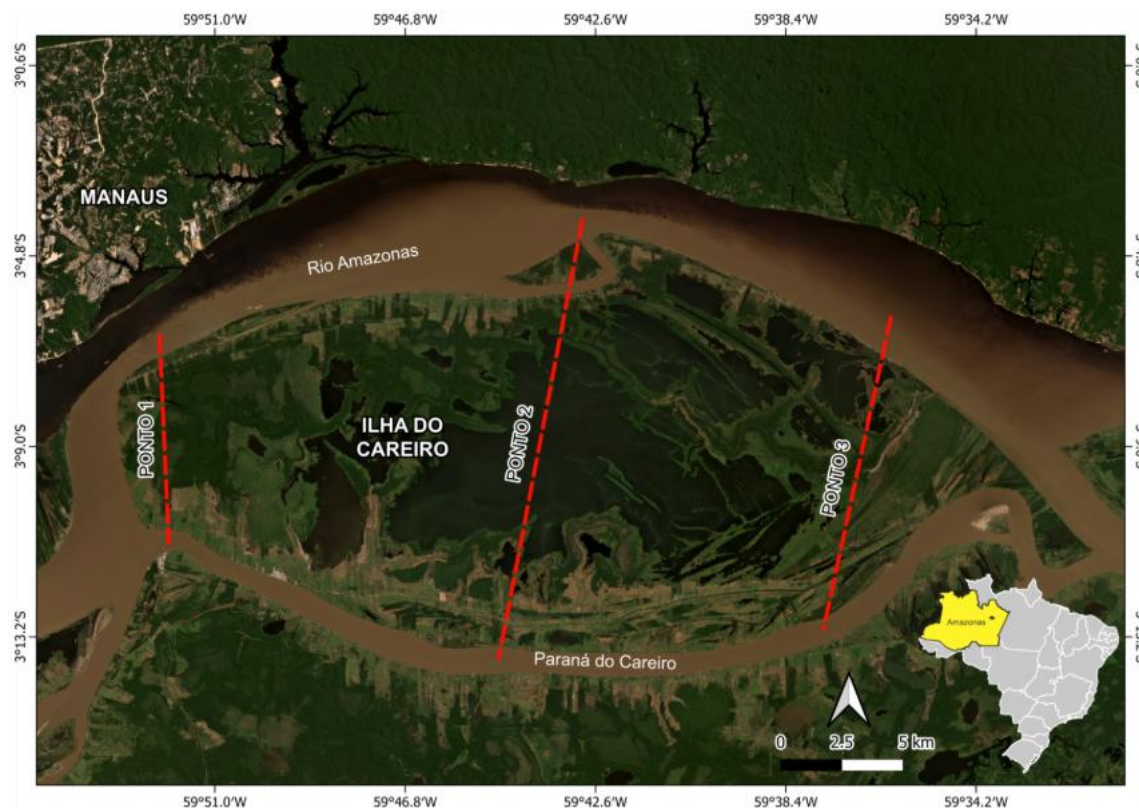


Figura 32. Localização dos pontos analisados na área de estudo.

No setor de montante, próximo ao encontro dos rios Negro e Solimões, o perfil evidencia relevo baixo e pouco dissecado, com altitudes variando entre 5 e 12 m ao longo de cerca de 8 km (Figura 33). Destaca-se a depressão ocupada pelo lago do Joanico, em torno de 5 m, margeada por diques com alturas próximas de 8 m. Nas áreas adjacentes ocorrem superfícies rebaixadas influenciadas diretamente pelo pulso de inundação, enquanto a margem voltada ao Paraná do Careiro apresenta topografia relativamente mais elevada.

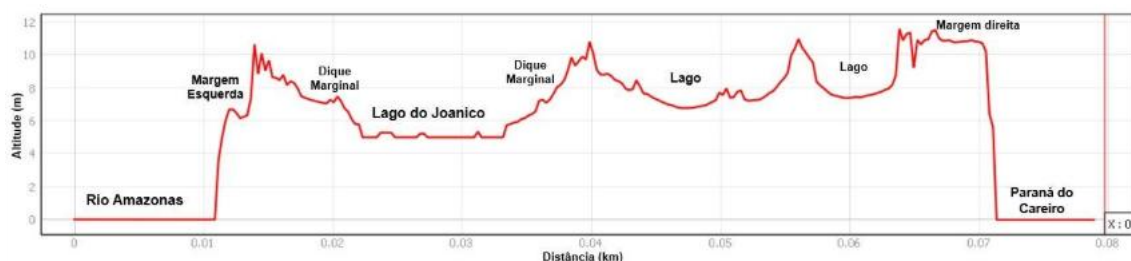


Figura 33. Perfil de elevação 1. **Fonte:** COPERNICUS (REM).

Na região central, a geoforma de maior destaque é o lago do Rei, que ocupa grande parte do perfil analisado (Figura 34). Observa-se a presença de diques marginais com cotas próximas de 8 m e pequenas variações altimétricas entre os compartimentos internos da ilha e

os canais adjacentes. Esse trecho é relevante para compreender a dinâmica de alagamento no interior da ilha.

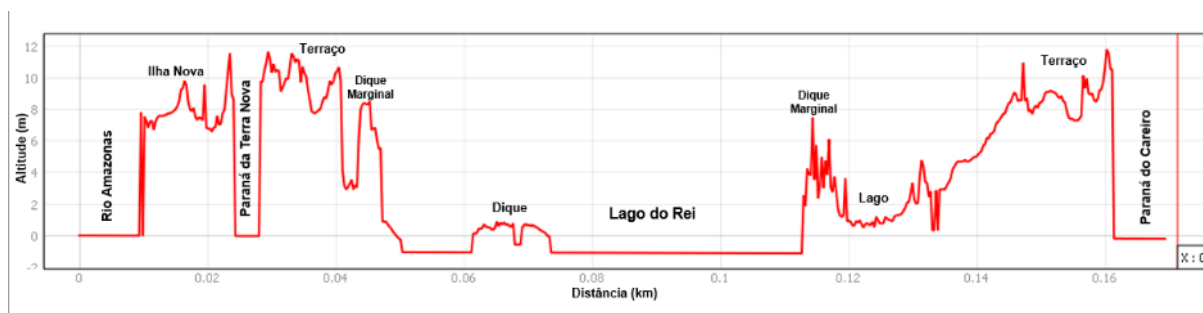


Figura 34. Perfil de elevação 2 (lago do Rei). **Fonte:** COPERNICUS (REM).

No setor de jusante, o perfil mostra maior número de lagos distribuídos ao longo de aproximadamente 12 km de seção analisada, mantendo, contudo, o padrão de baixas altitudes (Figura 35). Os diques marginais variam entre 6 e 8 m, com trechos localmente mais elevados, atingindo 12 a 14 m, intercalados por corpos d'água como o furo do Rei e canais conectados ao Parará do Careiro.

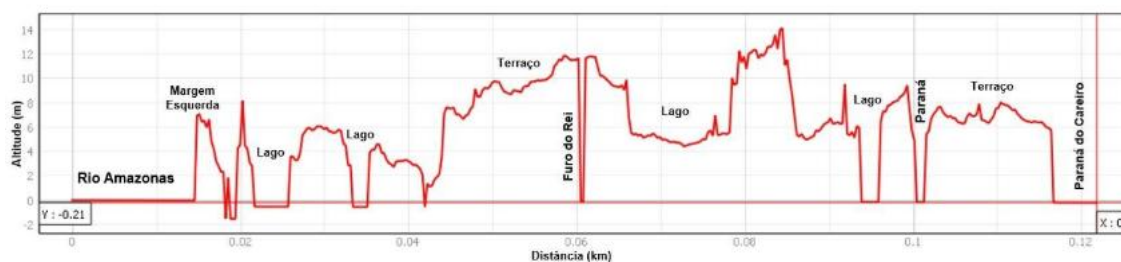


Figura 35. Perfil de Elevação 3 (furo do Rei). **Fonte:** COPERNICUS (REM).

De modo geral, os três perfis confirmam que a Ilha do Careiro apresenta relevo predominantemente baixo, com altitudes geralmente inferiores a 14 m, e com áreas mais rebaixadas associadas a lagos, furos e paranás. Os setores relativamente mais elevados correspondem a diques e terraços, embora sem grande amplitude altimétrica. Quando considerada toda a extensão da ilha, observam-se pontos localizados com altitudes superiores a 25 m (Figura 36).

A análise do Modelo de Digital de Elevação (DEM) mostrou que a Ilha do Careiro apresenta pontos localizados com altitudes que podem alcançar 50 m em relação ao nível do terreno. As áreas representadas por tons mais quentes, entre vermelho e laranja na Figura 36, correspondem aos setores mais elevados, na porção nordeste da Ilha. Em contraste, as áreas em verde-claro e azul indicam os compartimentos mais baixos do relevo, mais suscetíveis à inundação ou ao alagamento durante o período de cheia.

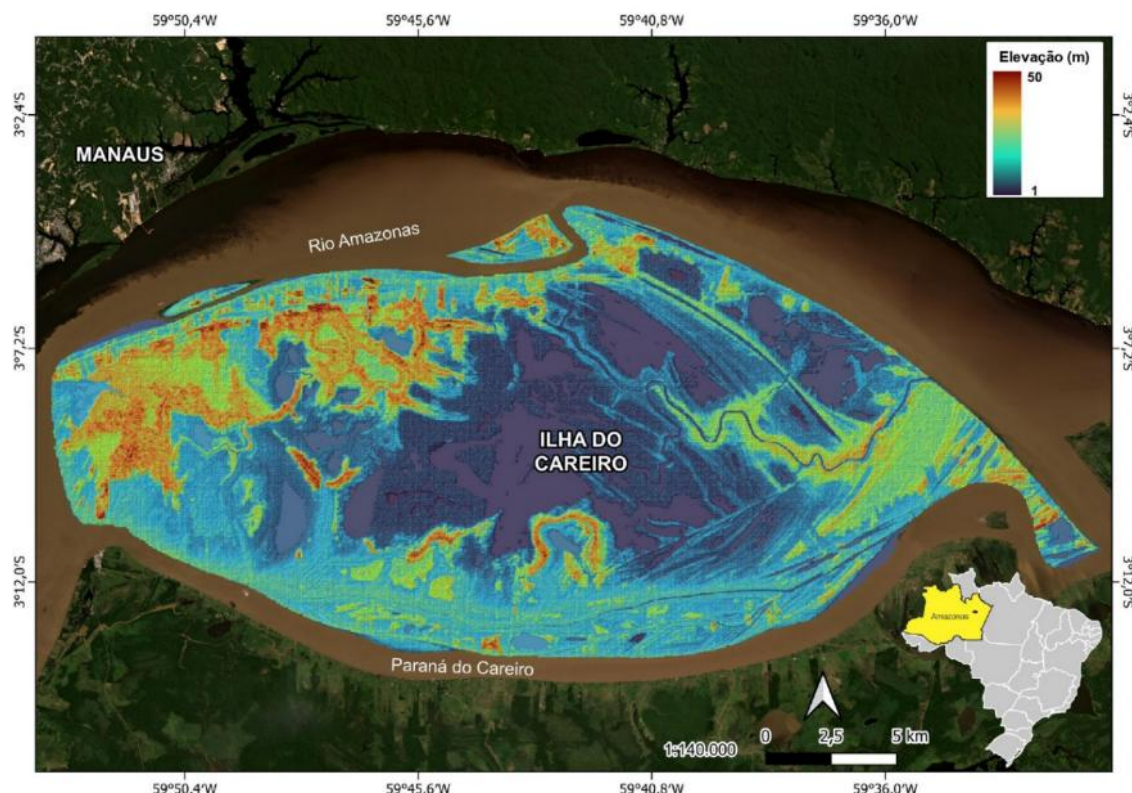


Figura 36. Mapa elevação relativa do terreno da Ilha do Careiro. **Fonte:** COPERNICUS (COPDEM30).

Esses setores apresentam variação altimétrica entre 4 e 20 m. Quando essa topografia é comparada ao regime de cotas do rio, verifica-se que a Ilha do Careiro possui elevada suscetibilidade à inundação, em razão de seu relevo relativamente baixo. Essas características evidenciam que a inundação da ilha está diretamente relacionada ao regime hidrológico dos rios Amazonas e Solimões, sendo condicionada pela topografia local, pelo regime de precipitação, pela vazão do rio Solimões-Amazonas.

Em função dessa dinâmica sazonal, a conectividade fluvial e sedimentar entre as diferentes unidades do relevo varia conforme em função da intensidade da inundação, permitindo que água e sedimentos alcancem setores internos da ilha. A conectividade fluvial permite o transporte de matéria, organismos e energia entre diferentes setores da planície, em função do relevo, do regime hidrológico e do pulso de inundação. Esse processo favorece a recarga e a deposição de sedimentos em suspensão nas áreas conectadas.

Na Ilha do Careiro, analisou-se como ocorre a variação espacial de pontos de conectividade entre os períodos de cheia e seca do rio Solimões-Amazonas, com o objetivo de compreender sua dinâmica na área de estudo. A Figura 37 apresenta a distribuição espacial da conexão entre lagos e canais, indicados em azul, e dos pontos sem conexão, indicados em vermelho. Para essa análise, foram utilizadas imagens dos períodos de cheia e seca entre 2020 e 2025.

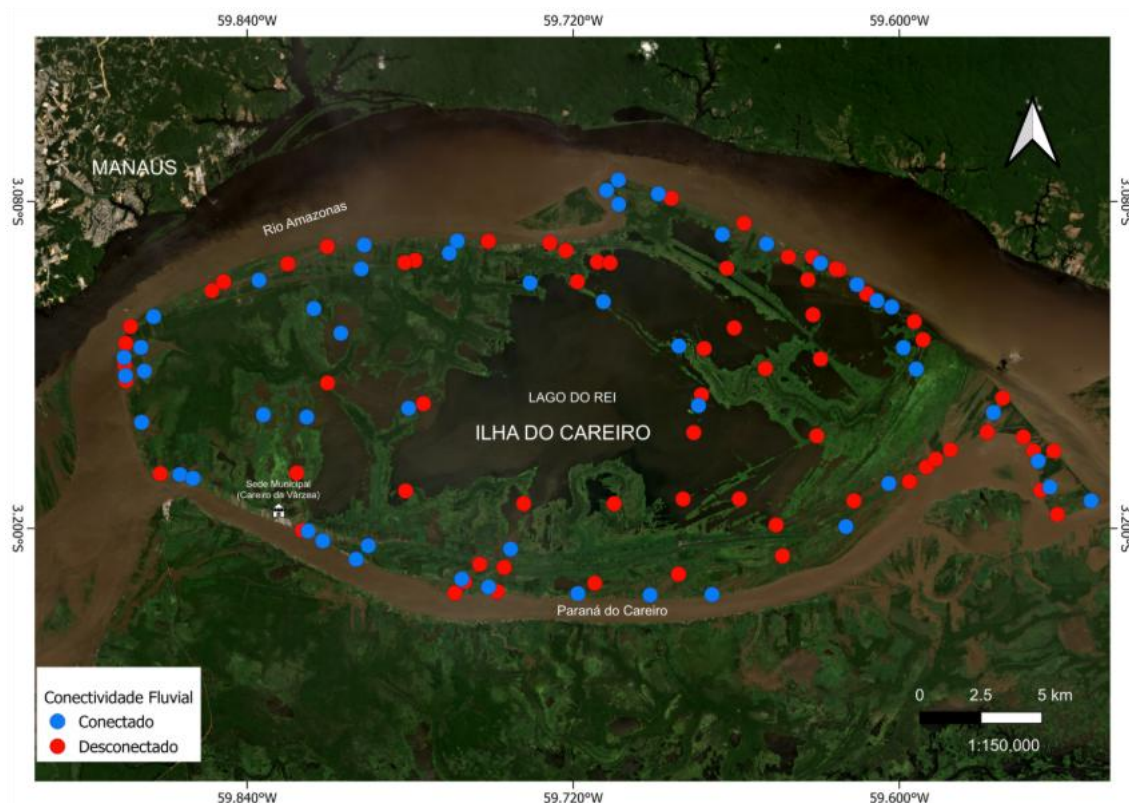


Figura 37. Distribuição espacial dos pontos de conexão e desconexão entre canais e lagos na Ilha do Careiro.

Foram identificados 116 pontos, dos quais 66 correspondem à desconexão e 50 à conexão fluvial. Ressalta-se que alguns desses pontos podem apresentar alternância entre conexão e desconexão, conforme o período hidrológico. A maior parte concentra-se nas margens da ilha, em contato com o rio Amazonas e o Paraná do Careiro. O mapa de densidade de pontos de desconexão (Figura 38) confirma a maior incidência de desconectividade nas margens da ilha, com destaque para o setor jusante.

A montante da Ilha do Careiro, os pontos de conexão e desconexão concentram-se principalmente na região do Lago do Joanico e na entrada do Paraná do Careiro pelo rio Solimões. Durante o período de cheia, a conexão ocorre sobretudo em fevereiro, quando o rio Solimões aporta água e sedimentos para essa área, elevando a CSS. A partir de julho, com a redução do nível do rio, ocorre a desconexão, pois as águas do Solimões deixam de alcançar a margem da ilha. Como consequência, os sedimentos tendem a depositar nos lagos, bem como há uma redução da superfície coberta por água (Figura 39).

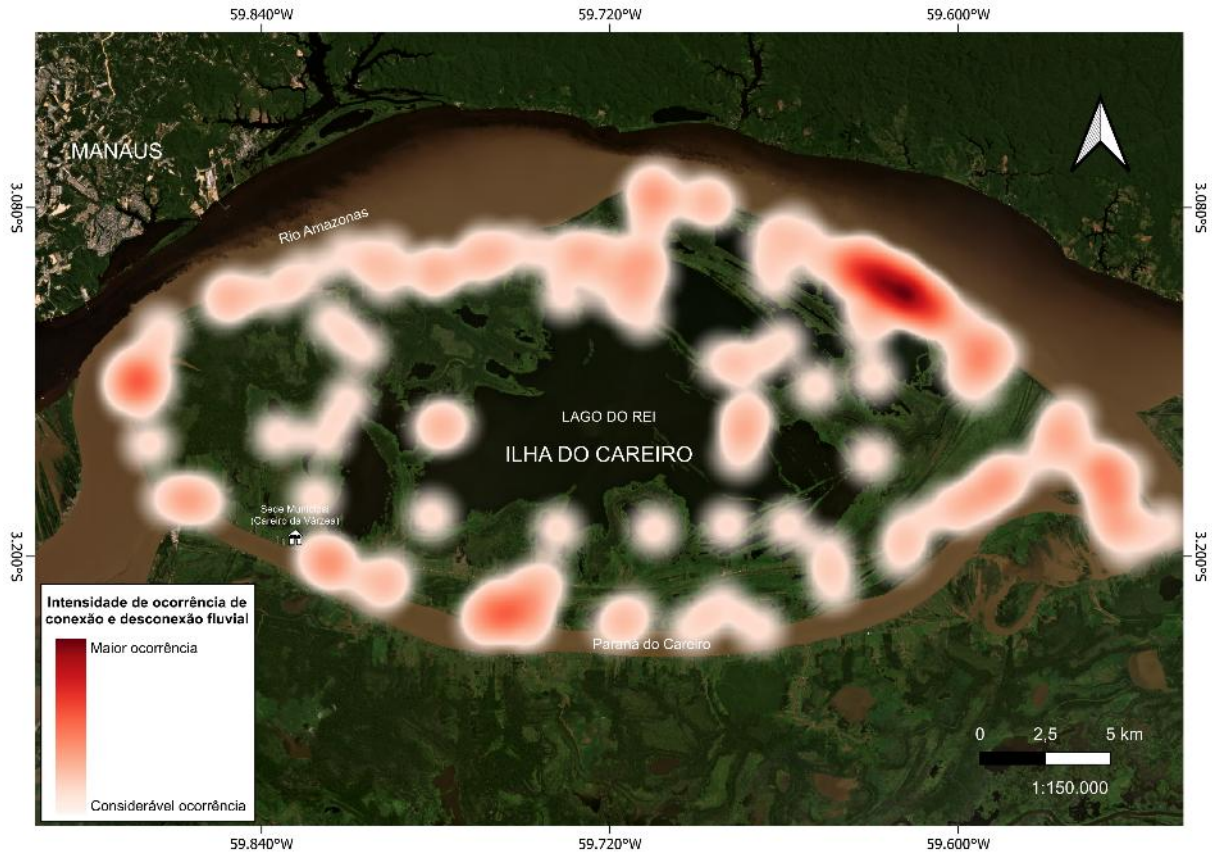


Figura 38. Densidade de pontos de desconexão fluvial na área de estudo.



Figura 39. Exemplo de desconexão fluvial entre rio Solimões e o Lago do Joanico.

Outro setor que merece destaque é o Paraná do Cambixe (Figura 40). Durante a cheia, a conexão entre o Paraná do Cambixe e o Paraná do Careiro mantm-se estável. Entretanto, no período de seca, o rebaixamento do nível da água favorece a formao de uma barra arenosa, interrompendo essa ligao entre os canais.

Essa situação representa um fator de preocupação para os moradores que vivem às margens do Paraná do Cambixe. Na cheia, essa conexão facilita o acesso ao rio Amazonas. Já na seca, a interrupção do canal ocasiona deslocamento dos moradores por via terrestre, pela estrada do Cambixe, ou pela outra entrada do paraná para alcançar o Paraná do Careiro, o que aumenta o tempo de viagem e os custos com combustível das pequenas embarcações.

A análise da conectividade entre canais é fundamental para compreender a distribuição de água, sedimentos, matéria e organismos na paisagem fluvial da Ilha do Careiro, fortemente condicionada pelo pulso de inundação e pela sazonalidade dos rios. Além de sua importância ambiental, a conectividade fluvial possui relevância social direta, pois o transporte por embarcações constitui um dos principais meios de deslocamento das comunidades ribeirinhas e da população da sede municipal.



Figura 40. Exemplo de desconexão fluvial entre o Paraná do Cambixe e o Paraná do Careiro.

A identificação das unidades geomorfológicas na ilha do Careiro permite compreender a configuração da paisagem e os fatores que explicam a presença de feições como lagos e outros corpos d'água. Associado à análise dos níveis do rio, da vazão e da conectividade fluvial, esse mapeamento possibilita entender como formas e processos fluviais controlam a distribuição de água e matéria na área de estudo.

Geoformas da Ilha do Careiro

O mapeamento geomorfológico permitiu identificar as principais feições e unidades de relevo que estruturam a paisagem da Ilha do Careiro (Figura 41). Para isso, foi realizada uma interpretação visual das unidades fluviais, com base em imagens de satélite de alta resolução obtidas em diferentes períodos hidrológicos.

Foram identificados 67 lagos, com maior concentração na região central e no setor jusante da ilha, próximos à margem direita da ilha. Em vários trechos, esses lagos encontram-se separados apenas por pequenas diferenças de relevo e, localmente, por diques marginais. Destaca-se, a montante, o lago do Joanico, sob influência mais direta do rio Solimões, e, no interior da ilha, o lago do Rei, que constitui o maior lago em extensão.

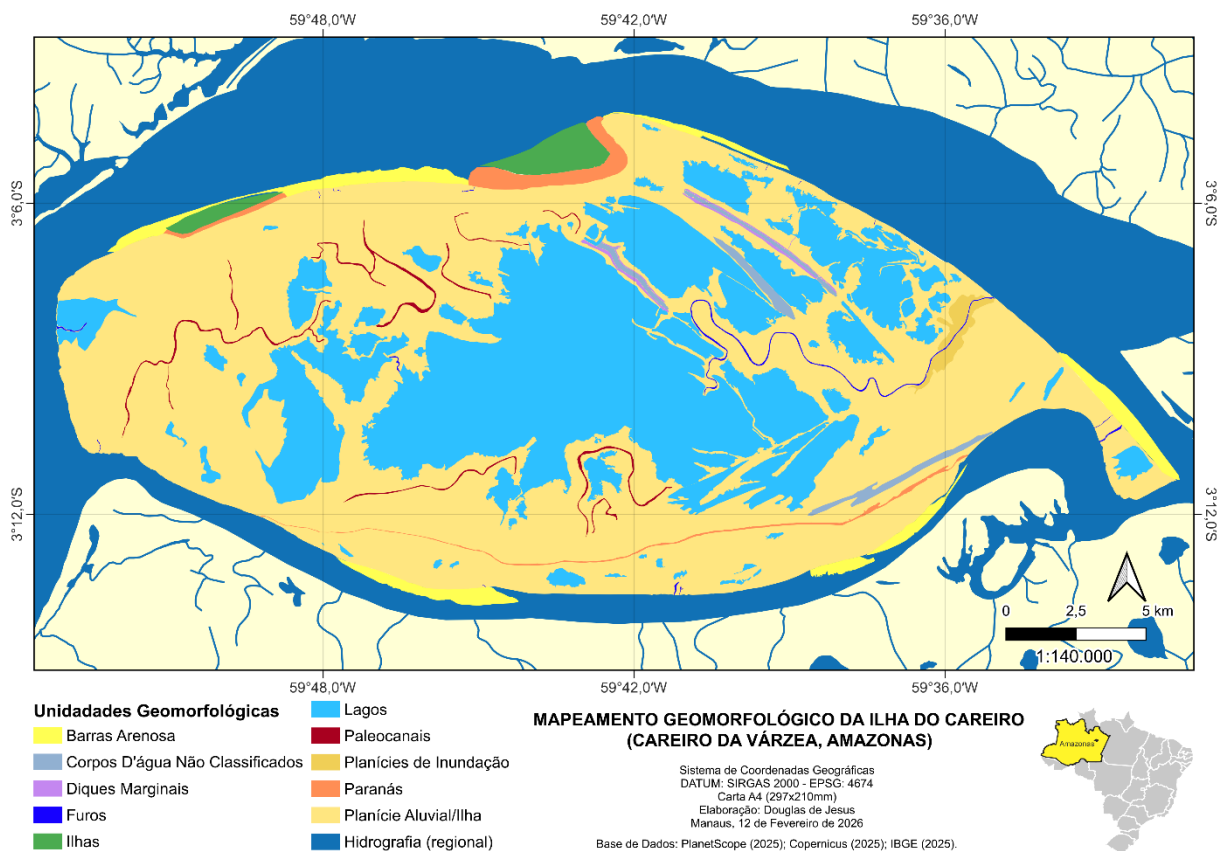


Figura 41. Mapeamento Geomorfológico da área de estudo.

Em relação aos paranás, foram mapeadas três feições principais: o Paraná da comunidade São Francisco, o Paraná da Terra Nova e o Paraná do Cambixe, sendo este último o de maior extensão, atravessando grande parte da ilha.

Quanto aos furos, foram identificadas 15 feições, classificadas em naturais e artificiais. Os naturais correspondem a canais formados pelo rompimento de diques ou margens (Cruz, 2007), enquanto os artificiais resultam de intervenções realizadas pela própria população. Entre essas feições, destaca-se o furo do Rei, por sua maior extensão e por estabelecer conexão direta entre o lago do Rei e o rio Solimões-Amazonas.

Também foram identificadas duas ilhas adjacentes à ilha principal, ambas situadas na confluência dos rios Solimões e Negro associadas a processos recentes de deposição sedimentar. Essas áreas correspondem a acréscimos marginais formados pela agregação de barras sedimentares, originando superfícies conhecidas localmente como “terras novas”.

Os diques marginais foram mapeados em diferentes setores da ilha, sobretudo ao longo de canais internos. Essas feições correspondem a elevações formadas pela deposição de sedimentos junto às margens e, em muitos casos, delimitam outros canais e corpos d’água do sistema insular.

De forma geral, toda a área da Ilha do Careiro integra a Planície de Inundação Amazônica (IBGE, 2016; 2024). Em escala mais detalhada, destacou-se a planície de inundação baixa próxima ao lago do Rei, que permanece alagada em boa parte do ano, conforme a variação do nível do rio, especialmente na área de entrada do furo do Rei.

As barras arenosas ocorrem principalmente nas margens da ilha do lado do rio Amazonas e no Paraná do Careiro. Essas feições emergem durante a vazante e a seca, quando o rebaixamento do nível da água expõe depósitos antes submersos. Sua presença reduz a superfície navegável e dificulta a circulação de embarcações, além de ampliar o percurso da população até os pontos de acesso ao canal.

Outro resultado relevante foi a identificação de paleocanais, distribuídos em diferentes setores da ilha, frequentemente próximos aos lagos. A análise das imagens de satélite mostrou que essas geoformas permaneceram inativos nos últimos anos, sendo ocupados por água apenas durante a cheia extrema de 2021. Supõe-se que, em fases anteriores, esses paleocanais tenham atuado na alimentação dos lagos próximos, promovendo a entrada de água e sedimentos oriundos dos rios Solimões e Amazonas, o que teria contribuído para a remodelação do relevo e para a distribuição de sedimentos no interior da ilha.

Por fim, a ilha também pode ser compreendida, em termos gerais, como uma planície aluvial, marcada por relevo baixo, sazonalmente inundável e diretamente condicionado pelo pulso anual de inundação. A identificação dessas unidades geomorfológicas, em associação com a análise do relevo, permite compreender a dinâmica fluvial da ilha, marcada pela proximidade entre as feições, pela baixa amplitude altimétrica e pela elevada suscetibilidade à conectividade hídrica e sedimentar durante os períodos de cheia.

5.3 Comunidades ribeirinhas e a dinâmica fluvial

Segundo dados do IBGE (2022), foram identificadas sete comunidades principais na ilha: São José, São Francisco, Nossa Senhora da Conceição, Terra Nova, Nossa Senhora Aparecida, Cristo Rei e São Francisco do Cambixe. Conforme destacado na Figura 42 predominam comunidades situadas na margem da ilha no rio Amazonas. De forma geral, todas

as comunidades possuem uma relação direta com Manaus pela proximidade e acesso a portos próximos, como o Porto da Ceasa.

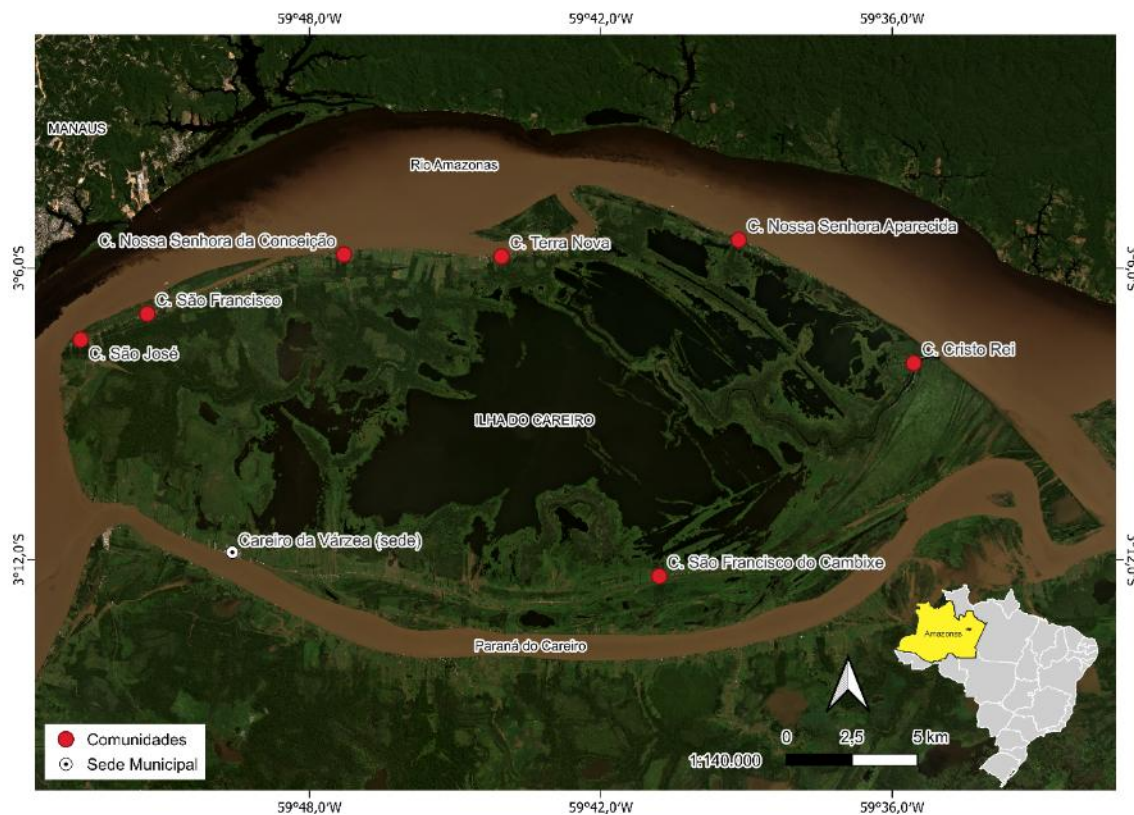


Figura 42. Principais Comunidades da Ilha do Careiro.

As principais atividades desenvolvidas pelas comunidades são a agricultura familiar e a pesca. Em geral, as áreas de cultivo localizam-se em frente às residências, próximas à margem do rio e no mesmo terreno dos domicílios, condição que favorece a irrigação das plantações (Figura 43).



Figura 43. Áreas de Plantação na frente de residência.

Entretanto, essa proximidade com as margens implica elevada vulnerabilidade à inundação. No período de cheia, parte significativa das áreas de cultivo é submersa, podendo ocasionar perdas da produção quando a colheita não é realizada antes da elevação do nível da água. Em resposta a essa dinâmica, as comunidades adotam estratégias para manter suas atividades ao longo do ano. Entre elas, destacam-se o cultivo em áreas localizadas nos fundos das residências ou em terrenos mais distantes da margem, bem como o soerguimento das áreas de plantio acima do nível esperado de inundação, permitindo a permanência das plantações próximas às casas e o aproveitamento da água do rio para irrigação.

No período de pico da seca, as residências tornam-se mais distantes da margem, o que aumenta o tempo de deslocamento até os pontos de acesso ao rio. Nesse contexto, as estradas que atravessam as comunidades ao longo da ilha tornam-se alternativas importantes, sendo as embarcações mais utilizadas para trajetos longos e para deslocamentos até Manaus ou à sede municipal. Outro efeito relevante da seca é a intensificação da erosão fluvial lateral, com desmoronamento de trechos das margens (Figura 44).



Figura 44. Terras caídas na margem da área de estudo.

O ponto crítico para a população é a perda de suas terras e moradias por esse tipo de ocorrência, como, por exemplo, na Comunidade São José, em que o centro comunitário precisou ser remanejado para uma região mais alta da comunidade, pois foi condenado por desabamento por conta da proximidade do estabelecimento com a margem e a ocorrência de terras caídas bem próximas do centro.

A incidência de terras caídas ocorre principalmente na região a montante, nas áreas próximas entre o Lago do Joanico e a Comunidade Nossa Senhora da Conceição. Isso ocorre devido forte energia das águas vindas do rio Solimões nesta porção, que recebem um fluxo considerável durante a enchente e cheia, fazendo com que ocorra esse tipo de erosão principalmente na vazante e seca.

A sazonalidade dos rios, reflete também no cotidiano das comunidades, principalmente com o transporte e locomoção, como também, principalmente, com o calendário escolar das comunidades. O calendário escolar para a área de estudo é adaptado em função do regime fluvial. Na cheia, quando é atingido o pico de cheia entre junho e julho, as aulas passam por um período de recesso, tendo em vista que a ocupação da escola é inviável pelo nível alto do rio, que alaga as escolas, as estradas e as próprias comunidades. As aulas retornam após o nível do rio começar a descer, prosseguindo com o ano escolar até a seca, quando o ano letivo é encerrado.

O transporte por embarcações é uma das atividades mais afetadas no período de águas baixas, principalmente, no Paraná do Careiro, com o surgimento de barras arenosas que impede ou diminui a passagem pelo canal. Pode-se afirmar que a dinâmica fluvial na área de estudo é determinante para o cotidiano da população da ilha. Esta população está sujeita ao regime fluvial.

De acordo com relatos da população local, os moradores se acostumaram com essa dinâmica do rio, se adaptando de várias maneiras, como por exemplo, mudar para casa de parentes na terra firme ou construir residências mais altas como forma de reduzir os impactos durante a cheia. Relatos semelhantes aos registrados por Sternberg (1998) e Cruz (2007), em que as comunidades buscam alternativas de mitigação, desenvolvendo técnicas e estratégias locais para reduzir impactos da dinâmica do rio.

Na Ilha do Careiro, assim como em diversos trechos da Amazônia, o rio estrutura o cotidiano das comunidades, dada a forte integração entre a água e os espaços ocupados em uma planície aluvial. As atividades produtivas, os deslocamentos e o modo de vida mantêm estreita relação com a dinâmica fluvial, inclusive na sede municipal, cuja proximidade com Manaus intensifica as interações dos moradores de Careiro da Várzea com o meio urbano.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa buscou mostrar como a geomorfologia fluvial exerce papel decisivo na organização da paisagem na Ilha do Careiro, como no funcionamento das conexões entre canais e lagos em eventos hidrológicos extremos e na distribuição da água e dos sedimentos ao longo da planície. Os resultados demonstraram que a Ilha do Careiro apresenta elevada sensibilidade às oscilações do regime fluvial, sobretudo em contexto de eventos extremos. A redução de aproximadamente 43% da massa d'água mapeada entre a cheia de 2021 e a seca de 2024 evidencia a magnitude das alterações recentes sobre a superfície inundada e confirma que a dinâmica da paisagem está fortemente condicionada pela sazonalidade fluvial e é muito vulnerável a extremos hidroclimáticos. Assim, o padrão de inundação da ilha não pode ser compreendido apenas como expressão regular do pulso de inundação, mas como resultado da interação entre sazonalidade, relevo e eventos hidrológicos excepcionais.

Verificou-se que a ilha constitui ambiente de relevo predominantemente baixo, compartimentada por um complexo sistema de lagos, furos, paranás, barras arenosas e paleocanais. Entre as geoformas mapeadas, predominam os lagos, seguidos pelos furos e pelas barras arenosas, o que revela uma paisagem fortemente marcada pelos processos de desmoronamento de margens e o transporte de sedimentos finos em suspensão e deposição dos sedimentos maiores em bancos de areia. Essa configuração geomorfológica é decisiva para o funcionamento da conectividade fluvial, pois pequenas variações topográficas condicionam a entrada, a permanência e a circulação da água entre os diferentes compartimentos da ilha.

A análise dos pontos de conectividade entre canais e lagos mostrou que sua maior frequência espacial na porção jusante da ilha, onde se destaca o furo do Rei como a principal conexão com o rio Amazonas. Essa feição exerce papel central na dinâmica hidrossedimentar, uma vez que favorece o transporte de sedimentos provenientes do sistema Solimões-Amazonas e sua deposição no interior da ilha. Os dados de concentração de sedimentos em suspensão reforçam essa interpretação: enquanto o rio Solimões se configura como principal fornecedor de sedimentos, os lagos da Ilha do Careiro apresentam CSS média anual de 54 mg/L, valor cerca de 35% inferior ao observado no Solimões. Esse resultado indica que os lagos funcionam como ambientes de deposição, nos quais a energia do fluxo diminui e favorece a sedimentação.

A pesquisa também evidenciou que a hidrogeomorfologia neste ambiente controla não apenas a conectividade entre canais e lagos, mas também a distribuição diferenciada dos impactos socioambientais. Durante a cheia, destacam-se a perda de áreas agrícolas, a inundação de residências e as dificuldades no manejo da produção. Durante a seca, sobressaem a retração dos corpos d'água, a emersão de barras arenosas, a dificuldade de navegação e a intensificação de processos erosivos das margens, incluindo terras caídas. Desse modo, o funcionamento hidrogeomorfológico repercute diretamente no cotidiano das comunidades ribeirinhas, condicionando suas estratégias de permanência, uso do território e acesso aos recursos hídricos.

Conclui-se, portanto, que a geomorfologia da Ilha do Careiro exerce controle direto sobre a conectividade fluvial, a dinâmica hidrossedimentar e o padrão de inundação, por meio da articulação entre relevo baixo, múltiplos lagos conectados por furos e pelo regime fluvial.

A ilha configura-se como um hidrossistema complexo, no qual a distribuição da água e dos sedimentos depende da interação entre forma do relevo e variabilidade hidrológica. Como encaminhamento para estudos futuros, recomenda-se ampliar a série temporal de análise, refinar a caracterização das geoformas com dados físicos (granulometria etc.), e aprofundar a investigação sobre erosão e movimentos de massa, deposição e reativação de paleocanais, de modo a avançar na compreensão das formas e processos das ilhas de várzea amazônicas.

7. REFERÊNCIAS

ALVES, Neliane De Sousa. **Mapeamento hidromorfodinâmico do Complexo Fluvial de Anavilhanas: contribuição aos estudos de Geomorfologia Fluvial de rios Amazônicos**. Doutorado em Geografia Física — São Paulo: Universidade de São Paulo, 1 jul. 2013.

ANDRADE, Gilberto Osório. Furos, paranás e igarapés: análise genética de alguns elementos do sistema potamográfico amazônico. **Revista Geográfica**, v. 22, n. 48, p. 3-36, 1958.

AMAZONAS ATUAL. Seca expõe blocos de pedras no Rio Negro que são risco à navegação. **Amazônia Atual**. Disponível em: <https://amazonasatual.com.br/seca-expoe-blocos-de-pedras-no-rio-negro-que-sao-risco-a-navegacao>. Acesso em: jun. 2025.

ARRAUT, E. M. et al. Secas extremas na planície de inundação amazônica: alguns impactos sobre a ecologia e a biodiversidade. In: BORMA, Laura de Simone; NOBRE, Carlos Afonso. **Secas na Amazônia: causas e consequências**. Oficina de Textos, São Paulo, 2013.

Bandeira, I.C.N., Adamy, A., Andretta, E.R. et al. Terras caídas: Fluvial erosion or distinct phenomenon in the Amazon?. **Environ Earth Sciences** 77, 222 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7405-7>.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. Cruz, Olga (trad.). **Cadernos de Ciências da Terra**. São Paulo, USP-IGEOG, nº 43, 1972.

BORMA, Laura de Simone et al. Impactos dos eventos extremos de seca e cheia sobre os recursos hídricos amazônicos e ações da defesa civil. In: BORMA, Laura de Simone e NOBRE, Carlos Afonso. **Secas na Amazônia: causas e consequências**. Oficina de Textos, São Paulo, 2013.

BORSELLI, Lorenzo; CASSI, Paola; TORRI, Dino. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment. **CATENA**, v. 75, n. 3, p. 268–277, nov. 2008.

CARVALHO, José Alberto Lima de. **Terras caídas e consequências sociais: Costa do Miracauera-Paraná da Trindade, município de Itacoatiara-AM, Brasil**. 2006. 141 f. Dissertação (Mestrado em Sociedade e Cultura na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

CDSE. **COPERNICUS DATA SPACE ECOSYSTEM**. Sentinel-2. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <<https://dataspace.copernicus.eu/data-collections/copernicus-sentinel-missions/sentinel-2>>. Acesso em: junho de 2025.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia Fluvial**. Conteúdo: v.1. o canal fluvial. São Paulo: Editora Blucher, 1981.

CORDEIRO, M. C. R. et al. Automatic Water Detection from Multidimensional Hierarchical Clustering for Sentinel-2 Images and a Comparison with Level 2A Processors. **Remote Sensing of Environment**, 2021, 253, 112209. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112209>.

CRUZ, Manuel de Jesus Masulo. **Territorialização camponesa na várzea da Amazônia**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v. 345, 1996.

DA COSTA, Mônica Suani Barbosa. et al. Percepção da comunidade local sobre os efeitos da mortandade de peixes no lago do Rei no Careiro do Várzea Amazonas. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 1, p. e27712138710-e27712138710, 2023.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento Sem Complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GUERRA, Antonio Teixeira; **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 8. ed. IBGE: Rio de Janeiro, 1993.

HUBER, Jacques. Contribuição à geografia física dos furos de Breves e da parte ocidental de Marajó. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 5, n. 3, p. 449-74, 1943.

IBGE. Cidades@Panorama: Careiro da Várzea. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/careiro-da-varzea/panorama>>. Acesso em: jul. 2025

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil: uma visão geográfica e ambiental no início do século XXI**. Biblioteca do IBGE, Rio de Janeiro: Coordenação de Geografia, 2016, p.435.

IRIONDO, Martin H. Geomorfologia da planície Amazônica. **Simpósio do Quaternário do Brasil**, v. 4, p. 323-348, 1982.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres (tradução)**. José Carlos Neves Epiphanyo [et al.]. Parêntese, São José dos Campos-SP, 2009.

JESUS, Douglas Damasceno de; MARINHO, Rogério Ribeiro; RIBEIRO, Diogo Ferreira. Monitoramento da Superfície de Água em Períodos de Eventos Extremos na Ilha do Careiro, Amazonas, Brasil. In: **ANAIS DO XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2025, Salvador. Anais eletrônicos, Galoá, 2025. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2025/trabalhos/monitoramento-da-superficie-de-agua-em-periodos-de-eventos-extremos-na-ilha-do-c?lang=pt-br>> Acesso em: jul. 2025.

JUNK, Wolfgang J. et al. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences**, v. 106, n. 1, p. 110-127, 1989.

LE COINTE, Paul. Le bas amazone. In: **Annales de géographie**. Armand Colin, 1903. p. 54-66.

LIU, Yu; FU, Bojie. Assessing sedimentological connectivity using WATEM/SEDEM model in a hilly and gully watershed of the Loess Plateau, China. **Ecological Indicators**, v. 66, p.259–268, jul. 2016.

MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira; BARROS, Luiz Fernando de Paula. Introdução in: MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira; BARROS, Luiz Fernando de Paula, **Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais**. – 1 ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.

MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira; et al. Morfodinâmica Fluvial in: MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira; BARROS, Luiz Fernando de Paula, **Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais**. – 1 ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.

MapBiomass. Plataforma MapBiomass Água. **MapBiomass**.
<https://plataforma.agua.mapbiomas.org/water/brazil>. Acessado: jun. 2025.

MARINHO, Rogério Ribeiro et al. IMPACTOS DA SECA EXTREMA DE 2023 NAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS DO RIO NEGRO EM MANAUS (AM). In: **ANAIS DO XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2025, Salvador. Anais eletrônicos..., Galoá, 2025. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2025/trabalhos/impactos-da-seca-extrema-de-2023-nas-comunidades-ribeirinhas-do-rio-negro-em-man?lang=pt-br>> Acesso em: jul. 2025.

MARINHO, Rogério Ribeiro. **INTEGRAÇÃO DE DADOS DE CAMPO E SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DO FLUXO DE ÁGUA E MATÉRIA NO ARQUIPÉLAGO DE ANAVILHANAS, RIO NEGRO – AMAZONAS, BRASIL**. Tese de Doutorado—Manaus, AM: Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, 2019.

MATOS, J. A. Aspectos geomorfológicos das “terras-caídas” em ambiente de várzea no careiro da várzea-am. **Revista GeoUECE**, v. 8, n. 15, p. 78-88, 2019.

Notícias UOL. Cheia dos rios no Amazonas afeta mais de 450 mil pessoas no estado. **UOL**. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-brasil/2021/05/27/cheia-dos-rios-no-amazonas-afeta-mais-de-450-mil-pessoas-no-estado.htm>. Acesso em: jun. 2025.

NOVO, E. M. Ambientes Fluviais. In: FLORENZANO, T. G. Geomorfologia: **Conceitos e Tecnologias Atuais**. Oficina de Texto, São Paulo, 2008.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes; PONZONI, Flávio Jorge. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 2001.

OLIVEIRA, Gabriel Ferreira; MARÇAL, Mônica dos Santos. Cenários da conectividade fluvial atual e a relação de água e sedimentos na Bacia do rio Santana (RJ). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 25, n. 1, 2024.

PARK, Edward; LATRUBESSE, Edgardo M. Modeling suspended sediment distribution patterns of the Amazon River using MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, v. 147, p. 232-242, 2014. DOI: 10.1016/j.rse.2014.03.013.

PINTO, Mônica Cortêz. **Análise espaço-temporal do sistema fluvial Solimões-Amazonas: alterações hidrogeomorfológicas e a geodiversidade no Médio rio Amazonas**. Tese. Manaus, AM: Universidade Federal do Amazonas, 2024.

Prefeitura de Manaus. Plano de Contingência 2024: Chuvas intensas, cheia, estiagem, incêndio. **Prefeitura de Manaus**, Defesa Civil de Manaus, 2024.

SILVA, J. S. et al. Variabilidade Espacial do Nível D'água na Bacia Amazônica Durante Eventos Extremos. In: BORMA, Laura de Simone; NOBRE, Carlos. Afonso. **Secas na Amazônia: causas e consequências**. Oficina de Textos, São Paulo, 2013.

SGB. 56º Boletim Hidrológico da Bacia do Amazonas. **Serviço Geológico do Brasil**. SACE: Sistema de Alerta de Eventos Críticos. Bacia do Rio Amazonas. 2025.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo de Geossistemas**. Métodos em Questão. São Paulo. n. 16, p. 1- 52, 1977.

SPOSITO, Eliseu Savério. **Geografia e filosofia: contribuição para o ensino do pensamento geográfico**. UNESP, São Paulo, 2004.

STERNBERG, Hilgard O'Reilly. **A Água e o Homem na Várzea do Careiro**. 2e ed ed. Belém: Museu paraense Emilio Goeldi, 1998.

STEVAUX, José Cândido; LATRUBESSE, Edgardo Manuel. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

SUGUIO, Kenitiro; BIGARELLA, João José. **Ambientes fluviais**. 2. ed., rev. Florianópolis: UFSC, 1990. 183 p.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE; SUPREN, 1977.

ZANANDREA, Franciele; KOBIYAMA, Masato; MICHEL, Gean Paulo. Conectividade hidrossedimentológica: uma abordagem conceitual. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos** (22.: Florianópolis, 2017). Anais [recurso eletrônico].Porto Alegre: ABRH, 2017.

ZANANDREA, Franciele et al. Conectividade dos sedimentos: conceitos, princípios e aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, 2020.

ZANI, H; MARINHO, R. R; GAVLAK A, A. Avaliação de métodos para extração de corpos d'água e áreas inundadas em imagens Landsat-TM. **SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA**, VIII, Belo Horizonte, 2010.

PUBLICAÇÕES RELACIONADAS A PESQUISA

JESUS, D. D; MARINHO, R. R. A superfície de água em períodos de eventos climáticos extremos na Ilha do Careiro, Amazonas (Brasil). **ACTA GEOGRÁFICA**, v. 19, n. 53, p. 60–80, 2025.

JESUS, D. D; MARINHO, R. R; RIBEIRO, D. F. Monitoramento da Superfície de Água em Períodos de Eventos Extremos na Ilha do Careiro, Amazonas, Brasil. In: **Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2025, Salvador. Anais eletrônicos, Galoá, 2025. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2025/trabalhos/monitoramento-da-superficie-de-agua-em-periodos-de-eventos-extremos-na-ilha-do-c?lang=pt-br>> Acesso em: 18 Mar. 2026.

- A base dos dados utilizados nesta pesquisa está disponível no Mendeley Data no seguinte link: <https://data.mendeley.com/datasets/wt4msvrpbt/1>