

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA**

ALINE GABRIELA SILVEIRA ARAÚJO

**MORFODINÂMICA FLUVIAL DO RIO AMAZONAS ENTRE A ILHA DO
CAREIRO E A COSTA DO VARRE VENTO-AM**

**MANAUS-AM
2018**

ALINE GABRIELA SILVEIRA ARAÚJO

**MORFODINÂMICA FLUVIAL DO RIO AMAZONAS ENTRE A ILHA DO
CAREIRO E A COSTA DO VARRE VENTO-AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, nível de Mestrado, como requisito para obtenção de título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Domínios da Natureza na Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. José Alberto Lima de Carvalho

**MANAUS-AM
2018**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

A663m Araujo, Aline Gabriela Silveira
Morfodinâmica Fluvial do rio Amazonas entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento - AM / Aline Gabriela Silveira Araujo. 2018
130 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: José Alberto Lima de Carvalho
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Geomorfologia Fluvial. 2. Rio Amazonas . 3. Depósitos de Canal. 4. Navegação. I. Carvalho, José Alberto Lima de II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
 IFCHS/DEGEO/Programa de Pós-Graduação em Geografia
 Mestrado Conceito 4
 Aprovado pela Resolução nº 009 – CONSUNI de 17/08/95
 Credenciado pela CAPES em set/2000
 Reconhecido através da Portaria Nº 1.077 - MEC, de 31 de agosto de 2012



Ata da Defesa Pública da Dissertação de Mestrado do(a) Senhor(a) **ALINE GABRIELA SILVEIRA ARAÚJO**, discente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Filosofia, Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal do Amazonas, Área de Concentração em Amazônia: Território e Ambiente, realizada no dia **10 de Julho de 2018**.

Aos **dez** dias do mês de **Julho** de **dois mil e dezoito**, às **quatorze horas**, na sala de Audiovisual do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas, realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado, intitulada **“MORFODINÂMICA FLUVIAL DO RIO AMAZONAS ENTRE A ILHA DO CAREIRO E A COSTA DO VARRE-VENTO/AM”**, sob orientação do(a) Professor(a) Doutor(a) **JOSÉ ALBERTO LIMA DE CARVALHO (PPGEOG/UFAM)**, do(a) aluno(a) **ALINE GABRIELA SILVEIRA ARAÚJO**, em conformidade com o Art. 83 do Regimento Geral de Pós-Graduação da Universidade Federal do Amazonas, como parte final de seu trabalho para a obtenção do grau de **MESTRE EM GEOGRAFIA**, área de concentração em **AMAZÔNIA: TERRITÓRIO E AMBIENTE**. A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: **Professor(a) Doutor(a) José Alberto Lima de Carvalho, Presidente (PPGEOG/UFAM)**, **Professor(a) Doutor(a) Célia Alves de Souza (UNEMAT/MT)** e a **Professor(a) Doutor(a) Adorea Rebello da Cunha Albuquerque (PPGEOG/UFAM)**. O(A) Presidente da Banca Examinadora deu início à sessão convidando os membros da Banca e o(a) Mestrando(a) a tomarem seus lugares. Em seguida, o(a) Senhor(a) Presidente informou sobre o procedimento do exame. A palavra foi facultada ao(a) Mestrando(a) para apresentar uma síntese do seu estudo e responder às perguntas formuladas pelos Membros da Banca Examinadora. Após a apresentação e arguição pelos Membros da Banca Examinadora, esta reuniu-se onde decidiu, por unanimidade, que o(a) discente foi **“APROVADO”**. A sessão foi encerrada. Eu, **Maria das Graças Luzeiro**, Secretária do PPGEOG, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim, pelos Membros da Banca Examinadora e pelo(a) Mestrando(a). Manaus (AM), **10 de Julho de 2018**.

Banca Examinadora	Rubrica	Nota
<i>Prof(a) Dr(a) José Alberto Lima de Carvalho</i> <i>Presidente (PPGEOG/UFAM)</i>		“10,0”
<i>Prof(a) Dr(a) Célia Alves de Souza</i> <i>Membro Titular (UNEMAT/MT)</i>		“10,0”
<i>Prof(a) Dr(a) Adorea Rebello da Cunha Albuquerque</i> <i>Membro Titular (PPGEOG/UFAM)</i>		“10,0”
<i>Aline Gabriela Silveira Araújo</i> Aline Gabriela Silveira Araújo Mestranda	 Maria das Graças Luzeiro Secretária do PPGEOG	

DEDICO este trabalho aos meus pais Isabel Cristina Silveira e Orlando da Silva Araújo. Aos meus avós maternos, Anísia Miranda (*in memorian*) e Antônio Leite (*in memorian*). A minha avó paterna, Jovelina Araújo. E aos meus amados irmãos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por todas as graças alcançadas, pela proteção e força.

Ao Professor Dr. José Alberto Lima de Carvalho, pela oportunidade, pela paciência, por confiar em minha capacidade e me ensinar não somente sobre a dinâmica dos rios, mas a dinâmica da vida.

Aos meus pais Orlando da Silva Araújo e Isabel Cristina Silveira, por me transformarem na pessoa que sou hoje. Obrigada mãe, por todo o apoio, amor e orações.

Aos amigos Amanda Cabral e Rildo Marques, que sempre me apoiaram nesse período de mestrado, tanto motivando quanto tirando dúvidas em relação à pesquisa. Amanda e seu esposo Ricardo Meza, por inúmeras vezes ceder sua casa para que eu pudesse me “refugiar” da rotina e conseguir escrever e Rildo por me ensinar a fazer meus mapas e o caminho das “pedras” da pesquisa.

Ao Professor MSc. Deivison Carvalho Molinari, por me ajudar nos meus primeiros passos na pesquisa científica e por fundamental contribuição durante o processo seletivo do mestrado.

Aos amigos que a Seduc me presenteou, Laura Amorim, Ivana Gomes, Renata e Juciney Freitas, que com apoio e bom humor transformaram momentos de tensão e desespero em motivação para que eu concluísse a pesquisa.

Aos amigos Gisele Misae e Fernando Lucas, por estarem sempre me motivando, apoiando e demonstrando a amizade em todos os momentos.

A minha tia Antônia Silveira, por cuidar de mim como uma filha desde que sai de minha cidade para trilhar novos rumos em Manaus.

A Vanessa Botinelly, por sua imprescindível ajuda no processo de inscrição do mestrado.

A meu primo, Diego Silveira Mamed, que também não mediu esforços em me ajudar no processo de inscrição e no início da conturbada rotina de conciliar mestrado e Seduc.

A Mayara Queiroz e André Alves, por todo apoio e ajuda nessa fase final da escrita e defesa.

Aos colegas da turma 10, por todos os momentos de apoio, pelas conversas divertidas e motivadoras.

A toda a minha família, irmãos, primos, tios, avó e sobrinho, por não me deixarem desistir.

Enfim, deixo meu muito obrigada a todos que, de alguma forma colaboraram com a concretização desse objetivo.

Ser capaz, como um rio
que leva sozinho
a canoa que se cansa,
de servir de caminho
para a esperança.
E de lavar do límpido
a mágoa da mancha,
como o rio que leva,
e lava.

Crescer para entregar
na distância calada
um poder de canção,
como o rio decifra
o segredo do chão.

Se tempo é de descer,
reter o dom da força
sem deixar de seguir.
E até mesmo sumir
para, subterrâneo,
aprender a voltar
e cumprir, no seu curso,
o ofício de amar.

Como um rio, aceitar
essas súbitas ondas
feitas de água impuras
que afloram a escondida
verdade nas funduras.

Como um rio, que nasce
de outros, saber seguir
junto com outros sendo
e noutros se prolongando
e construir o encontro
com as águas grandes
do oceano sem fim.

Mudar em movimento,
mas sem deixar de ser
o mesmo ser que muda.

Como um rio.

Thiago de Mello, em "Mormaço na
floresta", 1981

RESUMO

O trecho do rio Amazonas, entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento desenvolve-se sobre depósitos da Formação Alter do Chão, evidenciados na margem esquerda, contrastando com a margem direita, formada a partir de depósitos holocênicos, mais propícia a alterações decorrentes da dinâmica do próprio rio Amazonas. Este, por transportar elevada carga de sedimentos em suspensão, oriundos, quase em sua totalidade de erosão andina, caracteriza-se por constantes processos dinâmicos, alterando assim, a paisagem por onde passa. Devido a esse dinamismo intenso característico do rio Amazonas, este sempre é um alvo fascinante e motivador para estudos. Diante disso, através de análise temporal decorrente de sensoriamento remoto e perfis batimétricos transversais do rio Amazonas, foi possível vislumbrar a intensidade dos processos fluviais, e a partir da concepção sistêmica, compreender suas causas e implicações no trecho em questão. No início do trecho pesquisado, nas proximidades da Costa do Jatuarana, evidencia-se um intenso afloramento arenítico, presente na margem esquerda e no interior do canal, o que justifica os Farolotes Jacaré e Moronas, e é exatamente nesse trecho que está em formação um extenso depósito dentro do canal, influenciando a geometria do rio Amazonas e causando erosão na margem direita, onde está localizada a Ilha Terra Nova. A jusante, no início da Ilha da Eva, outro depósito de maior extensão está em processo de formação, e devido a sua evolução, forçou o talvegue a se deslocar para a margem direita, início da Costa do Varre Vento, causando intensa pressão hidráulica nessa margem e conseqüentemente erosão lateral, alargando o canal no trecho. Devido a esta intensa dinâmica na qual este trecho do rio Amazonas está sujeito, a navegabilidade, principalmente de navios de grande calado, tende a ser comprometido em períodos extremos de vazante, o que, de acordo com a análise do comportamento das enchentes e vazantes do rio Amazonas nos últimos anos, aponta a tendência de eventos extremos em espaços de tempo cada vez menores. Por fim, acredita-se que esta pesquisa, contribua com a ampliação do conhecimento sobre a compreensão da dinâmica do rio Amazonas, além de entender que, devido aos processos que ocorrem neste rio se darem de forma intensa, cada vez mais torna-se necessário pesquisas sobre a temática.

Palavras-chave: geomorfologia fluvial; rio Amazonas; depósitos de canal; navegação.

RESUMEM

El tramo del río Amazonas, entre la Ilha do Careiro y la Costa del Varre Vento se desarrolla sobre depósitos de la Formación Alter do Chão, evidenciados en la margen izquierda, contrastando con la margen derecha, formada a partir de depósitos holocénicos, más propicia a cambios debido a la dinámica del propio río Amazonas. Este, por transportar elevada carga de sedimentos en suspensión, oriundos, casi en su totalidad de erosión andina, se caracteriza por constantes procesos dinámicos, alterando así el paisaje por donde pasa. Debido a este dinamismo intenso característico del río Amazonas, éste siempre es un objetivo fascinante y motivador para estudios. Por ello, a través del análisis temporal resultante de la percepción remota y perfiles batimétricos transversales del río Amazonas, fue posible vislumbrar la intensidad de los procesos fluviales, ya partir de la concepción sistémica, comprender sus causas e implicaciones en el tramo en cuestión. En el inicio del tramo investigado, en las proximidades de la Costa del Jatuarana, se evidencia un intenso afloramiento arenítico, presente en la margen izquierda y en el interior del canal, lo que justifica los Faroletes Jacaré y Moronas, y es precisamente en ese trecho que está en formación un un extenso depósito dentro del canal, influenciando la geometría del río Amazonas y causando erosión en la margen derecha, donde está ubicada la Isla Tierra Nova. En el inicio de la Isla de Eva, otro depósito de mayor extensión está en proceso de formación, y debido a su evolución, forzó al talvegue a desplazarse hacia la margen derecha, inicio de la Costa del Varre Viento, causando una intensa presión hidráulica en el margen y consecuentemente la erosión lateral, ampliando el canal en el tramo. Debido a esta intensa dinámica en la que este tramo del río Amazonas está sujeto, la navegabilidad, principalmente de buques de gran calado, tiende a ser comprometido en períodos extremos de fugas, lo que, de acuerdo con el análisis del comportamiento de las inundaciones y fugas del el río Amazonas en los últimos años, apunta la tendencia de eventos extremos en espacios de tiempo cada vez menores. Por último, se cree que esta investigación, contribuya con la ampliación del conocimiento sobre la comprensión de la dinámica del río Amazonas, además de entender que, debido a los procesos que ocurren en este río se dan de forma intensa, cada vez más se hace necesario investigaciones sobre la temática.

Palabras-clave: geomorfología fluvial; río Amazonas; deposición fluvial; navegación.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do trecho estudado.....	20
Figura 2: Processos fluviais predominantes ao longo do perfil longitudinal.....	31
Figura 3: Provável paleo-relevo do final do Paleozóico.....	44
Figura 4: Provável configuração do relevo no Mesozóico.....	44
Figura 5: Provável arquitetura morfológica do final do Terciário Médio.....	45
Figura 6: Formações geológicas do trecho entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento-AM.....	49
Figura 7: Geomorfologia do trecho entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento - AM.....	53
Figura 8: Falésia da margem esquerda do Rio Amazonas.....	55
Figura 9: Terras Caídas da margem direita do rio Amazonas.....	58
Figura 10: Variação mensal da precipitação em Manaus (1988-2017)	60
Figura 11: Variação mensal da temperatura máxima em Manaus (1988-2017)	60
Figura 12: Variação mensal da temperatura máxima em Manaus (2010-2017)	61
Figura 13: Variação mensal da temperatura mínima em Manaus (1988-2017)	62
Figura 14: Ocorrências de cotas máximas e mínimas do rio Amazonas.....	63
Figura 15: Comportamento fluviométrico do rio Amazonas entre 2007 e 2017.....	64
Figura 16: Comportamento das enchentes e vazantes de 1992 até 2017.....	65
Figura 17: Pedologia do trecho entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento – AM.....	69
Figura 18: Aquisição dos dados batimétricos.....	78
Figura 19: Fases evolutivas do sistema fluvial durante o Holoceno.....	84
Figura 20: Localização das principais ilhas da área de estudo.....	87
Figura 21: Localização dos perfis batimétricos transversais no rio Amazonas.....	89
Figura 22: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas n°01.....	90
Figura 23: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas n°02.....	91
Figura 24: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas n°03.....	92
Figura 25: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas n°04.....	92
Figura 26: Localização dos perfis transversais em relação ao depósito da Costa do Jatuarana.....	94
Figura 27: Afloramento rochoso na margem esquerda do rio Amazonas.....	96
Figura 28: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas n°05.....	97
Figura 29: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas n°06.....	98
Figura 30: Perfil batimétrico transversal do Paraná das Onças n°07.....	98
Figura 31: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas n°08.....	99

Figura 32: Localização dos perfis transversais em relação ao depósito.....	100
Figura 33: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº09.....	101
Figura 34: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº10.....	102
Figura 35: Morfodinâmica entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento no intervalo 1998 a 2006.....	106
Figura 36: Morfodinâmica entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento no intervalo de 2006 a 2017.....	110
Figura 37: Processos fluviais na Costa do Jatuarana.....	112
Figura 38: Áreas com maior intensidade de processos fluviais entre 1998 e 2017.....	114
Figura 39: Morfodinâmica entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento no intervalo 1998 a 2017.....	116
Figura 40: Taxas de erosão e deposição no período de 1998 a 2006.....	117
Figura 41: Taxas de erosão e deposição no período de 2006 a 2017.....	118
Figura 42: Taxas de erosão e deposição no período de 1998 a 2017.....	119

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Indicadores de eficiência genéricos do transporte fluvial.....	40
TABELA 2: Dados das Imagens Landsat selecionadas para o estudo.....	81
TABELA 3: Geometria do rio Amazonas no trecho estudado.....	103

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Classificações de padrões dos canais fluviais.....	29
QUADRO 2: Síntese das componentes naturais presentes no trecho estudado.....	72

LISTA DE SIGLAS

AHIMOC - Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental

ANA - Agência Nacional de Águas

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

USGS – U. S. Geological Survey

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	18
CAPÍTULO I – SISTEMA E PROCESSOS FLUVIAIS	22
1. Bacia hidrográfica enquanto sistema.....	22
2. Canal Fluvial	25
2.1 O padrão do canal fluvial	26
3. Os processos fluviais	29
3.1. Erosão fluvial	32
3.2. Transporte de sedimentos	33
3.3. Deposição fluvial.....	35
4. Depósito de canal e implicações para o transporte fluvial na região amazônica ..	39
CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DO RIO AMAZONAS NO TRECHO ENTRE A ILHA DO CAREIRO E A COSTA DO VARRE VENTO.....	43
1. A Bacia Hidrográfica Amazônica: origem e evolução	43
2. Componentes naturais da paisagem.....	46
2.1. Geologia	46
2.2. Neotectônica.....	50
2.3. Geomorfologia	51
2.3.1. Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental	54
2.3.2. Planície Amazônica	56
2.3.3. Tabuleiros da Amazônia Centro-Occidental.....	58
2.4. Regime Climático e Hidrológico	59
2.4.1. Regime Climático.....	59
2.4.2. Regime hidrológico do rio Amazonas.....	62
2.4.3. Os tipos de rios amazônicos	65
2.5. Pedologia.....	68
2.6. Vegetação.....	71
CAPÍTULO III: FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA E MATERIAIS.....	73
1. O Método da Geografia Física.....	73
2. A Paisagem enquanto categoria geográfica e o estudo integrado de seus componentes	75
3. Procedimentos Metodológicos da Pesquisa	77
3.1. Medições batimétricas transversais do rio Amazonas	77

3.2. Dados Hidrológicos e Pluviométricos	79
3.3. Análise multitemporal por sensoriamento remoto	79
3.3.1. Georreferenciamento das imagens	81
3.3.2. Classificação e vetorização das imagens.....	81
3.3.3. Análise multitemporal.....	81
CAPÍTULO IV: MORFODINÂMICA FLUVIAL ENTRE A ILHA DO CAREIRO E A COSTA DO VARRE VENTO – AM.....	83
1. Dinâmica fluvial do rio Amazonas entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento	83
2. A geometria do rio Amazonas entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento – AM	88
3. Evolução multitemporal entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento	103
3.1. A dinâmica fluvial entre 1998 e 2006	103
3.2. A dinâmica fluvial entre 2006 e 2017	107
3.3. Morfodinâmica no período de 1998 a 2017	111
4. Influência da dinâmica fluvial nos aspectos socioeconômicos da região	119
CONCLUSÕES	122
REFERÊNCIAS	124

INTRODUÇÃO

Disposto entre o encontro dos rios Negro e Solimões, a montante, e a foz do rio Madeira, a jusante, o trecho que compreende a Ilha do Careiro até a Costa do Varre Vento apresenta o rio Amazonas atuando como limite em vários aspectos, como geológico, geomorfológico e pedológico.

Primeiramente, nos aspectos geológicos, este rio divide-se entre Formação Alter do Chão (margem esquerda) e Aluviões Holocênicos (margem direita). Por consequência disso, também apresenta contrastes quanto às Unidades Geomorfológicas e Classes de solos, ocasionando paisagens distintas entre suas margens.

Além disso, é uma área diretamente influenciada pelo Encontro dos rios Negro e Solimões e controlada pela Neotectônica.

Ao se referir ao rio Amazonas, rio de águas brancas, nascido e alimentado pelos Andes, responsável por transportar grande carga de material em suspensão, sabe-se que ele apresenta intensa dinâmica por onde passa, caracterizando o complexo sistema amazônico.

Em comparação as outras classificações de rios amazônicos, águas preta e clara, reconhecidos por serem mais discretos em relação a dinâmica fluvial, os rios de águas branca destacam-se pelo seu intenso poder de mudanças em seu leito e na paisagem de suas margens. No caso do rio Amazonas, desde a sua nascente até a sua foz, este rio apresenta as mais diversas paisagens, apresentando constantes alterações em suas feições.

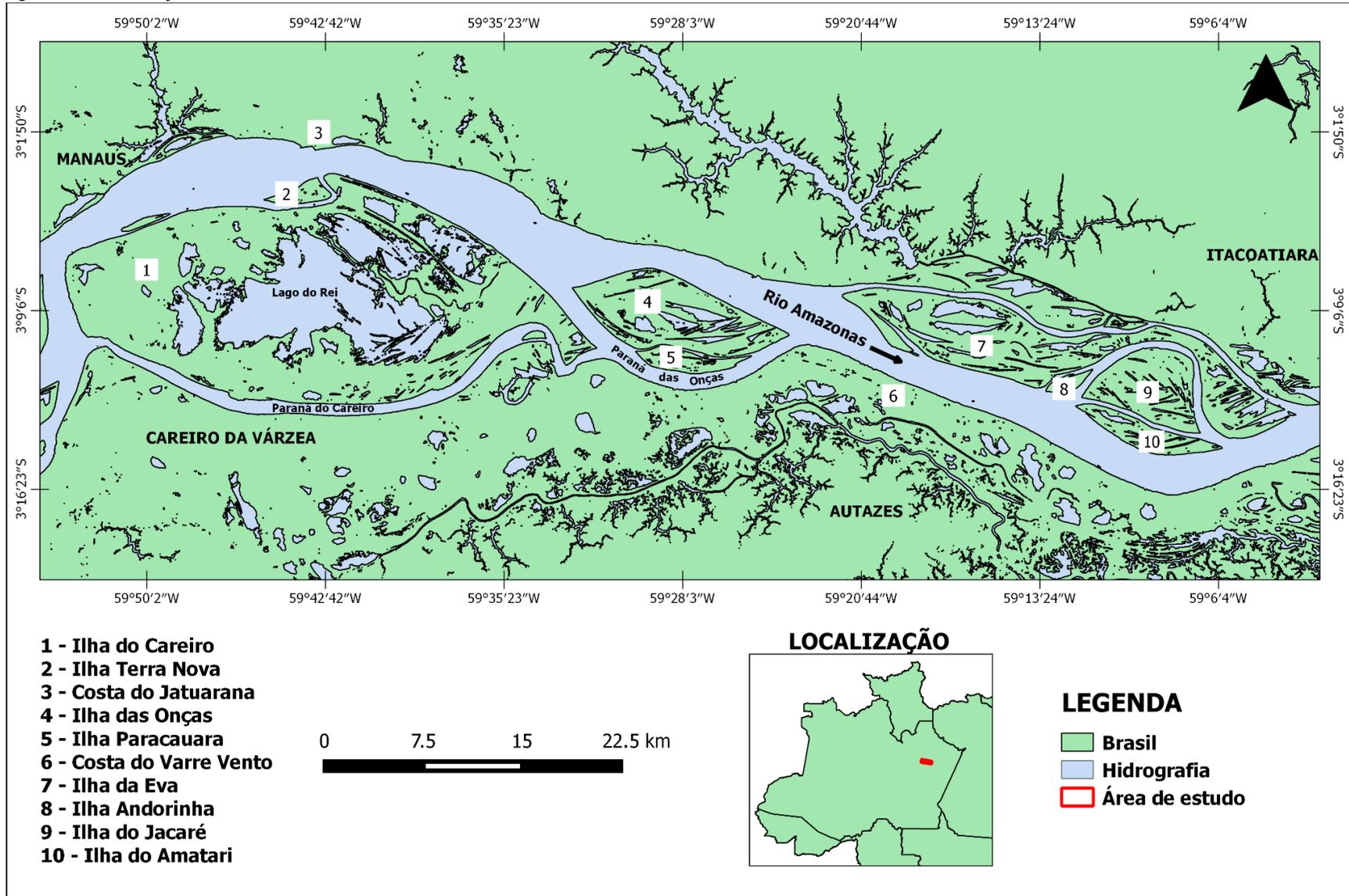
Essas alterações são consequências dos processos fluviais, caracterizados como erosão, transporte e deposição de sedimentos, que, ao atuarem ao longo de todo o perfil longitudinal, são responsáveis por mudanças no canal, tanto em seu interior, com a deposição em seu leito e surgimento de ilhas e barras laterais, quanto na ação erosiva sofrida nas margens, causando o alargamento do canal.

Nessa pesquisa, o objetivo principal é analisar as mudanças ocorridas no trecho do rio Amazonas, entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento, no período de 1998 a 2017, mensurando os resultados dos processos de erosão e deposição, como a formação de depósitos de canal e sua possível influência a navegabilidade do trecho em períodos de extrema vazante.

Para alcançar esse objetivo, foram traçados os seguintes objetivos específicos: 1 - Mapear o leito do rio Amazonas para verificar a geometria do canal, correlacionando-a com os processos fluviais; 2 - Identificar a morfodinâmica ocorrida entre os anos de 1998 e 2017 e; 3 - Estimar as taxas de erosão e deposição no trecho.

Além de funcionar como limite em vários aspectos, conforme citado anteriormente, no trecho estudado, o rio Amazonas também é limítrofe entre quatro municípios do Estado do Amazonas, sendo Manaus e Itacoatiara pela margem esquerda e Careiro da Várzea e Autazes pela margem direita (Figura 1).

Figura 1: Localização do trecho estudado.



Fonte: USGS. Org; ARAUJO, A. G. S., 2018.

Pelo fato do rio Amazonas, no trecho, separar unidades geológicas e geomorfológicas, as características entre as suas margens são distintas. Além disso, os processos fluviais (erosão e deposição), ocorrem com mais intensidade na margem direita, embasada por sedimentos mais recentes, trabalhados pelo próprio rio.

Este trabalho está disposto em quatro capítulos, onde, no primeiro, preocupou-se em debater os principais conceitos relacionados ao sistema fluvial, abordando seus processos e possíveis influências nos aspectos socioeconômicos, como por exemplo na navegabilidade.

O segundo capítulo contém as características da paisagem compreendida no trecho, abordando os aspectos geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrográficos, pedológicos e de vegetação, contribuindo assim com a compreensão dos processos de formação natural do trecho, sua evolução e possíveis transformações.

No terceiro capítulo, ao abordar os procedimentos técnicos e a fundamentação teórica, iniciou-se com o debate sobre o método da Geografia Física, seguido da paisagem enquanto categoria geográfica e por fim, os procedimentos técnicos da pesquisa, que foram as medições transversais do rio Amazonas, análise dos dados hidrológicos e a análise multitemporal através de sensoriamento remoto.

No quarto capítulo foram apresentados os resultados obtidos na pesquisa, relacionando os dados coletados em campo com a análise multitemporal, associando as possíveis implicações com a navegabilidade no trecho e mais especificamente o transporte de cabotagem.

Por fim, essa pesquisa teve como intuito contribuir com a compreensão da dinâmica fluvial de um trecho do rio Amazonas, analisando seus processos e demonstrando sua importância para a população local e principalmente para o transporte fluvial, enfatizando na relevância em constantes estudos sobre a temática.

CAPÍTULO I – SISTEMA E PROCESSOS FLUVIAIS

Neste capítulo serão apresentados os embasamentos conceituais pertinentes à compreensão do sistema fluvial e dos processos que nele atuam. Nesse sentido, foi realizada uma revisão teórica relacionada à estudos clássicos e recentes sobre a temática. Partiu-se do pressuposto da importância de compreender a bacia hidrográfica enquanto sistema, assim sendo formada por subsistemas interdependentes. Em seguida, a ênfase foi em relação à dinâmica dos processos atuantes no ambiente fluvial, e a ação como modeladores da paisagem. Por conseguinte, foi ressaltado o canal fluvial, levando em consideração os padrões existentes na natureza e suas características. Pelo fato da pesquisa relacionar a dinâmica fluvial com o transporte na região, também foi abordado esse assunto, dando destaque para a importância, os benefícios e dificuldades nesse tipo de transporte na Amazônia.

1. Bacia hidrográfica enquanto sistema

A Geomorfologia Fluvial é caracterizada por Christofolletti (1980) e Cunha (2001) como a ciência que estuda os processos e as formas de escoamento dos rios, enfatizando os processos fluviais, as formas dos cursos de água e as características das bacias hidrográficas. Ganhou destaque na ciência geomorfológica em consequência da importância dos rios, e com isso detém a maior produção científica dessa área do conhecimento.

Sugio & Bigarella (1990) e Cunha (2001) ressaltam a importância dos rios, principalmente como agente condicionante para a própria vida humana e seu desenvolvimento. Pois, como é sabido, antigas civilizações surgiram e se desenvolveram às margens dos grandes rios, utilizando-se deles em seu benefício e em diversas utilidades. Além disso, ainda hoje, principalmente na região amazônica, os rios estão diretamente relacionados com a vida dos moradores, com a logística de transportes e com a economia local.

Além de estar atrelado à vida das populações por onde passa, o rio também caracteriza-se como o principal agente geomorfológico modelador do relevo terrestre, pois este, erode as margens, transporta e deposita sedimentos ao longo de seu trajeto,

com isso, alterando a paisagem (Christofoletti, 1980; Suguio & Bigarella, 1990; Guerra, 2001; Ritter; Kochel; Miller 2002).

Ampliando para o âmbito da bacia hidrográfica, Suguio & Bigarella (1990), a definem como uma área de abrangência de um rio e seus afluentes. Enquanto Rodrigues e Adami (2005), vão um pouco além e a definem como:

um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximo à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. (RODRIGUES E ADAMI, 2005, p. 147).

Ademais, os autores abordam que a bacia hidrográfica sendo considerada como um sistema, é constituída por subsistemas. Charlton (2008) também entende a presença dos subsistemas na bacia hidrográfica, e afirma que estes estão interligados por processos que movem tanto a água quanto sedimentos entre eles.

A partir dessa visão da bacia hidrográfica como um sistema, faz-se necessário compreender o que são sistemas e o seu funcionamento. Diante disso, os sistemas são definidos como o conjunto ou coleção de elementos que possuem propriedades que lhe são inerentes e que diferem da soma das propriedades dos seus componentes (Tricart, 1977; Christofoletti, 1980; Charlton, 2008; Stevaux e Latrubesse, 2017).

De acordo com Christofoletti (1980), a inserção da teoria dos sistemas aos estudos geomorfológicos serve como foco para as pesquisas e para delinear com maior exatidão o setor de estudo dessa ciência.

O autor também destaca que a teoria geral dos sistemas foi introduzida na geomorfologia pelos trabalhos pioneiros de Strahler (1950; 1952), posteriormente associados às contribuições de Hack (1960), Chorley (1962) e Howard (1965), que se constituem como os trabalhos básicos e essenciais para a colocação dessa problemática. Nesse sentido Strahler (1952, apud, GREGORY, 1992) afirma que “a Geomorfologia realizará seu mais pleno desenvolvimento somente quando as formas e os processos forem relacionados em termos de sistemas dinâmicos, e as transformações de massa e energia forem consideradas como funções do tempo”.

A teoria geral dos sistemas foi formulada pelo biólogo austríaco Ludwig Von Bertalanffy em 1945, logo após a Segunda Guerra Mundial, ao publicar a obra intitulada “Teoria Geral dos Sistemas”. Ele defendia que era necessária uma visão sistêmica do mundo, e que a partir da compreensão do todo, seria possível

compreender o funcionamento das partes. Para o autor, essa concepção “visava tanto a investigação científica dos sistemas em várias ciências quanto sua aplicação tecnológica e, ainda, a própria filosofia dos sistemas, no sentido de promover a discussão desse novo paradigma científico” (RODRIGUES, 2001, p. 72).

Bertalanffy (1977), advoga sobre o surgimento da necessidade da utilização da abordagem sistêmica na pesquisa científica, e a respeito disso argumenta:

Entretanto, só recentemente se tornou visível a necessidade e a exequibilidade da abordagem dos sistemas. A necessidade resultou do fato do esquema mecanicista das séries causais isoláveis e do tratamento por partes ter se mostrado insuficiente para atender aos problemas teóricos, especialmente nas ciências bio-sociais, e aos problemas práticos propostos pela moderna tecnologia. (BERTALANFFY, 1977, p.28)

A Teoria Geral dos Sistemas buscou oferecer princípios universais para todo ramo do conhecimento para melhor compreender o mundo a partir da concepção de organização.

Em sua teoria, Bertalanffy (1993), classificou os sistemas em três tipos: aberto, fechado e isolado. Sendo que o sistema aberto é todo aquele que recebe matéria e energia (input), processando esses elementos no seu interior e posteriormente trocando esses elementos com o ambiente adjacente (output). O sistema fechado ocorre quando existe troca de energia, porém, não há troca de matéria com o exterior. E o sistema isolado ocorre quando não há trocas, nem de energia e nem de matéria.

No entanto, Christofletti (1979), estabelece apenas dois tipos de sistemas, os isolados e os não-isolados. Sendo considerados como isolados aqueles sistemas onde, dadas as condições iniciais, não perdem e nem recebem energia e/ou matéria do ambiente que os circundam. Quanto aos sistemas não-isolados, o autor os define como aqueles que mantêm relações com os demais sistemas do universo no qual funcionam. Além disso, subdivide os sistemas não-isolados em: fechados, quando há troca de energia, mas não de matéria e abertos, quando ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo.

Bertalanffy (1977), levando em consideração à própria natureza e definição dos sistemas abertos, argumenta que:

Todo organismo vivo é essencialmente um sistema aberto. Mantem-se em contínuo fluxo de entrada e de saída, conserva-se mediante a construção e a decomposição de componentes, nunca estando, enquanto vivo, em um estado de equilíbrio químico e termodinâmico, mas mantendo-se no chamado estado estacionário, que é distinto do último. (BERTALANFFY, 1977, p. 64)

Carvalho (2012, p.21) considera que a “bacia hidrográfica se encaixa perfeitamente no conceito de sistema aberto, dinâmico e complexo, pois está em contínua interação com o ambiente externo trocando matéria, energia e informação”.

Nesse sentido, Christofolletti (1980, p.65) argumenta que “todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, nos rios”. Pois, as condições climáticas, a cobertura vegetal e a litologia atuam como fatores controladores da morfogênese das vertentes, influenciando assim no tipo de sedimento fornecido ao rio e posteriormente transportado por ele.

Charlton (2008) considera que a bacia de drenagem, além de ser a unidade básica do sistema fluvial e caracterizar-se como um sistema aberto, é formada por subsistemas, que seriam estes as colinas, a rede de canais e a planície de inundação. Rodrigues e Adami (2005) corroboram com esse entendimento, considerando que os subsistemas da bacia hidrográfica são as vertentes, os canais fluviais e as planícies de inundação. Ou seja, esses subsistemas interferem no comportamento do sistema da bacia hidrográfica e sofrem simultânea interferência deste.

Devido à sua visão holística de natureza, a concepção sistêmica se aplica perfeitamente aos estudos relacionados a bacias hidrográficas. Diante disso Christofolletti (1980), afirma que as análises dos cursos de água só podem ser realizadas em função da perspectiva global do sistema hidrográfico. Por isso, esse método de abordagem está sendo bastante difundido em estudos geomorfológicos e fluviais.

2. Canal Fluvial

Segundo Charlton (2008), o canal fluvial é um dos subsistemas constituintes do sistema bacia hidrográfica, Suguio & Bigarella (1990), discorrem que o canal é por onde o rio, o tronco principal do sistema de drenagem, percorre. É nele que a água e sedimentos escoam, realizando os processos de erosão, transporte e deposição, alternando assim a paisagem por onde passam. A respeito do canal fluvial, algumas

classificações são defendidas nas pesquisas realizadas até então, levando em consideração a fisionomia que o rio apresenta ao longo de seu perfil longitudinal.

2.1 O padrão do canal fluvial

O padrão de um canal fluvial reflete no ajuste entre vários fatores interdependentes nesse sistema geomorfológico, como por exemplo, a descarga líquida, carga sedimentar, declive, largura e profundidade do canal, velocidade do fluxo e rugosidade do leito. (CHRISTOFOLETTI, 1981; SUGUIO & BIGARELLA, 1990; CUNHA, 2001).

A classificação dos tipos de canais quanto a fisionomia que este apresenta ao longo de seu perfil longitudinal, geralmente é exposta como retilínea, anastomosada ou meandrante.

Segundo Christofolletti (1981), o padrão de canal reto ocorre quando o rio percorre um trajeto retilíneo, sem se desviar significativamente de sua trajetória normal em direção a foz. Entretanto, canais verdadeiramente retilíneos são pouco frequentes na natureza quando comparados aos outros padrões, estes representam apenas trechos de canais curtos. (SUGUIO & BIGARELLA, 1990; CUNHA, 2001).

Cunha (2001) atribui a um leito rochoso homogêneo, a característica básica para a existência de um canal reto, pois ele oferece igualdade de resistência à atuação da água.

Enquanto um canal caracterizado como retilíneo apresenta sinuosidade insignificante, seu talvegue tende a ser divagante, transitando entre uma margem e outra contribuindo com a formação de barras laterais dispostas alternadamente nas margens. Nesse sentido:

Um canal reto possui margens retilíneas e a seção transversal é estreita e profunda. Se o canal for simétrico, os perfis transversais serão uniformes. Entretanto, na maioria dos casos, embora o canal seja considerado como reto, o fluxo ao longo do talvegue não o é. O talvegue, linha que liga os pontos de maior profundidade ao longo do canal, apresenta lineamento sinuoso que serpenteia de uma margem a outra. No perfil transversal desses cursos, observa-se o ponto de maior profundidade (no talvegue) e do lado oposto a existência de parte mais rasa, onde há acumulação detrítica. Em virtude da navegação sinuosa do talvegue, essas saliências (barras, bancos) tendem a se alternar de um lado do canal para o outro. (CHRISTOFOLETTI, 1981, p.148).

Quanto ao padrão de canal anastomosado, Suguio & Bigarella (1990) o caracterizam por apresentar sucessivas ramificações de seus cursos que se voltam a se encontrar posteriormente, separados por ilhas assimétricas e barras arenosas. A respeito dessas barras e ilhas:

são bancos ou coroas de detritos móveis carregados pelos cursos de água e ficam submersas durante as cheias. As ilhas são mais fixas ao fundo do leito, apesar da ação erosiva e da sedimentação, podendo ficar parcialmente emersas no decorrer do período das cheias. Também as barras podem ser estabilizadas pela deposição dos sedimentos mais finos e/ou pela fixação da cobertura vegetal durante os intervalos das enchentes. A presença da vegetação dificulta a erosão e permite a deposição de sedimentos finos. (CUNHA, 2001, p.217).

Além disso, esse padrão caracteriza-se por apresentar as características de canais largos, transporte rápido dos sedimentos e consecutivas migrações laterais. Cunha (2001), atribui o estabelecimento desse tipo de canal devido à existência de algumas condições básicas, como a disponibilidade da carga do leito, a variabilidade do regime fluvial e a existência de contraste topográfico acentuado.

Sobre o padrão anastomosado na Amazônia, Sternberg (1998) profere que os rios amazônicos escoam através de formações sedimentares, depositadas por eles mesmos. Quanto ao rio Solimões – Amazonas, o autor afirma que “as águas se bifurcam e anastomosam, enfeixando ilhas aproximadamente lenticulares que se alongam no sentido da corrente e dividem o grande rio em dois, três ou mais canais” (STERNBERG, 1998, p.1).

No que diz respeito ao padrão de canal meandrante, Christofolletti (1981) afirma que as informações disponíveis na literatura geomorfológica, quase em sua totalidade, se referem a esse tipo de padrão. O autor considera que estes rios são classificados a partir de duas perspectivas de abordagem: a que consideram os meandros como denunciadores de determinado estágio da evolução cíclica e os que consideram os meandros como característica da própria dinâmica fluvial.

No geral, esses rios são caracterizados pela presença de curvas sinuosas e semelhantes entre si, onde predomina o processo de erosão na margem côncava e de deposição na margem convexa. De acordo com Stevaux e Latrubesse (2017), esse padrão de canal é favorecido por bancos mais heterogêneos com ocorrência de trechos com maior ou menor erodibilidade.

Esse padrão é característico de rios com gradiente suavemente baixo, por fluxo contínuo e regular e pela presença de um único canal que transborda nos períodos de cheia. Quanto à disposição desse padrão na natureza:

Os canais meandantes são encontrados mais comumente nos rios das regiões úmidas cobertas por vegetação. Nestas regiões as proporções de descarga sazonal são estáveis e a carga de sedimentos transportados é relativamente baixa em virtude da topografia suavizada e da cobertura vegetal. (SUGUIO & BIGARELLA, 1990, p. 23)

A respeito dos canais meandantes na Amazônia, (CARNEIRO, 2009, p.26) argumenta que “os meandros formam uma paisagem comum na Amazônia. Ao contrário da afirmação de alguns autores de que os meandros são mais comuns nos cursos baixos, nessa região são encontrados em toda a extensão dos rios”.

Segundo Cunha (2001), apesar da classificação de Leopold e Woman (1957), que divide os canais nos três padrões apresentados anteriormente, ainda ser aceita, outras classificações surgiram (Quadro 1):

Quadro 1: Classificações de padrões dos canais fluviais.

Autores	Classificação dos padrões
Leopold e Woman (1957)	Retos, meândricos e anastomosados.
Schumm (1963)	Meandrante (tortuoso, irregular e regular), transicional e reto.
Dury (1969)	Meandrante, anastomosado, reto, deltaico, ramificado, reticulado e irregular.
Chitale (1970)	Canais únicos (reto, sinuoso, meandrante, tortuoso). Canais múltiplos (ramificado, anastomosado, reticulado, deltaico e labiríntico em trechos rochosos). Canais transicionais.
Kellerhals et. al. (1976)	a) canal reto; b) canal sinuoso; c) canal irregular; d) meandro regular; e) meandro tortuoso. Quanto à presença de ilhas, relativamente estáveis e florestadas, podem ser: a) ocasional; b) frequente; c) separada; d) anastomosada. A classificação de bancos envolve: a) banco lateral; b) cordão marginal convexo; c) banco da confluência; d) banco central; e) banco em losango; f) banco em diagonal; g) ondas de areia, banco lingóide ou dunas maiores.

Fonte: Cunha (2001). Org: Araújo (2017).

No entanto, quanto aos padrões dos canais, não se pode atribuir um único tipo para todo o perfil longitudinal do rio, pois, os padrões variam conforme o trecho. Diante disso, o que ocorre é a predominância de um padrão em um determinado trecho.

3. Os processos fluviais

Na física, a dinâmica (processos) é uma parte da mecânica que estuda o comportamento dos corpos em movimento e a ação das forças que produzem ou modificam seus movimentos. Na Geomorfologia Fluvial, a dinâmica fluvial é considerada como o trabalho de remoção, transporte e deposição de sedimentos.

Quanto a este trabalho decorrente da ação dos rios, Suguio & Bigarella (1990); Cunha (2001); afirmam que se trata de processos interdependentes que não podem

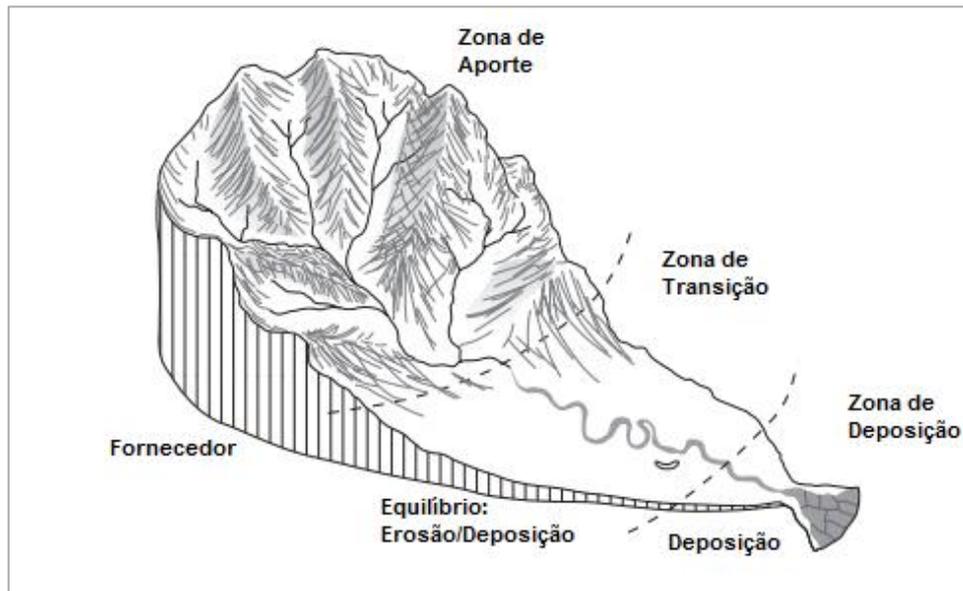
ser pensados isoladamente, a predominância de um ou outro em um trecho do rio vai depender da velocidade do fluxo de água. Entretanto, Christofolletti (1981) afirma que quando acontecem distúrbios no sistema, o canal vai se ajustando e reajustando até encontrar um novo equilíbrio.

Para Guerra (2001), Ritter; Kochel; Miller (2002) e Novo (2008) os rios exercem um papel importante no modelado do relevo terrestre e atuam como agentes morfológicos, pois, transportam e depositam sedimentos, erodem suas margens e conseqüentemente alteram a paisagem dos locais por onde passam.

Esses processos ocorrem durante todo o perfil longitudinal do canal fluvial, todavia, em alguns trechos ocorre o predomínio de um ou outro, pois estes dependem da velocidade do fluxo de água. Nesse sentido, ocorre a divisão do canal fluvial em três partes, curso superior, curso médio e curso inferior.

O curso superior é caracterizado pela função de fornecer sedimentos que serão conseqüentemente transportados e depositados ao longo do perfil longitudinal, por isso é denominado *zona de aporte*, por sua declividade e velocidade do fluxo facilitarem a predominância do processo de erosão. O curso médio é caracterizado por estabelecer um equilíbrio entre os processos de erosão e deposição de sedimentos, e é denominado de *zona de transferência*, exatamente por fornecer os sedimentos ao curso inferior, que devido à baixa declividade e velocidade do fluxo denomina-se como *zona de deposição*, conseqüentemente, por apresentar o predomínio do acúmulo de sedimentos (Figura 2).

Figura 2: Processos fluviais predominantes ao longo do perfil longitudinal.



Adaptado de Charlton (2008).

Considerando o comportamento de sistemas abertos, Christofolletti (1981, p.107) afirma que “o curso de água pode atingir o equilíbrio dinâmico, no qual a importação e exportação de energia e matéria são equacionadas por meio de um ajustamento entre as variáveis componentes”. Ou seja, através do equilíbrio, esse ajustamento ocorrido vai refletir na forma ou geometria do sistema fluvial.

Para o autor, o gradiente do canal fluvial sofre ajustamento com a quantidade de água e de carga e com a resistência do leito, de uma forma que o trabalho seja o mesmo ao longo de todo perfil longitudinal. Pelo fato da bacia de drenagem ser considerada como um sistema aberto, composto por outros subsistemas interdependentes, qualquer alteração sofrida no segmento fluvial tende a ajustar-se devido a capacidade de auto-regulação.

Nesse sentido, se o canal fluvial não sofrer alterações por eventos extremos ou pela ação antrópica, tende a manter o equilíbrio entre os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos ao longo do perfil longitudinal.

Ademais, como já citado anteriormente, os processos fluviais são interdependentes, e nesse sentido Sternberg, (1998, p.69) pondera a respeito dos rios da Amazônia “ao mesmo tempo que a erosão destrói a crista justafluvial, a deposição, via de regra, vai reconstruindo terras a dentro”.

3.1. Erosão fluvial

Os rios, ao longo de seu perfil longitudinal, realizam os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos. Sendo que a erosão fluvial é o primeiro processo a ocorrer, e “engloba os processos que resultam na retirada de detritos do fundo do leito e das margens, fazendo com que passem a integrar a carga sedimentar” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 235).

Apesar de ser o processo predominante do curso superior (zona de aporte), a erosão atua em todo o canal fluvial tendo um papel importante em sua dinâmica. Sabe-se que a erosão é um processo natural e faz parte dos processos fluviais, entretanto, este pode ser acelerado em função de atividades humanas. De acordo com Christofolletti (1981) e Suguio & Bigarella (1990), a erosão fluvial ocorre através dos processos de corrosão, corrasão e cavitação.

O processo de corrosão é controlado pela temperatura, ocorrendo de forma mais intensa em regiões mais quentes. Christofolletti (1981) e Suguio & Bigarella (1990), caracterizam a corrosão como todo e qualquer processo químico que se realiza a partir do contato entre a água e as rochas superficiais. “A erosão por corrosão resulta da dissolução de material solúvel durante a percolação da água no solo e da reação que se realiza entre a água corrente e o material que se encontra nas margens do canal” (CARVALHO, 2012, p. 23).

Enquanto que a corrasão é considerada como a abrasão por atrito mecânico entre as partículas carregadas pela água e o material das margens, provocando a fragmentação das rochas. Suguio & Bigarella (1990) afirmam que a capacidade de erosão de um rio está mais relacionada com as partículas por ele transportadas do que do volume de água. Logo, os autores atribuem à ação abrasiva dos sedimentos transportados, o papel de principal fator causador da erosão fluvial.

Todavia, Chistofolletti (1981), atribui o poder abrasivo somente à carga do leito do rio, afirmando que as cargas em solução e suspensão não possuem esse poder de abrasão. O autor cita como exemplo os rios intertropicais, caracterizados por transportar sedimentos de granulometria fina, e afirma que nestes a ação fluvial age mais como um polimento do que como um agente ativo de erosão lateral. Além disso, o autor pondera que a corrasão vertical é o entalhamento dos leitos fluviais e a corrasão lateral é o alargamento das planícies de inundação.

A erosão por cavitação ocorre somente quando as águas do rio atingem elevada velocidade, aumentando proporcionalmente as variações de pressão sobre as paredes do canal fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1981; SUGUIO & BIGARELLA, 1990). Carvalho (2012) atribui ao aumento da declividade do canal a ocorrência do processo de cavitação, pois este aumento do declive provoca conseqüentemente o aumento da velocidade e variação da pressão, facilitando assim, a fragmentação das rochas.

Ne região amazônica, devido a sua escala de grandeza, apresenta os processos de erosão de forma muito mais intensa, que segundo (CARVALHO, 2012) “é um processo natural responsável pelas constantes mudanças na paisagem ribeirinha e causadora de sérias implicações aos moradores”. Além disso, na Amazônica, esse processo fluvial recebe outra denominação:

Na região amazônica a erosão de margem é denominada de “terras caídas”. Trata-se de uma terminologia regional amazônica utilizada para designar de forma indistinta os desbarrancamentos que ocorrem nas margens do rio Amazonas e nos seus afluentes de água branca, particularmente nos trechos em que os mesmos são margeados pelos depósitos fluviais holocênicos que formam a atual planície de inundação. É um processo natural complexo, multicausal que acontece às vezes em escala quase que imperceptível, pontual, recorrente e não raro acontece de forma catastrófica, afetando em muitos casos extensões quilométricas da margem. (CARVALHO, 2012, p.17)

Carvalho (2006, 2012) frisa que o processo de erosão de margens é oriundo de alguns fatores, que segundo o autor, atuam dentro do canal fluvial, seriam estes fatores a pressão hidrodinâmica, a pressão hidrostática, a neotectônica, os fatores climáticos: chuva e vento, a composição do material das margens e os fatores humanos.

3.2. Transporte de sedimentos

Quase simultâneo ao processo de erosão, ocorre o transporte dos sedimentos no canal fluvial, pois uma parcela da carga detrítica dos rios é obtida pela ação erosiva que as águas exercem sobre as margens e o fundo do leito e a outra é fornecida pela remoção detrítica das vertentes.

Por essa razão que “desde há muito tempo reconhece-se que o transporte dos sedimentos é governado pelos fatores hidrológicos que controlam as características e o regime dos cursos de água” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p.19). Para o autor, o fluxo

e o transporte de sedimentos são as respostas aos processos e ao estado de equilíbrio atuantes no sistema fluvial.

Novo (2008) argumenta que “todo o material erodido pelo rio e por ele transportado compõe a sua carga”. Quanto à mecânica do transporte fluvial, três tipos de cargas podem ser distinguidos, que são, a carga dissolvida, em suspensão e do leito do rio. Entre os processos que atuam no transporte de sedimentos estão os processos químicos, os pluviais e os movimentos de massa de regolito.

A carga do tipo dissolvida ocorre quando, após o processo de intemperismo das rochas, seus constituintes são transportados em solução química. Christofolletti (1981) pondera que a quantidade de materiais em solução, depende na maioria das vezes da contribuição relativa da água subterrânea e do escoamento superficial para o débito do rio, sofrendo variações na escala temporal e espacial.

A carga do leito do rio caracteriza-se por sedimentos de maior diâmetro, como por exemplo areias e cascalhos. Estes materiais são transportados através da saltação, deslizamento ou rolamento na superfície do leito. Por serem cargas de granulometria maior, são transportadas a velocidades bem mais lentas que a do fluxo.

O transporte de partículas por saltação, como o próprio nome sugere, é o processo em que as partículas são soerguidas e depois rebaixadas em direção ao leito. O deslizamento é quando as partículas se “arrastam” ao longo do leito. E o processo de rolamento é quando os sedimentos vão girando para jusante, sempre em contato com o leito.

Christofolletti (1981) argumenta que a profundidade do rio é diretamente proporcional às velocidades necessárias para movimentar partículas de determinado tamanho, pois, o transporte de carga do leito está relacionado com a velocidade que ocorre no fundo do rio e não com a velocidade do fluxo.

Quanto ao transporte fluvial, duas noções aparecem, a de capacidade e competência. A primeira caracteriza-se como o tamanho das partículas que podem ser movimentadas pelo fluxo, enquanto a segunda diz respeito à quantidade de material que pode ser movimentada por unidade de tempo.

A carga em suspensão é representada pelos materiais de granulometria reduzida, como por exemplo o silte e a argila, que por serem tão pequenos, conservam-se em suspensão pelo fluxo turbulento. Esse tipo de transporte necessita de forças de fraca intensidade e essas partículas são depositadas em trechos de águas muito calmas ou em lagos.

Suguio & Bigarella (1990), afirmam que as cargas suspensa e dissolvida são transportadas na mesma velocidade do fluxo da água. Os sedimentos em suspensão são transportados enquanto a turbulência e a velocidade forem suficientes para que permaneçam suspensos. Quando a velocidade do fluxo diminui atingindo o limite crítico, as partículas sedimentam. Enquanto isso a carga de leito realiza um movimento mais lento do que a água, porque os grãos deslocam-se de modo intermitente.

O rio Amazonas, caracterizado como rio de água branca, tem como principal característica o transporte de um grande volume de material em suspensão. Estes sedimentos são retirados dos Andes, onde este rio nasce, e são gerados a partir de intensos processos de erosão. Segundo Filizola (2011), o rio Amazonas aporta por volta de 600 a 800 106 ton.ano⁻¹ de sedimento ao Oceano Atlântico.

3.3. Deposição fluvial

Por conseguinte, surge outro processo realizado pelos canais fluviais e também importante modelador da paisagem nos ambientes aluviais, a sedimentação fluvial. Este processo é um dos mais presentes em ambientes fluviais, atuando dentro e fora do canal, alterando as feições do relevo e consequentemente a paisagem. Nesse contexto, pode-se dizer que:

Nos ambientes aluviais, as formas topográficas resultantes estão intimamente associadas aos processos deposicionais e a caracterização de muitos tipos de formas envolve, implicitamente, as condições de sedimentação e o arranjo estrutural do acamamento sedimentar. (CHRISTOFOLETTI, 1981, p.210)

De acordo com Ritter; Kochel; Miller (2002), o transporte dos sedimentos não pode continuar para sempre, logo, em algum momento essas partículas devem entrar em repouso e serem depositadas. A deposição fluvial é responsável por dar origem a diversas formas topográficas, tanto dentro do canal quanto em sua área de transbordamento. Os sedimentos fornecidos aos cursos d'água apresentam características granulométricas variadas e se depositam conforme condições diversas.

Suguio & Bigarella (1990) e Ritter; Kochel; Miller (2002) classificam dois tipos fundamentais de depósitos: os de acreção lateral e os de acreção vertical. A partir

dessa classificação, os depósitos originados de acreção lateral provenientes da carga do leito, são responsáveis pela formação das barras de meandro, barras laterais e ilhas aluviais.

Christofoletti (1981), afirma existir uma grande variabilidade de ambientes deposicionais presentes nas planícies de inundação, diante disso, o autor sugere classificar os tipos de depósito em três tipos:

- a) depósitos em canais fluviais: são os depósitos sedimentares formados pela atividade do fluxo em canais aluviais, incluindo a sedimentação defasada da carga detrítica, os cordões marginais convexos. Os bancos detríticos centrais e os depósitos de colmatagem de canais;
- b) depósitos nas margens: são os depósitos formados nas margens dos canais fluviais e produzidos durante os períodos de transbordamento. Nesta categoria estão incluídos os diques marginais e os depósitos de recobrimento;
- c) depósitos nas bacias de decantação: são os depósitos sedimentares compostos por sedimentos muito finos, formados quando os transbordamentos inundam as depressões localizadas além dos diques marginais. Incluem os depósitos das bacias de inundação e os pantanais. (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 212)

Entretanto, seguindo a primeira classificação sugerida, da diferenciação entre acreção lateral e vertical, a respeito do primeiro processo, Christofoletti (1981) afirma que é um:

processo muito ativo, por exemplo, em margens convexas das curvas meândricas. Essa categoria de depósito sedimentares não registra o levantamento altitudinal da planície de inundação, mas simplesmente assinala o remanejamento e a redistribuição dos sedimentos disponíveis. (CHRISTOFOLETTI, 1981, p.211)

Em contrapartida, os depósitos oriundos por acreção vertical, decorrentes da carga em suspensão, dão origem aos depósitos dos diques marginais, meandros abandonados e bacias de inundação, pois ocorrem fora do canal fluvial. Diante da ocorrência da sedimentação, seja por acreção lateral ou vertical:

O enchimento dos canais resulta, em geral, de processos mistos de acreção lateral e acreção vertical, embora os depósitos possam consistir totalmente de sedimentos de carga de leito ou da carga em suspensão. (SUGUIO & BIGARELLA, 1990, p.84)

No que diz respeito à acreção lateral, as barras de meandro, segundo Suguio & Bigarella (1990) “constituem os aspectos mais notáveis na paisagem aluvial”. Têm

sua origem em razão da predominância do processo erosivo na margem côncava do canal que posteriormente depositará o material erodido da próxima margem convexa do canal, à jusante. Diante disso, argumenta-se:

A barra de meandro consiste na acumulação de sedimentos relativamente grosseiros no lado interno do canal meandrante. O lado externo do mesmo constitui uma área de erosão. A superfície da barra, via de regra, representa uma superfície de sedimentação. A barra estende-se desde o fundo do canal até o nível das águas altas. Elas formam estruturas tridimensionais. (SUGUIO & BIGARELLA, 1990, p.86)

De acordo com Christofolletti (1981) e Suguio & Bigarella (1990), esse tipo de deposição é predominante nos períodos de máxima das cheias, pois nas cheias o rio erode a margem côncava, alargando o canal e a deposição vai ocorrer na parte convexa.

Os depósitos do tipo barras laterais, por sua vez, são encontrados em canais de baixa sinuosidade, formam-se nas proximidades das margens em consequência do fluxo e turbulência serem reduzidos nessa parte do canal. Quanto a sua forma, “a geometria das barras laterais é tridimensional. Um dos lados da barra encosta na parede do canal, enquanto que o outro avança até cerca de 65% da largura do canal. As barras laterais dispõem-se alternadamente de cada lado do canal. (SUGUIO & BIGARELLA, 1990, p. 87).

Em relação às barras centrais, Suguio & Bigarella (1990) argumentam que em alguns momentos, a corrente é incapaz de transportar sua carga mais grosseira, logo, esta irá se depositar dentro do canal, constituindo-se como obstáculo no leito, favorecendo o acúmulo de sedimentos mais finos. Esse tipo de depósito pode contribuir para o padrão anastomosado do trecho, caso surjam outros depósitos em sua proximidade.

Entre os depósitos provenientes de acreção vertical, o depósito de meandro abandonado recebe essa denominação em consequência de que quando o processo de crescimento dos meandros ou de anastomosamento se intensifica, altera o curso gradual do rio, fazendo com que, em algumas ocasiões alguns meandros não possuam mais ligação direta com o canal principal. (SUGUIO & BIGARELLA, 1990)

Christofolletti (1981), articula que os canais abandonados:

são lentamente preenchidos por sedimentos. No início, as pontas terminais sofrem entulhamento rápido pela deposição dos materiais do leito, promovendo o isolamento com o canal ativo enquanto a velha curva constitui um lago, com a forma conhecida e semelhante ao “chifre de boi”. Posteriormente, a sedimentação é mais lenta e a colmatagem processa-se pela decantação da carga detritica suspensa, quando das fases de transbordamento. (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 233)

Outro depósito oriundo de acreção vertical é a planície de inundação que é definida como a “faixa do vale fluvial composta por sedimentos aluviais, bordejando o curso de água, e periodicamente inundada pelas águas de transbordamento proveniente do rio” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p.243).

A planície de inundação e o canal fluvial são subsistemas da bacia hidrográfica, no entanto, em estágio de margens plenas, ocorre uma descontinuidade entre esses subsistemas, e processos de sedimentação passam a ocorrer fora do canal. Dentre esses processos encontram-se os diques marginais, os sulcos e os depósitos de recobrimento e as bacias de inundação.

No processo de acreção vertical, os sedimentos mais grosseiros são depositados na margem, formando os diques marginais, enquanto os sedimentos mais finos serão posteriormente depositados no interior da bacia de inundação.

Para Christofolletti (1981), os diques marginais são saliências alongadas que bordejam o canal fluvial, onde a parte mais elevada está próxima ao canal e a declividade suaviza em direção às bacias de inundação. O processo deposicional ocorre quando o fluxo ultrapassa as margens do canal. O autor afirma que:

Os diques são melhor desenvolvidos nas margens côncavas dos rios, enquanto no lado convexo, nos cordões marginais, não chegam a se distinguir do crescimento dos referidos cordões. A construção dos diques marginais é processo responsável pela superelevação da faixa aluvial, por onde escoar o curso de água, acima do nível geral da planície de inundação. (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 245)

As bacias de inundação, são consideradas por Christofolletti (1981), como sendo as partes mais baixas da planície, atuando como áreas de decantação de sedimentos finos transportados em suspensão. Ainda segundo o autor, esse ambiente é pobremente drenado, plano e sem movimentação topográfica.

Durante o período de enchentes, com a elevação do nível das águas fluviais pode ocorrer outro processo de sedimentação na planície de inundação, o rompimento de diques marginais. A respeito disso, Suguio & Bigarella (1990) argumentam que o

decréscimo da velocidade da corrente na planície de inundação origina o depósito de rompimento de dique ou crevassa, que se apresentam os sedimentos mais grosseiros depositados fora do canal. Os autores afirmam que quando esses depósitos ocorrem em margem côncava são insignificantes se comparados às margens convexas, que apresentam concentração de carga de fundo.

A respeito dos processos de sedimentação que ocorrem na planície de inundação e são responsáveis pelos elementos morfológicos do ambiente, Chistofolletti (1981), disserta que:

A descrição dos diversos elementos morfológicos salienta que duas categorias de processos são as principais responsáveis pelo desenvolvimento das planícies de inundação: a deposição no canal, melhor representada pelos cordões marginais convexas e pelos bancos detríticos centrais, e a deposição na planície, melhor especificada pelos diques marginais e bacias de inundação. As duas categorias identificam os mecanismos de expansão "lateral" e de expansão "vertical". (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 248)

Analisando os processos deposicionais e a granulometria dos sedimentos depositados, é notório que o volume e o tamanho do material detrítico é maior nas áreas mais próximas ao canal fluvial e vai diminuindo à medida que entra nas bacias de inundação, logo, os depósitos no leito do canal apresentam material mais grosseiro, enquanto os processos que ocorrem no interior da bacia de inundação contêm os mais finos sedimentos aluviais, geralmente na escala de silte e argila.

Na região amazônica, devido a constante dinâmica do rio Amazonas, os processos deposicionais estão sempre em evidência ao longo do canal fluvial e de sua área de transbordamento. Na região que compreende a área de estudo, existe vários ambientes deposicionais, Rozo (2004), deu ênfase para os depósitos do tipo de barras em crescente que ocorrem dentro do canal fluvial.

4. Depósito de canal e implicações para o transporte fluvial na região amazônica

A região norte, é banhada por uma extensa rede fluvial, constituída pela bacia Amazônica, que apresenta um grandioso potencial hídrico, com características favoráveis ao transporte fluvial. Haja vista que, "de todas as regiões do Brasil, possivelmente, a região amazônica é a que se apresenta com as melhores condições

potenciais para a adoção do transporte fluvial em larga escala, aproveitando-se dos recursos naturais disponíveis” (TAPAJÓS, 2002, p.18).

Segundo o Caderno de Recursos Hídricos (2005) elaborado pela Agência Nacional de Águas, o Ministério dos transportes (2004), considera que na região amazônica, a área de abrangência dos estados do Amazonas, Pará, Acre, Rondônia, Roraima, Amapá e Mato Grosso, possui 15.626 km de extensão navegáveis.

Em relação ao transporte fluvial, este é tido como o mais econômico quando comparado às outras modalidades de transporte (Tabela 1), além disso, provoca menos impacto ao meio ambiente.

Tabela 1: Indicadores de eficiência genéricos do transporte fluvial

INDICADOR	BARCO / HIDROVIA	TREM / FERROVIA	CAMINHÃO / RODOVIA
Relativo ao peso morto Por tonelada de carga Transportada	350 kg	800 kg	700 kg
Relativo à força de Tração – 1 CV arrasta Sobre:	4.000 kg	500 kg	150 kg
Relativo ao consumo de Energia - 1 kg de carvão Mineral leva 1 tonelada a:	40 km	20km	6,5 km
Relativo à vida útil em Anos	50	30	10

Fonte: FERREIRA, 2016. Org: ARAÚJO, 2017

Devido à geografia da região amazônica, intensamente irrigada por grandes rios, oferece condições para a predominância do transporte fluvial. Nesse aspecto enfatiza-se que:

Essas condições naturais, especialmente a grande extensão de vias navegáveis, fazem com que o transporte hidroviário seja tomado como ponto de referência básico para a rede de transporte da Amazônia. Assim as demais modalidades de transporte são chamadas a integrar-se com o sistema hidroviário e a complementá-lo. (SANT'ANNA, 1998, p.13)

Segundo Carvalho (1966, apud, FERREIRA, 2016), as estradas na Amazônia são líquidas e o transporte mais usado é a canoa. O rio está diretamente ligado ao padrão de vida dos moradores da região, seja no quesito econômico, turístico ou de transporte.

Em contrapartida, apesar do favorecimento para este tipo de transporte na região, o mesmo também sofre implicações, principalmente por sofrer direta influência do regime hidrológico, como destacado por Filizola (2006):

As oscilações nos regimes dos rios Amazônicos, tanto para cima (cheias), quanto para baixo (secas), ocorrendo de forma intensa ou não, obrigaram, com o passar dos anos, o caboclo local a construir um modo de vida adaptado àqueles eventos hidrológicos, porém ainda sofrendo com o flagelo causado pelos eventos críticos. (FILIZOLA, 2006, p.41).

Em decorrência dessa influência exercida pelo regime hidrológico, em um período do ano o transporte de carga fica comprometido e é interrompido em algumas regiões, pois:

Durante um período do ano os rios da região oferecem algumas restrições à passagem das embarcações utilizadas para o transporte fluvial de cargas. Devido ao clima particular da região amazônica, no qual somente duas estações climáticas são bem definidas (verão e inverno), ocorre um fenômeno conhecido como vazante, em que as águas diminuem drasticamente, causando rebaixamento do nível das águas (PINTO, 2011, p.5).

Além do regime hidrológico, a dinâmica fluvial também influencia no transporte fluvial de cargas, pois o rio Amazonas, caracterizado como rio de água branca possui uma dinâmica intensa, com a presença dos processos de erosão e deposição.

A deposição, principalmente a que ocasiona depósitos por acreção lateral, como barras laterais e centrais e ilhas aluviais pode vir a comprometer o transporte fluvial em períodos de vazante, principalmente o de cargas, realizado por navios de grande calado.

Com base em estudos realizados pela Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental (AHIMOC), Pinto (2011), aponta que os principais pontos críticos que dificultam a navegabilidade no transporte no rio Solimões são:

a) Erosão das margens dos rios; b) Sedimentação no leito do rio; c) Formação de bancos de areias; d) Estreitamento do canal; e) Diminuição da profundidade do canal decorrente da sedimentação; f) Fechamento do canal em alguns trechos do rio; g) Pedrais não sinalizados; h) Presença de troncos de árvores dentro do canal. (PINTO, 2011, p.5)

Portanto, percebe-se que apesar da região amazônica apresentar condições favoráveis para o transporte fluvial, este, sofre implicações tanto do regime

hidrológico, caso no período da vazante, quanto dos processos fluviais, principalmente o de deposição dentro do canal.

CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DO RIO AMAZONAS NO TRECHO ENTRE A ILHA DO CAREIRO E A COSTA DO VARRE VENTO

Neste capítulo serão debatidas as características fisiográficas do rio Amazonas entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento, abordando os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos, hidrológicos e de formações vegetais. A caracterização foi embasada em literaturas clássicas e atuais, o que permitiu inclusive evidenciar algumas nomenclaturas técnicas que mudaram com o passar do tempo. Por fim, entende-se que através da compreensão e análise dos componentes naturais da paisagem é possível entender o funcionamento da natureza no trecho estudado e conseqüentemente sua origem e evolução.

1. A Bacia Hidrográfica Amazônica: origem e evolução

Para compreender a atual configuração do sistema fluvial amazônico, é imprescindível retomar ao seu processo de formação e evolução, uma vez que este sistema é marcado por fatores geológicos, oscilações climáticas e as variações eustáticas do nível do mar.

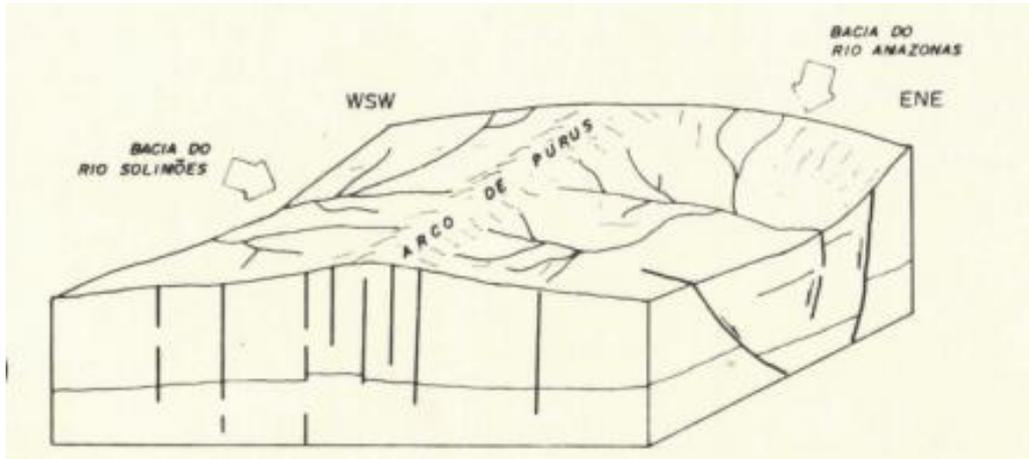
O substrato da região amazônica, datado do Pré-Cambriano, é relacionado a dois eventos: o mais antigo originou a organização dos terrenos granito-greenstones e dos cinturões de alto grau metamórfico; e o segundo foi o responsável pela edificação de vários baixios deposicionais. A origem da bacia amazônica está relacionada a dispersão de esforços no fechamento do Ciclo Brasileiro¹ (CUNHA et. al, 2007).

Bemerguy e Costa (1991), discorrem que no Paleozóico, o arcabouço tectônico era constituído por domínios estruturais que controlam a organização geral das linhas mestras de drenagem: O Arco de Purus na direção NW-SE e as bacias do Amazonas e Solimões, alongadas na direção ENE-WSW. Nesse contexto, o Arco do Purus

¹ Ciclo geodinâmico desenvolvido de forma diacrônica na Plataforma Sul-Americana, entre o Toniano e o Cambriano, através de diversos eventos tectônicos, sedimentares, magmáticos e metamórficos. (CPRM, 2003)

funcionou, possivelmente como um divisor natural entre o rio Amazonas, que corria para o leste, e o Solimões que corria para o oeste (Figura 3).

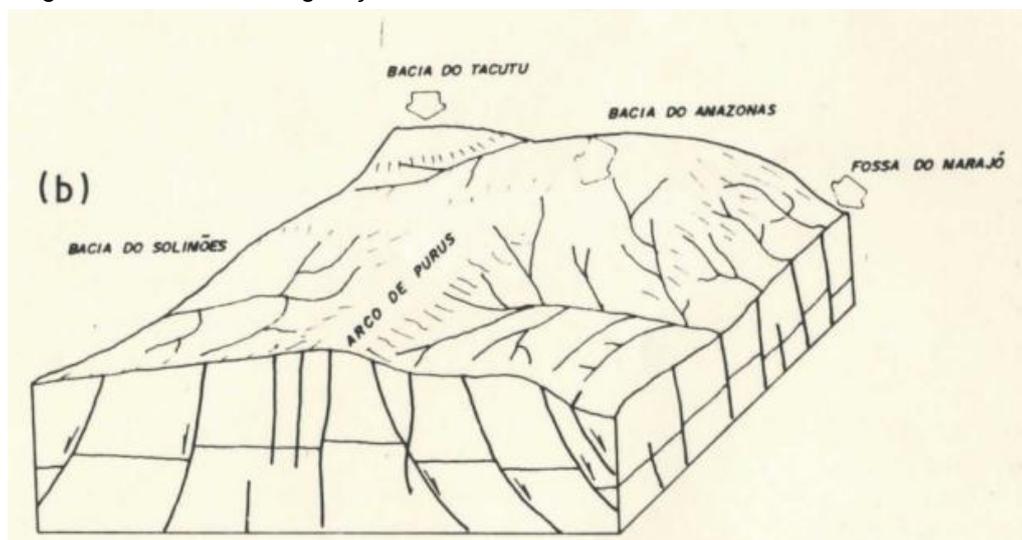
Figura 3: Provável paleo-relevo no final do Paleozóico.



Fonte: Bemerguy e Costa, 1991.

Durante o Mesozóico, foram inseridas significativas modificações estruturais, onde o sistema da bacia de drenagem do Amazonas foi reorganizado, ainda que mantendo a orientação geral da corrente (Figura 4).

Figura 4: Provável configuração do relevo no Mesozóico.

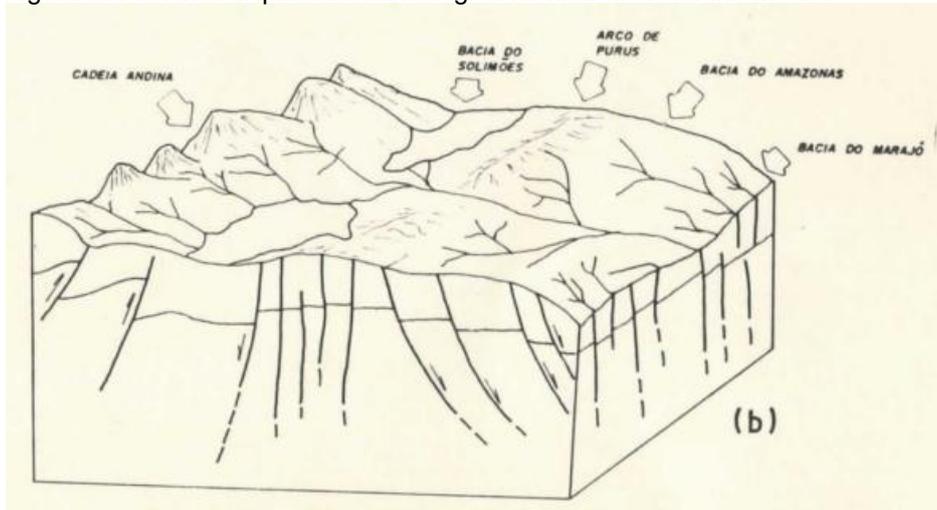


Fonte: Bumerguy e Costa, 1991.

No Cenozóico, a instalação da Cadeia Andina e a propagação de falhas transcorrentes projetadas ao longo do eixo das bacias sedimentares do Solimões e

do Amazonas são responsabilizadas por alterar expressivamente o relevo e reorganizar a rede de drenagem (Figura 5). O traçado atual do rio Amazonas encontra-se inteiramente adaptado a essa estruturação, que é traduzida por bruscas inflexões no seu curso (BEMERGUY e COSTA, 1991).

Figura 5: Provável arquitetura morfológica no final do Terciário Médio.



Fonte: Bemerguy e Costa, 1991.

Rozo (2004) atribui ao soerguimento da Cordilheira dos Andes a causa das mudanças relacionadas a condições climáticas, padrões de drenagem, direção de transporte e proveniência de sedimentos e paleoambientes. O autor sugere quatro fases evolutivas que podem ser sugeridas para a Amazônia:

1 – Início do Terciário: O sistema fluvial do norte da América do Sul migrava para o caribe, enquanto que no noroeste do continente direcionava-se para o Pacífico através de uma paleodrenagem referenciada como Sanozama, que alcançava para o golfo do Guayaquil, com cabeceiras na região do Arco do Purus; o interflúvio direcionava o proto-Amazonas para leste. Nesta fase o geossinclinal andino começava seu soerguimento.

2 – Neo- Oligoceno e início do Meso-Mioceno: a Cordilheira dos Andes colombiano delimitava um sistema fluvial com migração para o leste. Porções da Cordilheira Oriental iniciavam seu soerguimento. Respectivamente, as drenagens desenvolvidas sobre as bacias intracratônicas do Solimões-Amazonas, à leste, exibiam baixa sinuosidade com direções de transporte para noroeste, com o Escudo

das Guianas como principal fonte de sedimentos. Esta drenagem desenvolvia os afluentes do antigo sistema do rio Orinoco, com seu curso direcionado para o norte.

3 – Meso-Mioceno: a elevação da Cordilheira Oriental proporcionou uma reorganização do antigo rio Solimões-Amazonas cujo padrão de drenagem e origem de sedimentos mudaram para NW, e formaram sistemas flúvio-lacustres e estuarinos, provavelmente conectados com o paleo-rio Orinoco. Incurções marinhas, possivelmente através de uma conexão com o Caribe, foram correlatadas às fases de elevação do nível do mar.

4 – Entre o Neo-Mioceno e o Holoceno: os Andes obtém sua forma atual. O final do Mioceno é o período mais dinâmico desta evolução. A Cordilheira Oriental e os Andes venezuelanos foram ainda mais soerguidos e nas depressões marinhas do Caribe foram depositados sedimentos pós-orogênicos. Logo, a conexão do Amazonas com o Caribe foi fechada pelos soerguimentos finais e relativa queda do nível do mar. Dessa forma, o sistema fluvial Solimões-Amazonas estava estabelecido com migração para o Atlântico.

Conhecer a história e fases evolutivas da bacia amazônica é indispensável para compreender as atuais características presentes neste complexo sistema fluvial. Além disso, é importante entender as componentes naturais da paisagem presentes na região, pois ao analisá-las e associá-las pode-se perceber como ocorreram e ocorrem as transformações morfométricas do trecho.

2. Componentes naturais da paisagem

2.1. Geologia

A grande bacia intracratônica do Amazonas tem sua origem associada a uma zona de fraqueza do escudo pré-cambriano que se dividiu em dois (PUTZER, 1984 apud FILIZOLLA, 1999). Abrange aproximadamente 500.000 km², apresentando um formato linear alongado na direção ENE-WSW. Limita-se a leste com a Bacia do Marajó através do Arco de Gurupá, e a oeste com a Bacia do Solimões pelo Arco de Purus. A área estudada está inserida na porção oeste da referida bacia.

Rozo (2004), considera que as principais litologias aflorantes nesta porção da bacia estão relacionadas à Formação Alter do Chão e aos depósitos fluviais holocênicos. A primeira, datada do Cretáceo/Terciário, caracteriza-se pela presença

de depósitos constituídos de arenitos, argilitos, folhelhos, siltitos e conglomerados. Enquanto a segunda, com idade Quaternária, composta de depósitos de areias líticas, finas, bem selecionadas, alternadas com leitos de argilas cinzentas.

Com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), a área estudada comporta três formações geológicas (Figura 6). A margem esquerda do rio Amazonas, é predominantemente caracterizada pela presença da Formação Alter do Chão, contrapondo-se à margem direita, marcada pelos depósitos holocênicos, classificados pelo IBGE como Terraços Holocênicos e Aluviões Holocênicos.

No entanto, apesar de durante muito tempo, diversos estudos associarem os depósitos arenosos avermelhados e mosqueados aflorantes na Bacia do Amazônia à Formação Alter do Chão (GONÇALVES JÚNIOR, 2013). Rozo (2004) identificou na margem esquerda do rio Amazonas, entre as comunidades de Novo Remanso e São José do Amajari, sedimentos discordantes com a formação Alter do Chão e recoberto por unidade quaternária, ao qual chamou de *Formação Novo Remanso*².

De acordo com Rozo (2004) a Unidade Novo Remanso é constituída por arenitos ferruginosos friáveis, suavemente selecionados com granulometria variando entre média e grossa, apresentando estratificação acamada, e contendo argilitos subordinados. Dino *et al.* (2012) e Rozo (2004) sugerem que esta unidade seja oriunda de depósitos arenosos em barras de pontal e planície aluvial relacionados a sedimentos argilosos de canal fluvial abandonando, provavelmente associados a um padrão fluvial meandrante.

Soares (2007) afirma que esta unidade se distribui de forma irregular e descontínua sobre a Formação Alter do Chão por uma extensão de aproximadamente 30 km, sendo recoberta nas áreas rebaixadas por sedimentos pleistocenos.

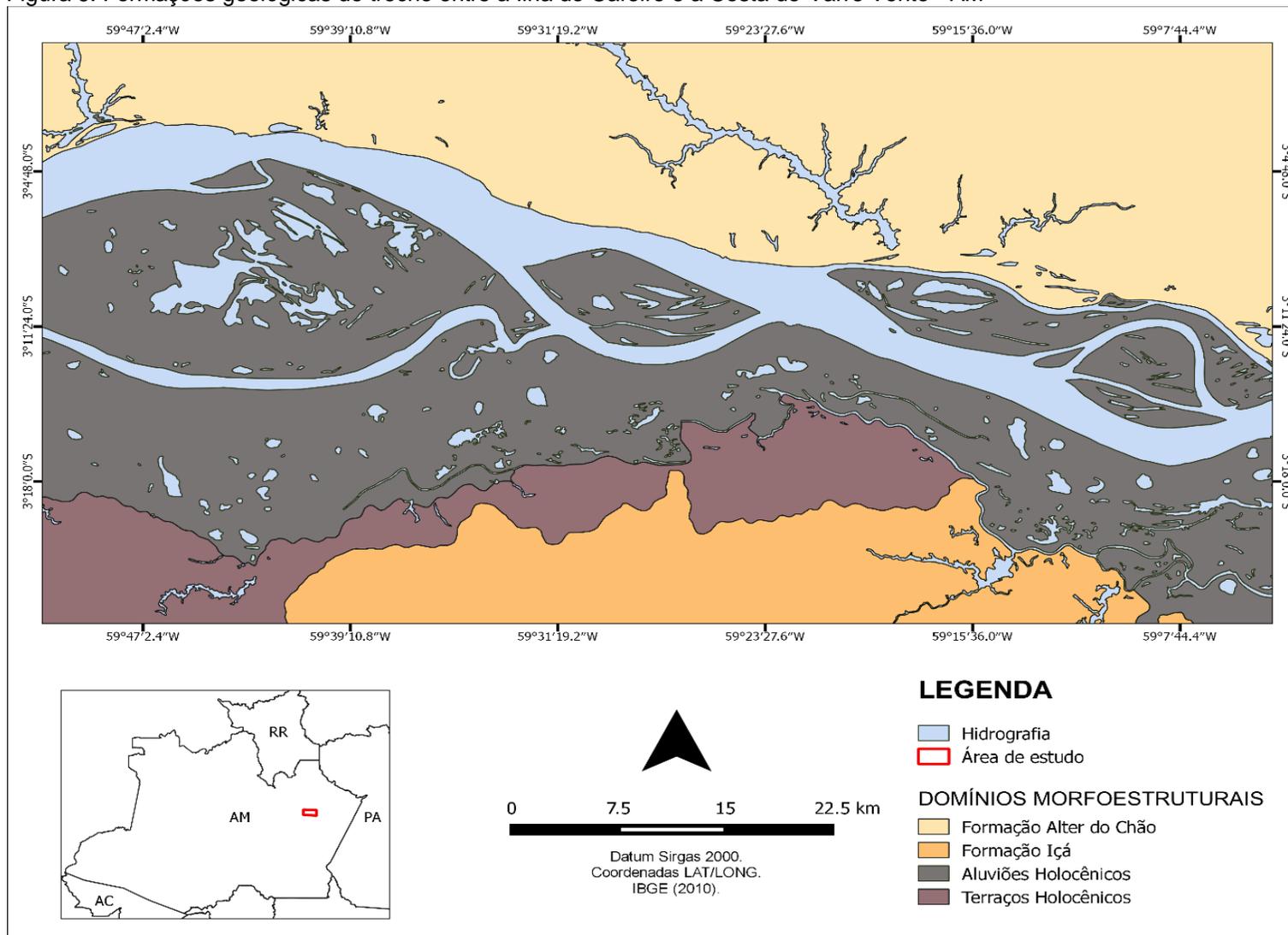
De acordo com Abinader (2008), a Formação Novo Remanso é limitada tanto na base quanto no topo por crostas lateríticas. O limite inferior é uma crosta laterítica maciça, de aspecto cavernoso, que se desenvolveu sobre a Formação Alter do Chão e o superior é marcado pela presença de uma crosta laterítica imatura desenvolvida sobre depósitos arenoargilosos.

Assim sendo, a margem esquerda do rio Amazonas, não é predominantemente dominada pela Formação Alter do Chão, pois, como salientado anteriormente, a partir

² A Formação Novo Remanso proposta por Rozo (2004) está se consolidando na literatura por vários autores que pesquisaram esse trecho da margem esquerda do rio Amazonas.

das pesquisas de Rozo (2004), a Formação Novo Remanso foi identificada e passou a ser considerada em trabalhos sucessores.

Figura 6: Formações geológicas do trecho entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento - AM



Fonte: IBGE (2010). Org. ARAÚJO, A. G. S. 2018.

2.2. Neotectônica

Entretanto, deve-se salientar que a região estudada está localizada à jusante da confluência dos rios Negro e Solimões, que segundo Franzinelli (2011), está inserida na faixa da neotectônica transcorrente que abrange toda a parte central da Bacia Amazônica de leste para oeste. Sendo caracterizada por Costa et. al (2008) como marcada por estruturas, sequências sedimentares, padrões de rede de drenagem e sistemas de relevo, cujas características vêm sendo gradativamente desvendadas.

Palha e Carvalho (2006) estudando esse trecho do rio Amazonas caracterizam que a evolução morfodinâmica desta região foi controlado por diversos fatores do meio físico, onde se destaca não só o clima e os processos erosivos antigos e atuais, mas também a constituição litológica do substrato e a tectônica, onde a última está relacionada, principalmente, ao regime neotectônico atuante durante o período do Terciário Superior até o Quaternário, aproximadamente 25 milhões de anos.

Silva e Rosseti (2009) reconhecem Sternberg como pioneiro nas investigações sobre a neotectônica na Amazônica, e afirmam que os estudos realizados posteriormente dão conta de que a atuação de falhas geológicas causa significativas mudanças na paisagem amazônica, inclusive influenciando na dinâmica fluvial dos rios amazônicos. Conferem às mega migrações do rio Solimões, surgimento e o desaparecimento de bancos de areia, o fenômeno das terras caídas e o abandono de leito como consequência indireta de processos tectônicos.

Fernandes Filho (1996) descreve que o arcabouço da região de Manaus compreende falhas normais NW-SE e NE-SW e falhas transcorrentes destrais NE-SW e E-W, cuja inter-relação gerou uma bacia que controla a sedimentação cenozóica na região. Palha e Carvalho (2005), afirmam que essas falhas produzem arranjos paralelos dos elementos de relevo, controlando trechos dos rios e gerando anomalias na drenagem: padrões paralelos, trechos afogados, encurvamentos anômalos e assimetria de canal.

Igreja (2012) ao caracterizar a região do “Encontro das águas de Manaus”, onde uma parte da área de estudo está inserida, classifica a margem esquerda como planície de inundação submetida a correntes de marés e forte bioturbação,

demonstrando a deposição em mares interiores epicontinentais. Enquanto a margem direita é formada por um cinturão de várzea, constituída por sedimentos argilosos, sílticos, e de areias finas, depositados pelo próprio rio Amazonas.

Ainda a respeito da margem esquerda do rio Amazonas, Igreja (2012) acrescenta que esta é composta de rochas sedimentares silicificadas vermelhas cretácicas da Formação Alter do Chão. Para o autor, a ausência de várzeas na margem esquerda da calha (soerguimento), a presença de diversas estruturas neotectônicas compressionais no trecho, a partição do canal e o posicionamento no Modelo Neotectônico Regional indicam que este primeiro segmento do Rio Amazonas constitui uma zona de falha transpressional dextral ao longo da Zona Principal de Deformação Solimões – Amazonas (ZPDSA).

2.3. Geomorfologia

Ab´Saber (2003) classifica a Amazônia como um gigantesco domínio de terras baixas florestadas, e Ross (2005) a compartimenta geomorfologicamente, em áreas de planaltos em bacias sedimentares, depressões e planícies. Nesse contexto, o trecho estudado está inserido e separando duas unidades geomorfológicas: o Planalto da Amazônia Oriental pela margem esquerda e a Planície de inundação pela margem direita, evidenciando o controle estrutural ao qual está submetido o rio Amazonas.

Contudo, nas informações contidas na folha SA-21-Santarém, mais especificamente na folha SA-21-Y-C, a qual abrange a área estudada, Nascimento, Mauro e Garcia (1976) classificam o relevo da área como Planalto Dissecado Rio Trombetas – Rio Negro, Planalto Rebaixado da Amazônia e Planície Amazônica.

O Planalto Dissecado Rio Trombetas – Rio Negro é classificado como dissecado, pelo fato de que as áreas aplainadas conservadas serem extremamente reduzidas e quando ocorrem, localizarem-se nos interflúvios (NASCIMENTO; MAURO; GARCIA,1976). Ademais, essa unidade geomorfológica também recebeu outras classificações, como Planalto Dissecado Amazonas-Pará, Planalto Dissecado Nordeste de Manaus e Planalto Dissecado Rio Trombetas – Rio Negro.

As formas de relevo são talhadas em rochas sedimentares terciárias, pertencentes à Formação Alter do Chão, refletindo a intensa atuação dos processos erosivos, resultando uma grande faixa de dissecação em interflúvio com encostas

ravinadas, interflúvios tabulares com drenagem densa, colinas e ravinhas (NASCIMENTO; MAURO; GARCIA,1976).

Quanto ao Planalto Rebaixado da Amazônia, (Médio Amazonas)³ está situado na área que se estende desde a Planície Amazônica acompanhando a margem direita do rio Amazonas, também modelado sob a litologia sedimentar terciária da Formação Alter do Chão.

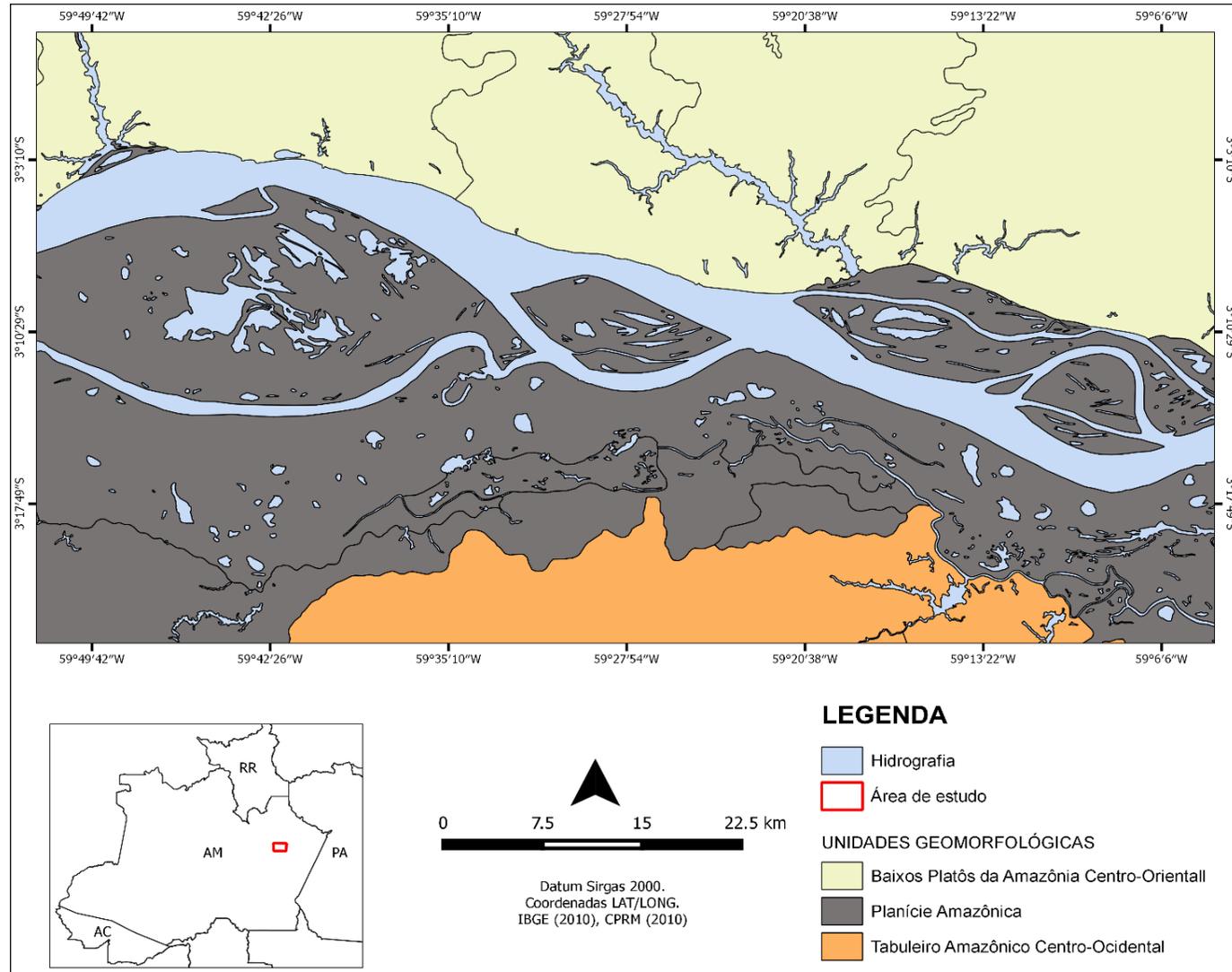
A Planície Amazônica é uma área alongada, estendendo-se na Folha SA 21-Santarém direção E-W tendo o rio Amazonas em seu eixo. Pertencem a esta unidade geomorfológica as áreas submetidas diretamente ao controle do rio Amazonas.

Segundo Roza (2004), no trecho da pesquisa, o rio Amazonas atua como limite entre duas unidades geomorfológicas: Planalto Rebaixado dos rios Negro/Uatumã pela margem esquerda e a Planície Amazônica que domina a margem direita.

Em 2010, a Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM, publicou um estudo denominado Geodiversidade do Estado do Amazonas, onde fragmentou o território do estado em nove domínios geomorfológicos. Diante o exposto, as unidades de relevo presentes na área estudada são denominadas de Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental (Planalto Rebaixado dos Rios Negro/Uatumã- IBGE, 2006), Planície Amazônica e Tabuleiro Amazônico Centro-Occidental (Depressão do Rio Madeira - IBGE, 2006) (Figura 7).

³ Nascimento; Mauro; Garcia (1976) adjetivam de Baixo e Médio Amazonas, de acordo com seu posicionamento dentro da bacia hidrográfica (NASCIMENTO; MAURO; GARCIA, 1976, p.139).

Figura 7: Geomorfologia do trecho entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento – AM.



Fonte: IBGE (2010). Org: ARAUJO, A. G. S. 2018.

2.3.1. Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental

No trecho do estudo, pela margem esquerda do rio Amazonas, predomina a unidade de Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental, caracterizada pelo CPRM (2010) por terrenos baixos (com cota inferior a 200 m), com solos espessos, pobres e bem drenados. Em algumas partes, os platôs, que têm como base as rochas sedimentares da Formação Alter do Chão, são dissecados em um relevo de colinas tabulares.

Rozo (2004), individualizou essa unidade geomorfológica em três conjuntos morfológicos: o primeiro apresenta a posição altimétrica mais elevada, entre 20 a 100m, exibindo um relevo com grau de dissecção médio, com interflúvios (platôs) de 1,5 a 2km de largura sustentados por crostas lateríticas. O segundo conjunto representa áreas mais baixas e aplainadas, entre 10 a 50m de altura, com grau de dissecção baixo, apresentando colúvios de crosta laterítica. O terceiro conjunto, presente entre a vila de Novo Remanso e a comunidade do Amatari, apresenta uma topografia baixa, com alturas de até 25m e exibe áreas mais aplainadas do que o segundo conjunto.

A margem esquerda do rio Amazonas é marcada por falésias fluviais com altura de até 25m (Figura 8). Em função de sua composição por sedimentos siliclásticos que incluem argilitos, folhelhos, siltitos, arenitos e conglomerados (ROZO, 2004), proporciona mais resistência aos agentes atuantes no processo de erosão de margem, de tal forma que a erosão de margem ocorre em nível secundário se comparada com as margens composta por aluviões holocênicos.

Figura 8: Falésia da margem esquerda do Rio Amazonas.



Foto: ARAÚJO, A. G. S. 2017.

AB'Saber (1975) define falésias como um paredão abrupto, originado pela erosão marinha (abrasão) na frente de pontas ou promontórios costeiros. Christofolletti (1980) as define como um ressalto não coberto pela vegetação, com declividades muito acentuadas e de alturas variadas, localizado na linha de contato entre a terra e o mar.

Diante o exposto, entende-se que este conceito é extremamente ligado ao litoral, ao ambiente de contato marinho, o que não se aplicaria à realidade amazônica na qual a pesquisa está inserida. Entretanto, Pierre Gourou (1949), em “Observações geográficas na Amazônia” consagrou o termo falésia fluvial, adaptando o conceito litorâneo para as feições marginais escarpadas presentes na Amazônia, ao qual a terminologia se consagrou e tem sido amplamente usada na literatura especializada, inclusive pelos geomorfólogos do RADAMBRASIL.

2.3.2. Planície Amazônica

Esse domínio é representado por planícies de inundação e terraços fluviais muito amplos, por vezes com dezenas de quilômetros de largura que ocorrem ao longo dos principais canais da bacia hidrográfica dos rios Negro-Solimões-Amazonas. As planícies e os terraços fluviais consistem nas únicas zonas deposicionais ativas na Amazônia (CPRM, 2010).

Carvalho (2012) argumenta que a expressiva planície fluvial holocênica formada ao longo da margem direita do rio Amazonas, controlada pela sua dinâmica e regime fluvial, é outro elemento marcante na paisagem hidrográfica amazônica. AB'SABER (2002) discorre que:

O Amazonas permanece centralizado no meio da grande planície que construiu ou (re)elaborou no decorrer do Holoceno. O rio se destaca bem no meio das terras baixas, parcialmente submersíveis, embutidas entre tabuleiros. Sem a planície aluvial, o rio tem de quatro a seis quilômetros de largura; a planície que ele elaborou por processos hidrogeomorfológicos possui de 14 a 35 quilômetros de extensão lateral. Trata-se de um mosaico terra-água labiríntico, extremamente diversificado (AB'SABER, 2002, p.9).

Nascimento, Mauro e Garcia (1976) classificam a planície amazônica em planícies alagadas e planícies inundáveis. Onde, a primeira, em condições normais começa a ser transbordada nos três primeiros meses do ano, enquanto a segunda só apresenta inundação total em eventos extremos de cheias.

Junk (1980), considera que a várzea do Amazonas se estende dos Andes até o Oceano Atlântico com uma largura de 20 – 100 km, apresentando um sistema complexo de canais, lagos de várzea, ilhas e diques marginais. Enquanto Sioli (1985), classifica a várzea como uma área inundável que todos os anos é quase inteiramente alagada na época das cheias, recebendo sempre uma nova camada de solo fresco, oriundo do material em suspensão transportado pelo rio. O autor divide a várzea amazônica em área alagável e terra firme.

Iriondo (1982), adotando o critério descritivo-genético, considera que a planície amazônica compreende a várzea, que é a faixa deprimida dentro da qual corre o rio, constituída por seus depósitos de canal e de inundação.

Essa unidade geomorfológica é constituída por depósitos sedimentares atuais ou subatuais; os terraços fluviais datam do Pleistoceno Superior e as planícies de inundação, ao Holoceno. As várzeas amazônicas apresentam notável diversidade morfológica, reflexo dos distintos tipos de sedimentação aluvial desenvolvidos pela rede de drenagem. As formas deposicionais com ocorrência são os furos, paranás, planícies de acreção em barras de pontal, planícies de decantação, ilhas fluviais, barras arenosas, lagos e diques marginais (CPRM, 2010).

No trecho estudado, a planície amazônica é responsável por modelar a margem direita do rio. Estando assentada sobre a Formação Alter do Chão, é composta por sedimentos finos e incoesos, tornando-se vulnerável a ação dos agentes de erosão de margem (Figura 9).

Figura 9: Terras Caídas da margem direita do rio Amazonas.



Fonte: ARAÚJO, A. G. S. 2017.

Esta imagem não reflete somente a paisagem da área de estudo, mas apresenta uma característica típica do ambiente amazônico e principalmente das margens de rios de águas brancas.

2.3.3. Tabuleiros da Amazônia Centro-Occidental

Apesar do domínio geomorfológico denominado Tabuleiros da Amazônia Centro-Occidental não está diretamente inserido no trecho da pesquisa, por não estar em contato direto com o rio Amazonas, este limita-se com a Planície Amazônica pela margem direita, e de acordo com a CPRM (2010) constitui o mais amplo domínio geomorfológico do Amazonas, ocupando mais da metade de sua superfície.

Outra recebeu as denominações de Planalto Rebaixado da Amazônia Occidental e Depressão Amazônica. São constituídos por superfícies planas assentadas sobre rochas sedimentares das Formações Solimões e Içá, e sua representação é feita por extensos tabuleiros de baixa amplitude de relevo, além de também serem observados cotovelos de drenagem e lagos gerados por antigas rias barradas pela sedimentação holocênica (CPRM, 2010).

2.4. Regime Climático e Hidrológico

2.4.1. Regime Climático

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016) caracteriza o clima da Amazônica como Equatorial Quente e Úmido, Equatorial Quente e Superúmido e Equatorial Quente Semi Úmido, sendo que a área estudada encontra-se no limite do Clima Equatorial Quente e Úmido com o Equatorial Quente e Superúmido.

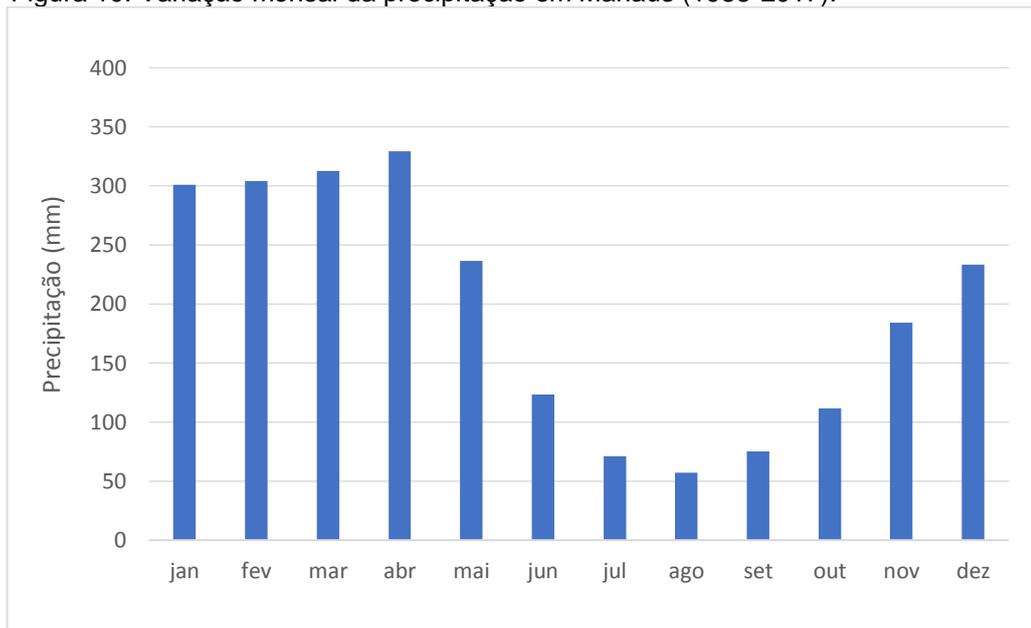
Nascimento e Saraiva (2009) apontam alguns fatores controladores do clima e que influenciam no regime pluvial da região. Dentre eles as autoras destacam: a localização geográfica em baixas latitudes, com radiação solar intensa o ano todo; a convecção; a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT; El Niño e La Niña e as linhas de instabilidade induzidas pelas brisas marinhas.

Molion (1991) ao estudar os mecanismos e processos dinâmicos que organizam e promovem a precipitação na Amazônia, agrupou-os em 3 tipos: a) convecção diurna resultante do aquecimento da superfície e suas condições de larga-escala favoráveis; b) linhas de instabilidade originadas na costa N-NE do litoral Atlântico; c) aglomerados convectivos de meso e larga escala associados com a penetração de sistemas frontais na região S/SE do Brasil interagindo com a região amazônica.

Filizola e Guyot (2009) descrevem a existência de um forte gradiente de precipitação na bacia amazônica, que se estende de 200mm ano⁻¹ até mais de 6000 mm ano⁻¹, apresentando uma média de 2400 mm ano⁻¹. Salati (1983) considera que esse aumento que pode chegar até 6000 mm ano⁻¹ nas encostas dos Andes, ocorre a partir do Médio Amazonas, no sentido montante.

A partir dos dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia–INMET, a média de precipitação no trecho estudado é de aproximadamente 2.000 mm/ano. A série histórica analisada, entre os anos de 1988 e 2017 demonstra que o período chuvoso inicia no mês de novembro, intensificando-se a partir de janeiro e apresentando seu maior índice em abril, com índices de aproximadamente 330 mm/mês. Observa-se uma diminuição nas médias pluviométricas a partir do mês de maio, estendendo-se até o mês de outubro e apresentando os menores índices no mês de agosto, registrando valores médios de 56 mm/mês (Figura 10).

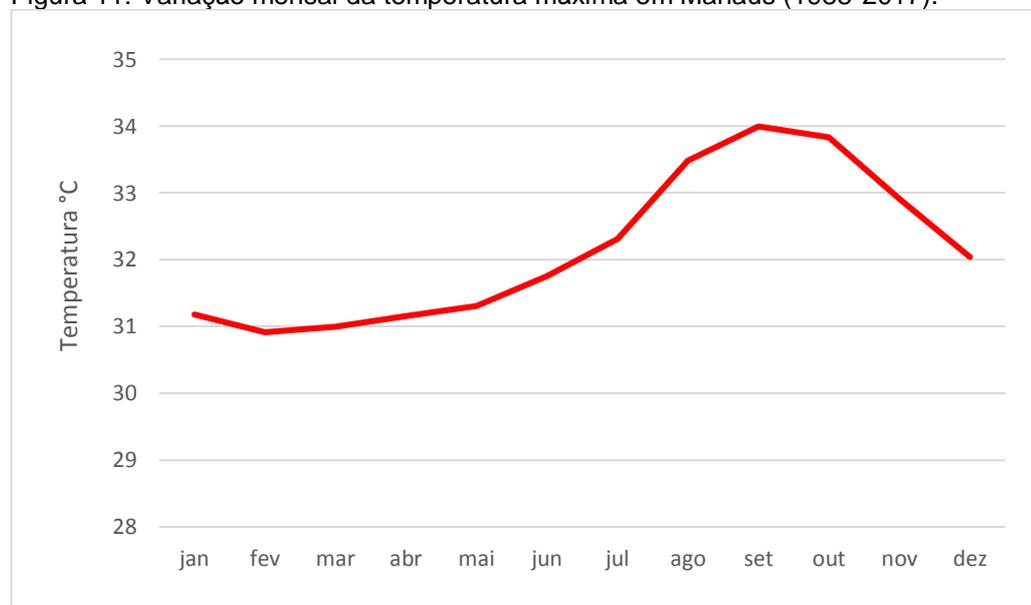
Figura 10: Variação mensal da precipitação em Manaus (1988-2017).



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

Em relação ao mesmo período, as máximas de temperatura do ar registraram uma média de 32,16 °C, apresentando os maiores valores no período entre agosto e novembro, e o pico no mês de setembro, onde a maior máxima alcançou 34°C (Figura 11).

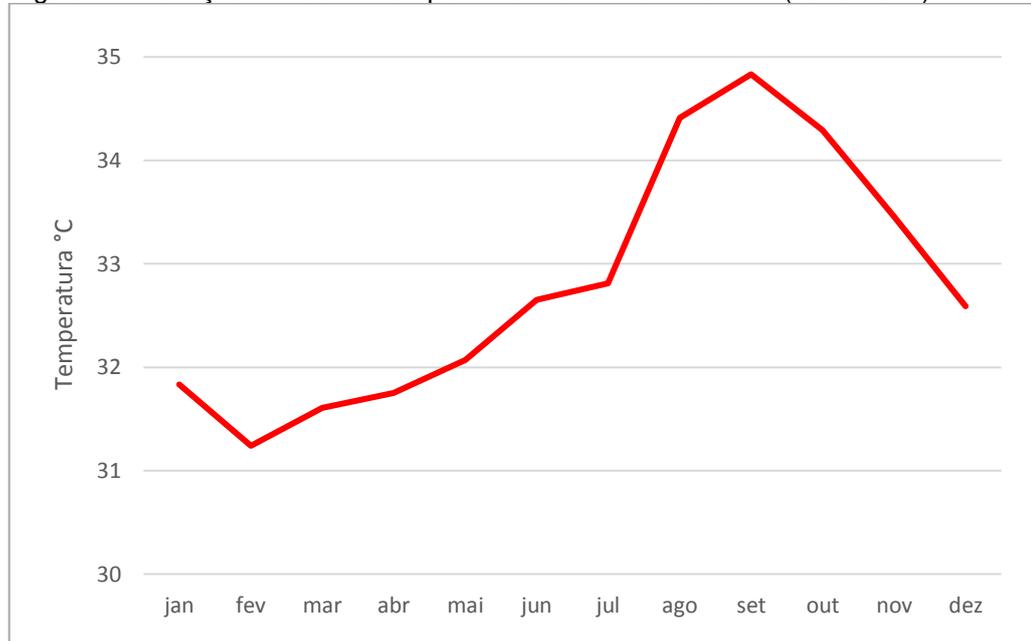
Figura 11: Variação mensal da temperatura máxima em Manaus (1988-2017).



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

No entanto, analisando um espaço de tempo menor (2010 – 2017), é nítida a elevação nas médias máximas de temperatura. Nesse período a média apresentada foi de 32,80°C, e a máxima no mês de setembro foi de 34,83°C (Figura 12).

Figura 12: Variação mensal da temperatura máxima em Manaus (2010-2017).



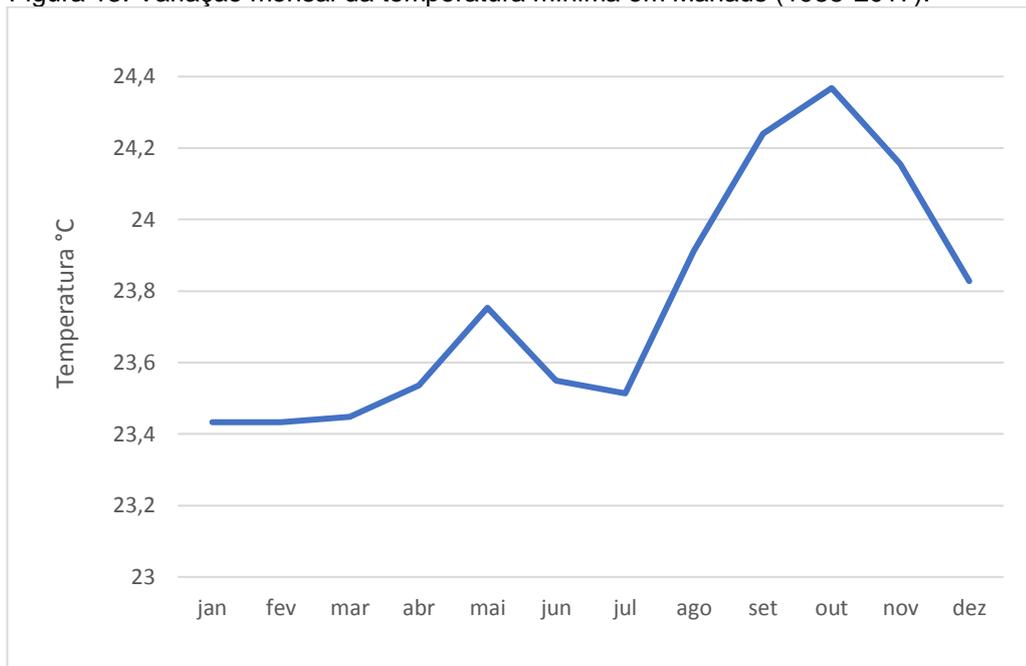
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

Ao analisar a série histórica, de 1988 a 2017, percebe-se que as maiores médias aparecem a partir do ano de 1997, onde a média marcada foi de 35,83°C, e continuaram nos anos de 2005, 2006, 2009, 2010, 2014, 2015 e 2017. Vale a pena ressaltar que o ano de 2015 foi o que apresentou a maior média, 37,10 °C.

Esse aumento na temperatura pode estar associado ao fenômeno atmosférico-oceânico, El Niño, que se caracteriza pelo aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical, e é responsável pelo déficit de chuva no leste da Amazônia (OLIVEIRA, 2001). De acordo com o INPE, 1997/1998 foi caracterizado como o período de ocorrência forte do El Niño, até 2002 o fenômeno foi considerado moderado e a partir de 2004, considerado leve.

Levando em consideração a mesma série histórica já mencionada, a média de temperaturas mínimas foi de 23,76 °C, com os menores valores entre os meses de janeiro a março (Figura 13). As menores temperaturas anuais foram em 1999 e 2001, com respectivamente, 20,61°C e 20,76°C. Segundo o INPE, esse período foi influenciado pela presença moderada do fenômeno atmosférico-oceânico La Niña, que se caracteriza por ser o oposto do El Niño.

Figura 13: Variação mensal da temperatura mínima em Manaus (1988-2017).



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

Assim como demonstrado nos gráficos anteriores de variação mensal de temperaturas máximas e mínimas, Fisch et. al. (1998) definem que os maiores totais de radiação que chegam na superfície ocorrem nos meses de setembro/outubro, sendo que os mínimos são nos meses de dezembro a fevereiro. Os autores atribuem que esta distribuição seja controlada pela nebulosidade advinda da migração SE/NW da convecção amazônica.

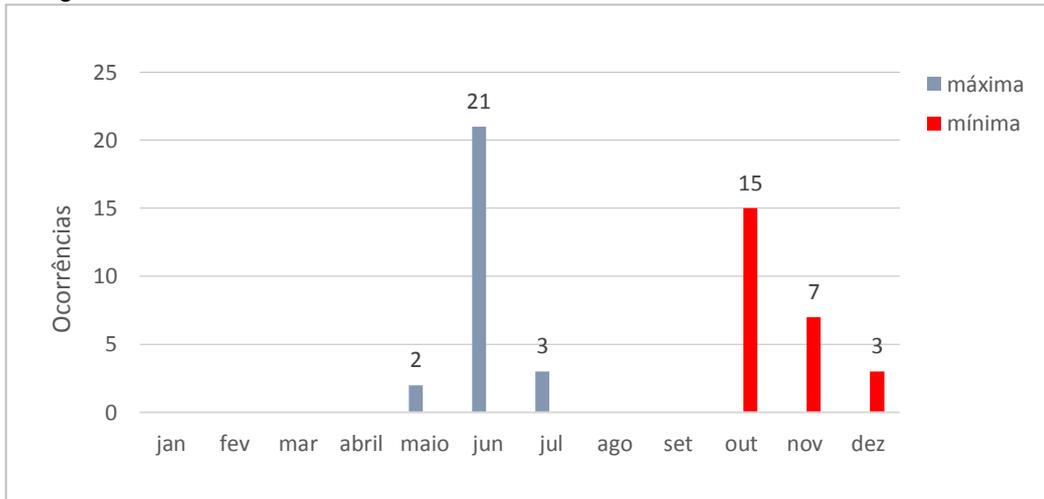
Os autores também utilizam o termo brisa fluvial, definindo-o como um mecanismo físico no qual o ar, em consequência do contraste térmico entre água-terra, movimentar-se em direção do continente durante o dia, fazendo o trajeto oposto no período da noite. A brisa fluvial influencia de forma mais intensa nas regiões em que a largura do rio é considerável. Logo, pode ser admitido que a área de estudo também é influenciada por este fator.

2.4.2. Regime hidrológico do rio Amazonas

A partir de dados fluviométricos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas – ANA, em relação à estação localizada em Manaus, foi possível verificar que, no período de 1992 a 2017, o rio Amazonas apresentou valores máximos anuais de enchentes nos meses de maio, junho e julho, sendo que o mês de junho se caracterizou como o mês de maior registro, 21, seguido de 3 ocorrências em julho e 2

em maio. Quanto aos valores mínimos, o mês de outubro destacou-se com 15 picos de vazante, em seguida aparece novembro com 7, e dezembro com 3 ocorrências de cotas mínimas (Figura 14).

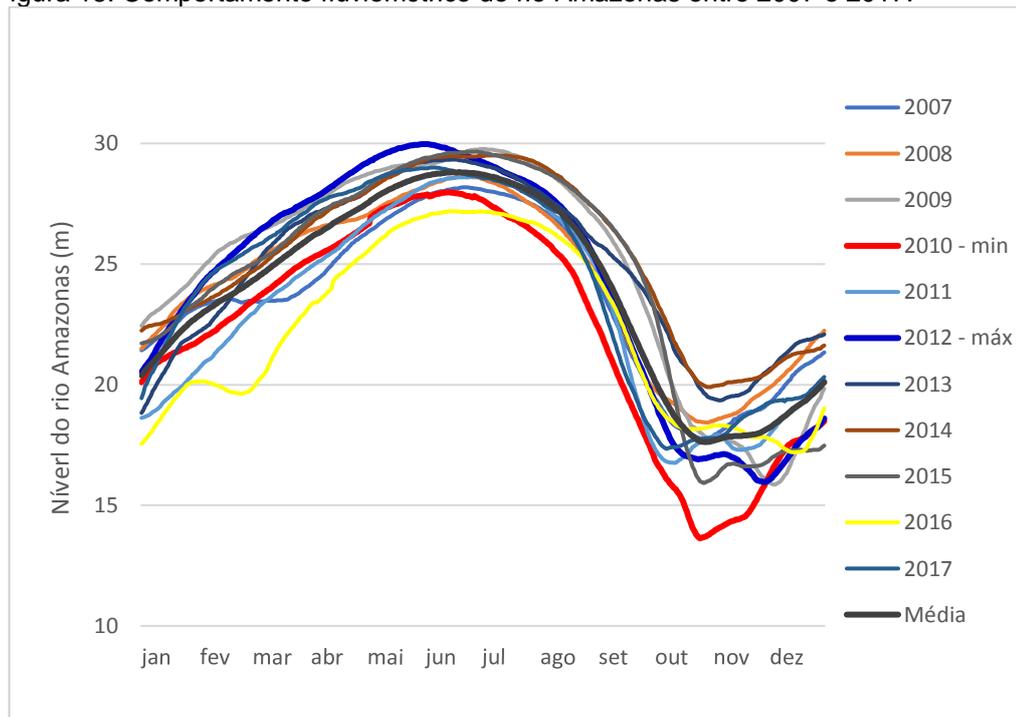
Figura 14: Ocorrências de cotas máximas e mínimas do rio Amazonas.



Fonte: Agência Nacional de Águas (1992-2017). Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

Com base nos registros diários do regime hidrológico no porto de Manaus nos últimos 10 anos, verifica-se que as maiores cotas ultrapassaram a média de 29 m e ocorreram nos anos de 2009, 2012, 2013, 2014, 2015 e 2017, sendo que o ano com maior máxima foi o de 2012, onde o rio Amazonas atingiu a cota de 29,97. Em relação as mínimas, o menor valor registrado foi de 13,63 no ano de 2010, sendo considerada a vazante mais extensa que atingiu a Amazônia (Borma e Norma 2013). Os anos de 2009 e 2015 também apresentaram cotas mínimas, de 15,86 e 15,92 respectivamente (Figura 15).

Figura 15: Comportamento fluviométrico do rio Amazonas entre 2007 e 2017.



Fonte: Agência Nacional de Águas (1992-2017). Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

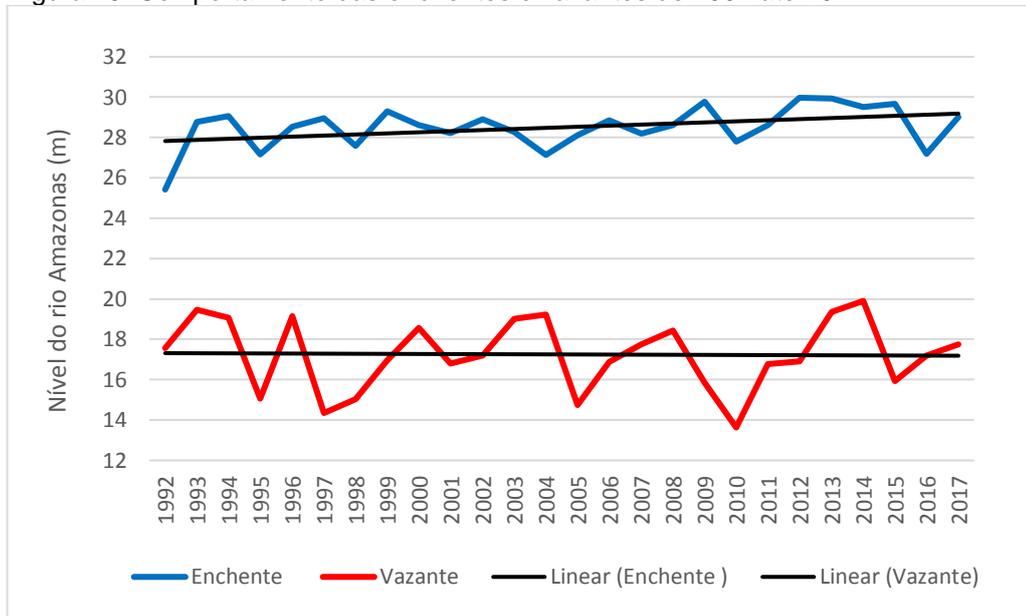
Carvalho (2012) considera que o regime hidrológico do rio Amazonas resulta fundamentalmente do regime pluviométrico, por este apresentar irregularidade tanto espacial quanto temporal na região. O autor atribui ao “fenômeno de interferência”, a definição do regime hidrológico anual único para o rio Amazonas, que é de cheia e vazante.

Apoiado nos registros diários, nota-se que o rio Amazonas começa a subir a partir de novembro/dezembro indo até junho/julho, enquanto que começa a vazar em julho/agosto até outubro/novembro. Verifica-se que o rio leva de sete a oito meses até atingir a cota máxima e desce em apenas quatro a cinco meses. Ou seja, o tempo de descida das águas é o dobro do tempo de subida e esse fato é muito importante na dinâmica e nos processos fluviais do rio Amazonas e seus afluentes (MARQUES, 2017, p.59).

O comportamento hidrológico do rio Amazonas nos últimos 25 anos demonstra que a ocorrência de enchentes com cotas acima de 29 m está se dando em um espaço menor de tempo e sua linha de tendência evidencia que no período analisado, a cota das enchentes aumentou gradativamente. Nota-se que as vazantes, no período de 1992 a 2010, foram apresentando cotas menores gradativamente, sendo que os anos com menores cotas, abaixo de 15m, foram 1997, 2005 e 2010. Esses períodos

extremos de vazante comprometem significativamente a região amazônica, inclusive o trecho estudado, por dificultar e algumas vezes colocar em risco a navegabilidade (Figura 16).

Figura 16: Comportamento das enchentes e vazantes de 1992 até 2017.



Fonte: Agência Nacional de Águas (1992-2017). Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

Observa-se que o regime hidrológico do rio Amazonas trabalha em interdependência com o regime pluviométrico e consequentemente climático da região, e que a tendência apontada é de ocorrência de eventos extremos de cheia e vazante em intervalos menores do que ocorria no passado, o que, por conseguinte, deve interferir e acentuar a dinâmica deste rio.

2.4.3. Os tipos de rios amazônicos

Junk (1983) aponta a água como um fator preponderante da paisagem amazônica, tanto do ponto de vista das precipitações, quanto do ponto de vista dos rios e sua dinâmica. Pelo fato da região ser constituída por rios de grande porte, rios pequenos e igarapés, existem diferenças consideráveis em relação à morfologia e composição de seus leitos, além das características químicas e biológicas de suas águas.

A região amazônica é conhecida pela sua grandeza, diversidade e dinamicidade, isso também se evidencia em relação aos rios da região. Ao analisar

os diferentes rios presentes na Amazônia, Sioli (1985), levando em consideração a composição química, a origem e a cor, os classificou em rios de águas pretas, rios de águas claras e rios de águas brancas.

Os rios de águas pretas têm suas nascentes no Escudo das Guianas ou na própria bacia amazônica. Quase não transportam carga sólida em suspensão, em razão de um relevo pouco movimentado e a proteção do solo pela vegetação próximo a suas cabeceiras, o que dificulta o processo de erosão. Quanto a cor, Sioli (1985), os comparou a café preto, quando no leito fluvial, e a chá fraco, quando no copo. Essa coloração é decorrente da dissolução de substâncias húmicas coloidais oriundas de matéria orgânica e pelos solos presentes em suas nascentes (JUNK, 1983). O principal representante é o rio Negro, cujas águas são consideradas extremamente ácidas e pobre de nutrientes. O perfil longitudinal deste tipo de rio é acentuado nos cursos superior e médio, mas de baixa declividade no curso inferior, favorecendo a formação das rias fluviais (CARVALHO, 2012).

Os rios de águas claras têm como singularidades a transparência e cor esverdeada de suas águas. São provenientes dos maciços das Guianas e do Brasil Central, que por apresentarem regularidade no relevo, diminuem as possibilidades de erosão, fazendo com esses rios praticamente não transportem sedimentos.

Sioli (1985), considerando o fato das regiões de suas nascentes submeterem-se a estações secas e chuvosas bem marcadas, afirmou que estes só transportam quantidades significativas de material em suspensão nos períodos das chuvas. De acordo com o IBGE (1977), estes rios realizam um fraco processo de deposição no período chuvoso, sendo que o pouco material argiloso transportado se deposita principalmente a jusante das últimas cachoeiras e corredeiras por eles vencidos antes de atingirem a planície terciária. Já a areia constitui o material básico na sedimentação provocada pelos rios de águas claras, que, por isso, são ricos em praias e bancos de areia, que emergem no período de vazante. Os principais exemplos desse tipo de rio são o Tapajós e o Xingu.

Os rios de águas brancas apresentam a tonalidade amarela/barrenta devido à grande presença de material transportado em suspensão, material oriundo principalmente de suas nascentes na região Andina e pré-andina, predisposta de intensos processos de erosão. Seus principais representantes são os rios Amazonas, Madeira, Purus e Juruá.

A principal característica dos rios de águas brancas é a instabilidade de seus leitos, pois em consequência da quantidade de material transportado, estes rios sempre modificam seus cursos pela ação simultânea da sedimentação e erosão (IBGE, 1977).

Apesar de nascerem em região de altitudes elevadas, os rios de águas brancas, passam abruptamente para região de relevo deprimido, com isso diminuem sua declividade e propiciam a deposição de material detrítico, trazido dos Andes, tanto no canal quanto na área de transbordamento. Com baixa declividade, mas com muita energia, esses rios removem com facilidade os sedimentos inconsolidados das margens côncavas e depositam nas margens convexas, provocando o serpenteamento desses canais (CARVALHO, 2012, p.60)

Constantine et al (2014) ao agruparem os rios amazônicos de acordo com as suas regiões dominantes de origem de sedimentos, os classificou em: rios que são alimentados por sedimentos dos Andes, da Amazônia Central e o dos Escudos da Guiana e do Brasil Central.

Segundo os autores, as fontes externas de sedimentos exercem papel importante sobre a evolução na sinuosidade dos rios e de suas planícies aluviais, pois estes impõem suprimentos para a dinâmica das formas e reformulação da planície de inundação, criando uma variável ambiental para que o canal deva ajustar-se.

Os rios que drenam a Cordilheira dos Andes altamente erodível (rios de águas brancas), produzem a maior quantidade de sedimentos para a planície amazônica sobre a ordem de 100 Mt de material em suspensão por rio cada ano. Os rios com nascentes que drenam as rochas sedimentares do Neógeno da Amazônia Central (rios de águas pretas) produzem uma ordem de magnitude menor de sedimento, e aqueles que drenam o escudo da Guiana ao norte e o Escudo do Brasil Central ao sul (rios de águas claras) apresentam menor rendimento.

Diante disso, Constantine et. al (op. cit.), concluíram que os rios que transportam sedimentos dos Andes experimentam as mais altas taxas de migração de meandros e que a manutenção da sinuosidade resulta em planícies aluviais migrando rapidamente. Para eles a implicação importante é que é o sedimento fornecido externamente que promove a construção das barras de pontal e a migração de meandros, levando a um aumento no potencial de armazenamento de sedimentos ao longo do vale.

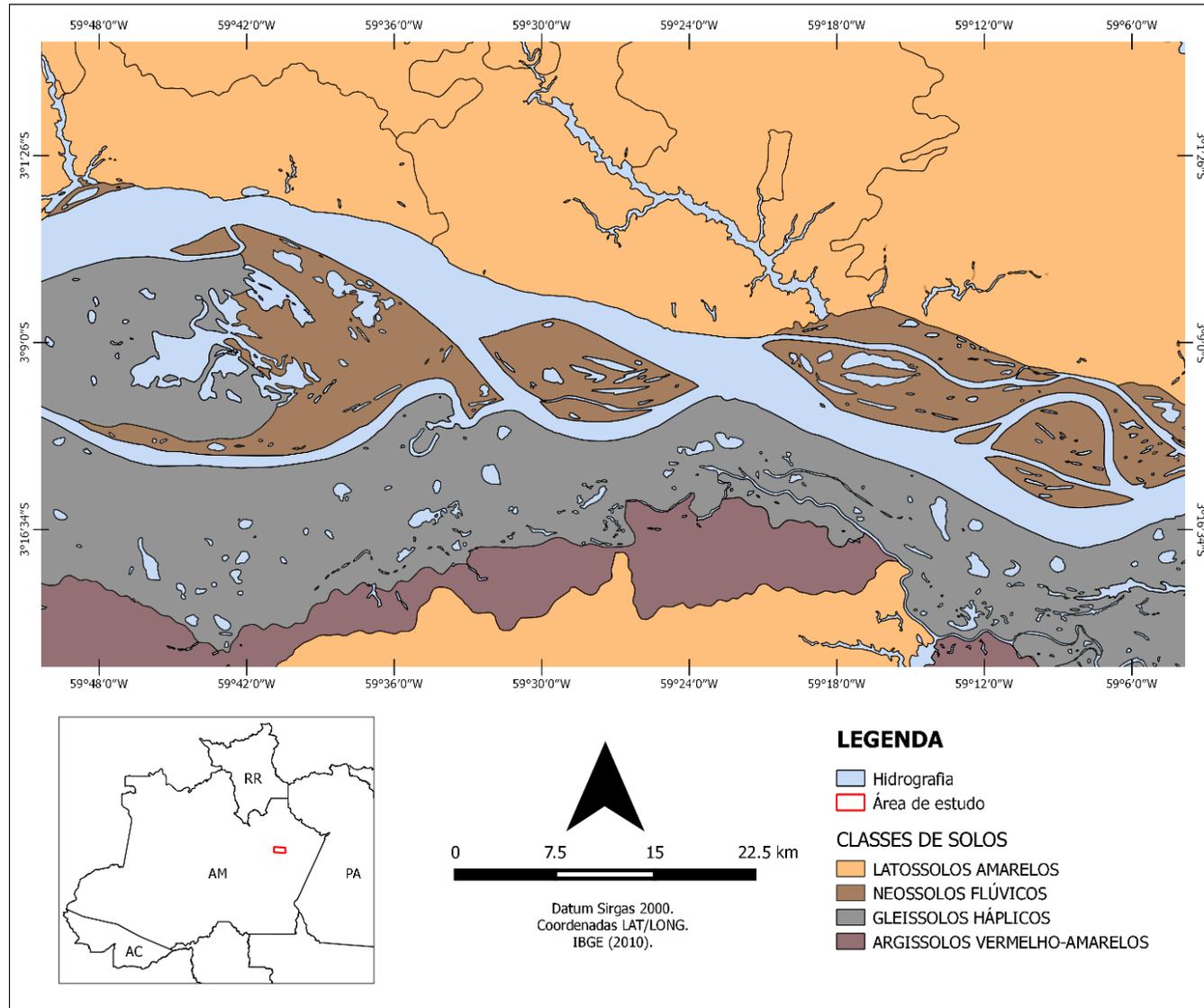
Diante as considerações a respeito dos rios amazônicos, é sabido que todos os tipos são importantes e compõem a natureza amazônica, no entanto, os rios de águas brancas, devido a sua dinâmica e por desempenharem o papel de fornecedores de sedimentos que modelam e remodelam a paisagem por onde passam, tornam-se mais relevantes para estudo afim de compreender seu funcionamento. Por essa razão, a caracterização da dinâmica do rio Amazonas, no trecho estudado, faz-se necessária.

2.5. Pedologia

Na publicação feita pela CPRM (2010) sobre a Geodiversidade do Estado do Amazonas, foram identificadas as principais classes de solos existentes: Argissolos, compreendendo 45% da área do estado; Latossolos 26%; Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos 9%; Espodossolos 7%; Plintossolos, 3,5%. As demais classes ocorrem em menor proporção em relação à área total do estado, entretanto, são as classes dominantes em algumas regiões (CPRM, 2010).

O trecho do rio Amazonas que compreende a área dessa pesquisa, as classes identificadas foram: Latossolos Amarelos, Neossolos Flúvicos, Gleissolos Háplicos e Argissolos Vermelho-Amarelos (Figura 17).

Figura 17: Pedologia do trecho entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento - AM



Fonte: IBGE (2010). Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

Os solos que predominam a margem esquerda do rio Amazonas integram a classe dos Latossolos Amarelos. São solos que apresentam avançado estágio de intemperização, caráter distrófico ou álico e valores predominantes de pH indicando solos de reação extremamente a moderadamente ácidos. São normalmente muito profundos, sendo a espessura quase sempre superior a 2 metros e tipicamente ocupam as regiões equatoriais e tropicais, desenvolvendo-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água. (CPRM, 2010; Santos, et al. 2014)

Pela margem direita do rio Amazonas, são identificadas três classes de solos, os Neossolos Flúvicos, Gleissolos Háplicos e Argissolos Vermelho-Amarelos. As duas primeiras são derivadas de sedimentos aluviais, predominantes nas planícies de inundações, sendo em sua quase totalidade férteis quando ocorrem nas margens dos rios de águas barrentas. Nas áreas de ocorrências dos Neossolos Flúvicos e dos Gleissolos ocorre, frequentemente, o desbarrancamento das margens no leito do rio, fenômeno conhecido localmente como “terras caídas” (CPRM, 2010).

Os Neossolos Flúvicos são solos com horizonte A firmados sobre camada ou horizonte C, apresentando caráter flúvico dentro de 150 cm de profundidade a partir da superfície do solo. Apresentam caráter eutrófico na região estudada, por estarem associados ao processo de colmatagem de sedimentos ricos do rio Amazonas.

Os Gleissolos são solos mal ou muito mal drenados em condições naturais, tendo o horizonte A cores desde cinzentas a pretas, espessura entre 10 e 50 cm e teores variáveis de carbono orgânico.

Os Argissolos compreendem solos minerais, não hidromórficos, que apresentam horizonte B textural (Bt), caráter distrófico e álico, e em sua maioria, apresentam reação extremamente a moderadamente ácida, além de também serem suscetíveis os processos de erosão hídrica.

Em relação aos aspectos pedológicos, é nítido o contraste entre as duas margens do rio Amazonas no trecho estudado, onde a margem esquerda apresenta uma classe de solos com maior espessura, pouco suscetível aos processos de erosão hídrica, mas com baixa fertilidade natural. Enquanto que pela margem oposta, as classes de solos existentes são derivadas a partir dos sedimentos transportados e depositados pelo próprio rio, com isso apresentando menor profundidade, fragilidade aos processos de erosão, mas elevada fertilidade natural.

2.6. Vegetação

O Radambrasil, na Folha SA.21-Santarém (1976), caracterizou a área de estudo por apresentar diferentes tipos de vegetação: Formações Pioneiras Aluviais, Floresta Densa de Baixas Altitudes e Floresta Tropical Aberta.

As Formações Pioneiras Aluviais ocupam a planície do rio Amazonas e seus afluentes. São formações edáficas, resultantes da deposição de sedimentos, variando a sua composição de acordo com o material transportado e depositado. A partir da deposição dos sedimentos e atuação dos fatores de formação do solo, há uma sucessão de espécies, indicadoras do processo hidrosseral em curso, culminando na instalação e estabilização de uma Floresta Densa (COELHO et al, 1976).

A Floresta Densa das Baixas Altitudes está localizada principalmente nos platôs terciários e terraços antigos e recentes. Ao comparada com outras áreas, é uma das mais belas florestas da Amazônia, além de apresentar alto volume de madeira de grande valor comercial.

Já a Floresta Tropical Aberta é uma floresta degradada, onde as copas não se tocam, dominadas por cipós ou ocorrência de palmeiras. Esse tipo de floresta é considerado como uma degradação natural da Floresta Densa.

Diante o exposto e associando as características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e vegetais apresentadas neste capítulo e demonstradas nos mapas, pode-se concluir que o rio atua enquanto limite entre formações geológicas, unidades geomorfológicas, classes pedológicas e formações vegetais (Quadro 2).

Quadro 2: Síntese das componentes naturais presentes no trecho estudado.

	Geologia	Geomorfologia	Pedologia	Vegetação
MARGEM ESQUERDA	Formação Alter do Chão	Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental	Latossolo amarelo	Floresta densa das baixas altitudes / Floresta tropical aberta
MARGEM DIREITA	Aluviões Holocênicos	Planície Amazônica	Neossolo Flúvico / Gleissolo Háplicos	Formações pioneiras aluviais
	Terraços Holocênicos		Argissolo vermelho-amarelo	
	Formação Içá	Tabuleiro Amazônico Centro-Ocidental	Latossolo amarelo	Floresta tropical aberta

Org: Araújo, 2018.

Por fim, entende-se que é insatisfatória e até irrelevante analisar uma determinada área, sem estudar seu processo de formação e evolução, pois, as componentes naturais da paisagem agem de forma interdependente, influenciando e sendo influenciada umas pelas outras, compondo, desta maneira, as características de determinado lugar. Logo, compreendê-las é indispensável para entender a dinâmica natural do trecho estudado, os processos ocorridos até então e as possíveis alterações que podem vir a surgir no futuro.

CAPÍTULO III: FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA E MATERIAIS

1. O Método da Geografia Física

Desde a Antiguidade, os pensadores buscavam uma maneira de compreender e explicar o funcionamento do universo. Essa busca perpassou pelas ordens dogmáticas, metafísicas, e com René Descartes, a ciência assumiu uma abordagem cartesiana.

Com isso, os pressupostos da Igreja e de uma ordem divina de criação e provisão foram substituídos pela preconização da razão, com pressuposições físico-matemáticas onde o funcionamento do universo era entendido de forma mecânica, comparado ao de um relógio.

Se a Ciência, em geral, vinha traçando um longo caminho para estabelecer seu método, a Geografia Física não ficou atrás quanto a dificuldade em desenvolver um método propício para o desenvolvimento de suas pesquisas.

A respeito disso, Rodrigues (2001), corrobora que as influências externas da Geografia Física em meados do século XIX e início do século XX incidiam da abordagem positivista. Especialmente sobre as Ciências da Natureza, alguns princípios de ordem geral tais como o uniformitarismo, a teoria evolucionista, os métodos descritivos, comparativos e as generalizações empíricas, constituíam a base do trabalho científico.

Ademais, a autora atribui ao método comparativo, atributos presentes atualmente na Geografia Física, tendo em vista que, desde a época das grandes expedições (século XIX e até meados do século XVIII) já era desenvolvido a observação, descrição e registros minuciosos que se realizavam de forma a identificar e a integrar variáveis. Já havia, desde então preocupação com relações entre variáveis, dinâmica e principalmente com gênese.

Foi então que surgiu a Teoria Geral dos Sistemas, proposta pelo biólogo Ludwing von Bertalanffy, caracterizada como um “novo” modo de pensar a Ciência, compreendendo o funcionamento do mundo a partir da concepção de sistemas.

Na Geografia, sua penetração foi muito maior na área a Geografia Física, tendo em vista que sua abordagem positivista e sua natureza preferencialmente indutiva

acabaram por inibir até mesmo a utilização de suas ideias centrais na Geografia Humana (RODRIGUES, 2001, p.72).

Com o intuito de realizar pesquisas em Geografia Física, alicerçadas nos princípios sistêmicos, adotou-se o estudo de geossistemas. Segundo Rodrigues (2001), a teoria geossistêmica surgiu em decorrência de a Geografia necessitar lidar com os princípios de interdisciplinaridade, síntese, com a abordagem multiescalar e com a dinâmica.

Troppmair e Galina (2006) discorrem que, dentro da Geografia, Sotchava, em 1960, criou o termo geossistema, embasado em sua vivência e interpretação do espaço geográfico da extinta União Soviética, seu país de origem. Para Sotchava, o geossistema abrange áreas com centenas e até milhares de quilômetros quadrados e que funcionaria em escalas regionais.

A partir da visão de Sotchava, os autores concluem que:

o Geossistema é um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem. Pela ação antrópica poderão ocorrer pequenas alterações no sistema, afetando algumas de suas características, porém estes serão perceptíveis apenas em micro-escala e nunca com tal intensidade que o Geossistema seja totalmente transformado, descaracterizado ou condenada a desaparecer. (TROPMAIR E GALINA, 2006, p. 81)

Os autores abordam que Bertrand, 1978, ao aplicar a teoria dos geossistemas à realidade francesa, refere-se a áreas relativamente pequenas para definir geossistemas, geofácies e geótopos variando a área em quilômetros quadrados (geossistema) e a poucos metros quadrados (geótopo).

Logo, para Bertrand (2004), o geossistema é uma unidade homogênea da estrutura fisionômica e ecológica de determinada parte da superfície terrestre em constante evolução.

Para Christofletti (1999) o geossistema é como instrumento de análise da Geografia Física, capaz de interpretar uma organização espacial resultante da interação dos elementos e componentes físicos da natureza.

Albuquerque (2012) considera que a abordagem geossistêmica na geografia ajuda na produção do diagnóstico e na realização da análise ambiental dos objetos pesquisados, contribuindo como um instrumento básico de informação para o planejamento territorial e a gestão ambiental.

Entretanto, Troppmair e Galina (2006) argumentam que infelizmente ao criar o termo “GEOSSISTEMA”, Sotchava o deixou bastante vago e flexível. Por este motivo vários geógrafos utilizaram e empregaram o termo com conteúdo, metodologia, escala e enfoque diferente.

2. A Paisagem enquanto categoria geográfica e o estudo integrado de seus componentes

A categoria de análise geográfica aplicada à pesquisa é a Paisagem, que apesar de apresentar diversas definições científicas, Albuquerque (2012) a constitui em um dos mais antigos métodos de estudo da geografia física.

Bertrand (2004) discorre que “paisagem” é um termo pouco usado e impreciso, e por isto mesmo, cômodo, que cada um utiliza a seu bel prazer. Santos (1988) considera que o entendimento da paisagem parte do princípio de tudo o que a nossa visão alcança, assumindo a dimensão da percepção, do que chega aos sentidos, por isso toma escalas diferentes, dependendo do local onde estamos. Com isso, Albuquerque (2012) sugere que ao ser sentida e analisada sob os diferentes aspectos sensoriais, perceptivos e cognitivos do indivíduo, a paisagem torna-se carregada de simbolismo e um agente mediador da relação natureza e os atores sociais existentes sobre ela.

De acordo com Vitte (2007), uma discussão sobre a categoria paisagem remete-nos ao processo de institucionalização da geografia como ciência, onde a paisagem poderia ser definida como objeto de estudo da geografia, tendo em vista que conhecer a superfície da Terra implicaria necessariamente em estabelecer as relações e causas entre os grupos humanos e a epiderme. O autor considera que:

Por meio dos mais variados meios técnicos e científicos, a sociedade imprime sua marca no espaço que fica registrada na paisagem. Assim, a paisagem é uma representação do espaço. Na Ciência Geográfica e particularmente na geografia física, a paisagem passa a ser o sinônimo de natureza. (VITTE, 2007, p.77).

Como citado anteriormente, a categoria paisagem é difundida em inúmeras interpretações científicas, entretanto, o foco dessa pesquisa é compreendê-la a partir de uma visão sistêmica, integrando os fatores que contribuem para a sua evolução.

A inserção da Teoria Geral dos Sistemas aos estudos da paisagem foi desenvolvida a partir da classificação geossistêmica proposta por Sotchava (1977) e

Bertrand (1972), que defenderam a ideia de um equilíbrio dinâmico entre a natureza e a ação antrópica no ambiente, demonstrando desse modo a existência de reciprocidade entre seus sistemas, subsistemas e os demais níveis estruturais (Albuquerque, 2012).

Nesse sentido, Bertrand (2004) propõe que:

A paisagem não é uma simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, 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 (BERTRAND, 2004, p. 141).

O autor dá ênfase ao fato de que o estudo da paisagem não deve estar direcionado apenas a paisagem “natural”, e sim, analisar a paisagem de forma integrada, associando sua parte natural às implicações oriundas da ação antrópica.

Partindo desse pressuposto, Silva Neto (2013) considera equivocada a interpretação da paisagem na perspectiva de soma de partes, pois pondera que a paisagem deve ser entendida como implicação das conexões realizadas entre sociedade e natureza, do ponto de vista da sinergia decorrente dessa relação.

Este autor ainda avalia que a paisagem pode ser entendida como uma intersecção entre natureza e sociedade, estabelecendo-se uma relação direta dessas duas categorias, dessa forma, dificultando a delimitação exata das influências de uma em relação a outra.

Trazendo essa concepção de paisagem para os estudos da ciência geomorfológica e mais especificamente para a geomorfologia fluvial, entende-se que os rios, ao serem considerados como o principal agente modelador do relevo terrestre, alteram conseqüentemente a paisagem por onde passam. Além disso, os mecanismos que envolvem a evolução dos sistemas de drenagem ao longo do tempo, estão diretamente relacionados à própria compreensão da história evolutiva da paisagem de uma dada área (SILVA e SANTOS, 2010).

Logo, no ambiente fluvial, a paisagem é o resultado da combinação das variáveis que operam na respectiva área de estudo, ou seja, derivando da interação dos sistemas que atuam no sistema fluvial, como por exemplo, a declividade, o clima, o solo, o relevo, a vegetação e a associação desses fatores à ação antrópica.

Sobre a dinâmica geomorfológica e consequente transformação da paisagem, Suertegaray e Nunes (2001), ao discursarem sobre a natureza da Geografia Física definiram que:

a dinâmica geomorfológica é algo que se projeta enquanto seta, de forma linear e sucessiva, em constante transformação. Esta transformação produz-se e/ou reproduz-se através de ciclos que se sucedem, mas que, ao se sucederem, não se reproduzem com as mesmas características anteriores. O que significa dizer que a forma geomorfológica é o resultado de processos do passado e do presente ou da coexistência de tempos, parafraseando Santos (1997) quando se refere ao espaço geográfico (SUERTEGARAY E NUNES, 2001, P.19)

Relacionando a definição proposta pelos autores com o trabalho realizado pelos rios, entende-se a importância de estudos constantes sobre a dinâmica fluvial, pois como é sabido, os rios ao longo de seu curso desenvolvem a tríade fluvial (erosão, transporte e deposição de sedimentos) modelando e remodelando a paisagem por onde percorrem, sem, no entanto, reproduzir sempre as mesmas características anteriores.

Santos (1988) afirma que a paisagem não se cria de uma só vez, mas por acréscimos, substituições e que, portanto, é objeto de constante mudança, por ser resultado de adições e subtrações sucessivas. O autor acrescenta que a paisagem seria uma espécie de marca da história do trabalho anterior a que esta foi submetida.

Relacionando esta definição à dinâmica fluvial, é possível afirmar que é exatamente isso que ocorre, tendo em vista que, principalmente rios que carregam sedimentos oriundos da região andina, como o rio Amazonas, ocasionam constantes mudanças nas paisagens que percorrem. Por vezes erodindo por outras depositando, mas sempre sendo responsável por alterações no ambiente, marcando assim a história dos locais por onde passam, e por muitas vezes, influenciando diretamente na vida da população.

3. Procedimentos Metodológicos da Pesquisa

3.1. Medições batimétricas transversais do rio Amazonas

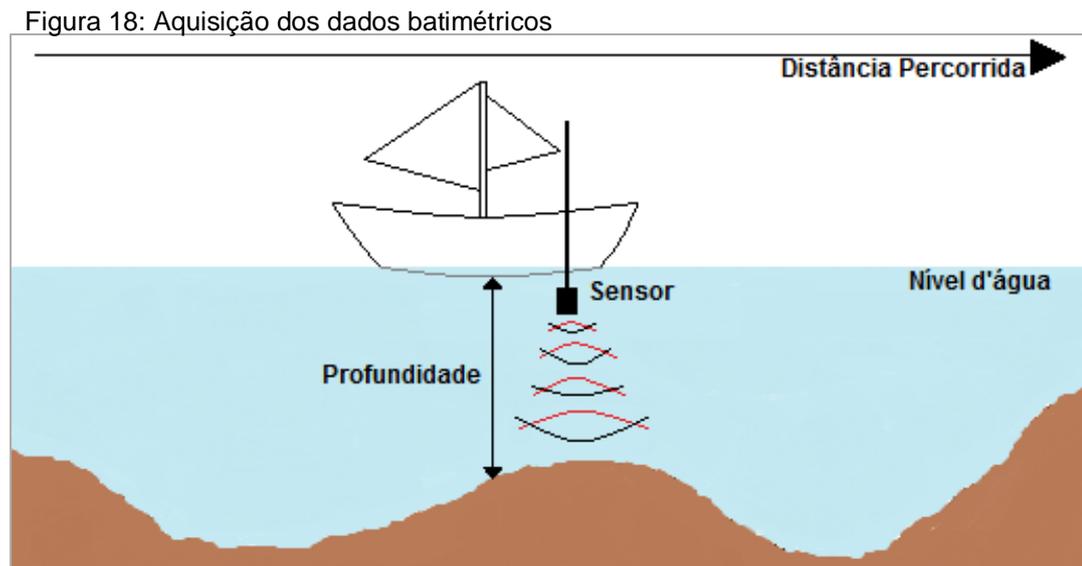
De acordo com Gagg (2016) os levantamentos batimétricos têm por objetivo efetuar medições de profundidades em relação a uma posição da embarcação na

superfície da água, visando conhecer o comportamento da morfologia de fundo de um rio, reservatório, canal ou de um oceano.

O método tradicional emprega o uso de uma embarcação, uma vara de madeira, um ecobatímetro e a anotação manual dos dados coletados.

O ecobatímetro é um aparelho que produz um feixe de ondas sonoras transmitido verticalmente por um emissor instalado na embarcação, que atravessa o meio líquido até atingir o fundo submerso, onde é refletido. O sinal retorna à superfície, onde é detectado por um receptor. O intervalo de tempo medido entre a emissão do pulso e a recepção do eco é transformado diretamente em profundidade e apresentado no registrador de forma visual ou gráfica. (GAGG, 2016, p.8).

Na área de estudo, os perfis transversais do leito do rio Amazonas foram elaborados a partir de dados coletados através de um ecobatímetro digital da marca GPS/sonar Garmin Echomap 52dv, abordo de uma embarcação de pequeno porte, cuja lateral foi instalada uma vara de madeira na posição vertical para servir de suporte ao sensor (Figura 18). Os dados de profundidade do rio, nos perfis percorridos, foram registrados a cada 10 segundos.



Org. ARAÚJO, A. G. S., 2018.

Foram realizados dois trabalhos de campo com o intuito de coleta de dados batimétricos, o primeiro em 08/12/2016 e o segundo em 11/11/2017. Nestes dois trabalhos de campo foram traçados dez perfis transversais batimétricos entre a Ilha

do Careiro e a Costa do Varre Vento, sendo nove no rio Amazonas e um no Paraná das Onças.

3.2. Dados Hidrológicos e Pluviométricos

Para a compreensão da hidrologia do rio Amazonas, em relação a vazão e material em suspensão, foram utilizados dados obtidos através expedições realizadas pelo Programa HiBAm – Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica.

O Programa HiBAm é de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA), com participação da CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais e o IRD – Institut de Recherche Pour le Développement – Hydrologie – França.

As cotas pluviométricas foram obtidas no sistema hidroweb da Agência Nacional de Águas. A estação utilizada foi a de Manaus (código 14990004) que possui dados de variação do nível do rio Amazonas entre 1992-2017.

Os dados referentes à pluviometria e temperatura foram obtidos no BDMEP – Bando de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. A Estação de monitoramento utilizada foi a de Manaus, cujo o código é 82331, localizada na latitude 03.11 (S) e longitude 59.95 (W).

3.3. Análise multitemporal por sensoriamento remoto

O uso das técnicas de sensoriamento remoto contribuiu para o desenvolvimento das análises espaciais. Bertani (2015, p. 52) afirma que “a utilização de dados de sensoriamento remoto para a caracterização de morfologias fluviais teve início na década de 1950 e 1960, com a difusão de fotografias aéreas”.

Desde então, com a evolução tecnológica, as fotografias aéreas cederam lugar para as imagens de satélites captadas através de sensores orbitais. Dentre esses satélites, destaca-se a série Landsat.

Os satélites da série Landsat possuem sistemas sensores denominados: *Thematic Mapper* (TM) e *Enhanced Thematic Mapper* (ETM). Estes são responsáveis por fornecer informações tanto espectrais como espaciais sobre a superfície terrestre. Nesse aspecto, Novo (2008, p.233) explica que “isso significa que é possível não apenas o registro das formas dos objetos da superfície terrestre, mas também de algumas de suas propriedades biológicas, físicas e químicas”.

Novo (2008) aponta a importância do emprego das técnicas de sensoriamento remoto para estudos de análise de processos fluviais em bacias hidrográficas de dimensões semicontinentais, como as dos rios Amazonas e Paraná. Pois, esta ferramenta permite a obtenção de dados a respeito da dinâmica fluvial, como áreas de erosão e sedimentação em determinado trecho do rio, alteração e formação de feições geomorfológicas em ambientes fluviais.

Para análises utilizando imagens de satélite, faz-se necessário construir uma série histórica de imagens do mesmo período hidrológico, com cotas iguais ou aproximadas. Nesse aspecto, afirma-se que:

É claro que não basta o exame da imagem de uma única data, pois a comprovação dessas hipóteses só poderá ser feita pela análise de uma série histórica de imagens, acompanhada de informações da variação do nível de água do rio principal. (NOVO, 2008, p.234)

Entretanto, apesar dessa técnica ser bastante útil para a compreensão de ambientes em grande escala, como é o caso da Amazônia, sua utilização oferece algumas dificuldades para quem a emprega, dentre elas destaca-se o regime fluvial e a presença de nuvens.

Bertani (2015) advoga que a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em segmentos do canal fluvial oferece obstáculos relacionados a sombras, nuvens e características físicas dos corpos d'água. Ademais, Rozo (2004) afirma que quando se deseja analisar os contornos do sistema fluvial, o indicado é adquirir imagens da área em período da vazante, e que apresentem a menor diferença possível de cota entre as imagens.

As imagens utilizadas para a análise multitemporal foram fornecidas pelo acervo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, e do Instituto U.S. Geological Survey. As imagens são da série Landsat e apresentam 30 m de resolução espacial. A área estudada é recoberta por uma única cena Landsat, no entanto, para melhor qualidade da análise, faz-se necessário que as imagens selecionadas apresentem a mínima cobertura de nuvens e que coincidam com o período de vazante, proporcionando a menor diferença de cota fluviométrica possível.

Devido as imagens do período de vazante, na sua maioria, apresentarem a presença de nuvens, torna-se um tanto quanto complicado conseguir imagens sem nuvens e com as cotas fluviométricas com valores próximos. Por isso, para o objetivo

da pesquisa, foram utilizadas imagens Landsat 5 e 8 dos anos de 1998, 2006 e 2017 (tabela).

TABELA 2: DADOS DAS IMAGENS LANDSAT SELECIONADAS PARA O ESTUDO.

Série Landsat	Data de Passagem	Cota (m)	Diferença de cota (m)
LANDSAT 5	07/10/1998	17,35	-
LANDSAT 5	29/10/2006	16,94	0,41
LANDSAT 8	11/10/2017	17,42	0,48

Fonte: INPE; U.S. Geological Survey. Org. ARAÚJO, A. G. S. 2018.

3.3.1. Georreferenciamento das imagens

Foi realizado o georreferenciamento das imagens selecionadas para a pesquisa devido a necessidade de correção geométrica para evitar possíveis erros de ajuste entre as imagens. Esse procedimento foi realizado no software ArcGIS 10.3 e foi seguido pelo recorte das imagens, enfatizando somente o trecho de interesse da pesquisa.

3.3.2. Classificação e vetorização das imagens

O software ENVI 5.1 foi utilizado para a classificação das imagens, através do seu classificador Isodata. Em seguida, as classes foram combinadas, restando apenas as classes terra e água. Posteriormente, as imagens foram vetorizadas.

3.3.3. Análise multitemporal

Para a etapa de análise multitemporal, as imagens foram divididas em dois períodos, 1998 – 2006 e 2006 – 2017.

O processamento foi realizado no ArcGIS 10.3, primeiramente com os vetores dos anos de 1998 e 2006. Através da ferramenta de geoprocessamento Intersect, foi gerado um novo vetor, contendo as áreas de interseção entre os dois períodos.

Em seguida, na tabela de atributos desse vetor, foi criada uma coluna com o nome intersect com a informação 1998-2006. E utilizando a ferramenta de

geoprocessamento Union, uniu-se os vetores de 1985 e de 2015 ao vetor de interseção gerado anteriormente, gerando um novo vetor, onde estão agregados os dados de áreas de interseção e áreas de erosão e deposição.

Após excluir a coluna Intersect na tabela de atributos do último vetor criado, foi realizado o cálculo das áreas, estimando as taxas de erosão e deposição no período estudado.

Esse procedimento foi repetido nos dois períodos, 1998-2006 e 2006-2017, resultando em dois mapas de análise da área estudada.

CAPÍTULO IV: MORFODINÂMICA FLUVIAL ENTRE A ILHA DO CAREIRO E A COSTA DO VARRE VENTO – AM

Neste capítulo, onde foram inseridos, analisados e debatidos os resultados da pesquisa, pretende-se compreender qual a dinâmica ocorrida no trecho, tanto no que diz respeito ao canal principal, quanto as feições das ilhas e paranás que compõem esse sistema. Tentando entender a causa dessas alterações geomorfológicas e quais suas possíveis implicações para a região onde está inserida, tanto no quesito econômico quanto social.

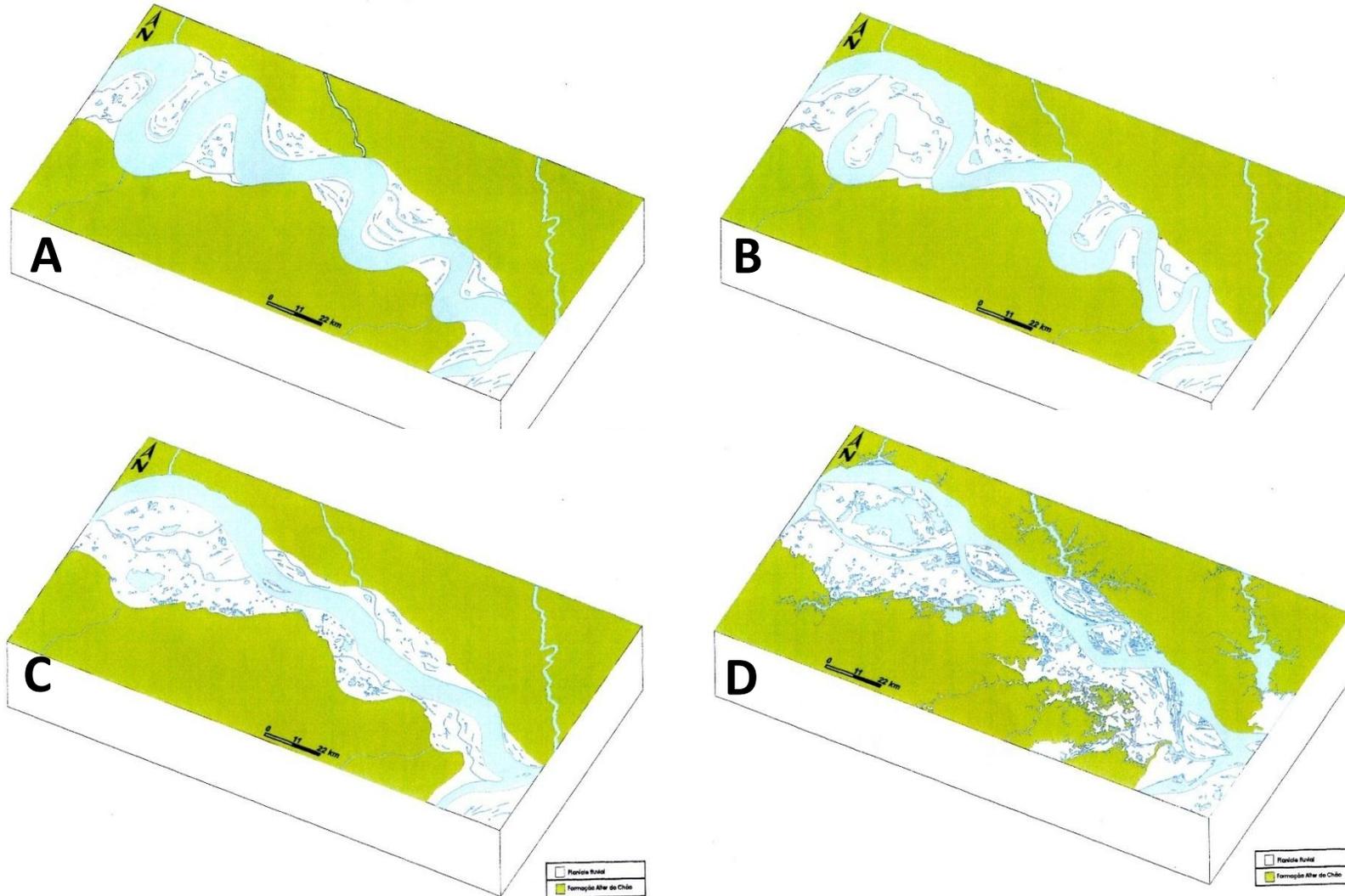
1. Dinâmica fluvial do rio Amazonas entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento

Apesar da área de estudo já ter sido caracterizada, esse tópico será destinado ao debate dos processos que ocorrem no trecho estudado, enfatizando o padrão de canal definido para o trecho, os processos fluviais predominantes, sua possível evolução e no que isso pode implicar no contexto regional, tanto no quesito econômico quanto social.

Rozo et. al (2012) caracterizaram o rio Amazonas por apresentar múltiplos canais interconectados com ilhas vegetativas, relativamente estáveis. Rozo (2004) ao estudar a evolução holocênica entre a Ilha do Careiro e a Foz do rio Madeira, onde a área desta pesquisa está inserida, caracterizou que o rio Amazonas, neste trecho, evoluiu de um meandro de canal único para um sistema de anastomose com ramos sinuosos.

Segundo este autor, o sistema fluvial Amazonas passou, por pelo menos, quatro fases evolutivas durante o Holoceno (Figura 19), sendo elas: Meandrante com carga em suspensão; Meandrante com carga mista; De Meandrante a Anastomosado e Anastomosado.

Figura 19: Fases evolutivas do sistema fluvial durante o Holoceno



A) Fase 1: Meandrante com carga em suspensão; (B) Fase 2: Meandrante com carga mista; (C) Fase 3: De Meandrante a Anastomosado; (D): Anastomosado. Adaptado de Rozo (2004).

No entanto, pode-se admitir que o padrão fluvial predominante no trecho é o Anabanches, que consiste em um sistema de canais múltiplos caracterizados por ilhas aluviais vegetativas ou de outra forma estáveis que dividem fluxo (NANSON E KNIGHTON, 1996).

Stevaux e Latrubesse (2017, p.181) classificam o padrão Anabanches como um tipo de canal no qual a largura das ilhas é três vezes maior que a largura dos canais, onde essas ilhas são estáveis e vegetadas em nível de água de margens plenas.

Segundo estes autores, o termo anastomosado é um dos seis tipos de Anabanches, e para eles o termo multicanal é talvez o que mais satisfaça sua definição.

Os rios multicanais aluviais são considerados comuns, incluindo os maiores rios do planeta, além de serem encontrados em uma grande variedade de ambientes. Em alguns casos, a ocorrência desse padrão de canal fluvial pode estar efetivamente controlada por um ajuste de aporte sedimentar numa área em subsidência. Esse ajuste promove um vale fluvial com intensa agradação sedimentar, que sempre é identificada nos depósitos aluviais (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017).

Em relação às ilhas, que fazem parte da paisagem dos rios multicanais, são constituídas como o fator principal de manutenção desse padrão de rio aluvial e ocorrem do processo complexo de retroalimentação erosivo-deposicional e não apenas da estabilização de barras constituídas pela carga de fundo.

Nanson e Knighton (1996) afirmam que estas ilhas persistem por décadas ou séculos, apresentando aproximadamente a mesma elevação da planície de inundação, e os canais entre as ilhas podem ser entrelaçado, sinuoso ou reto.

Logo, se faz necessário compreender o processo de formação desse padrão de canal aluvial. Nesse sentido, Constantine et al (2014) concluíram que os rios com elevadas cargas de sedimentos possuem uma dinâmica mais ativa em relação aos que apresentam taxas menores.

Allen (2008) discorre que paisagens erosivas e deposicionais estão ligados por um sistema de roteamento de sedimentos. Constantine et al (2014) sugerem que a alimentação dos sedimentos modula a reformulação dos ambientes de várzea.

Diante o exposto, sendo o rio Amazonas um rio caracterizado por apresentar elevada carga de sedimentos em suspensão, logo, as paisagens por onde passa, tendem a sofrer constante dinâmica e ao longo do seu trajeto desde a Cordilheira dos

Andes até o Oceano Atlântico, este rio apresenta diversos padrões de canal e divergentes paisagens.

Os sedimentos em suspensão, em abundância no rio Amazonas, tendem a ser armazenados durante os períodos de jusante e ressuspensos durante os períodos de vazante, e sazonalmente, uma grande quantidade de sedimentos finos são armazenados e ressuspensos pelo rio Amazonas (MEADE, 1985).

Entretanto, apesar do sedimento transportado pelo rio Amazonas ser oriundo de erosão andina, sedimentos que compõem a várzea também são retrabalhados por este rio. E a junção dos processos de erosão e deposição resultaram em diferentes padrões de canal e a construção de uma planície de inundação complexa. (MERTES; DUNNE; MARTINELLI, 1996).

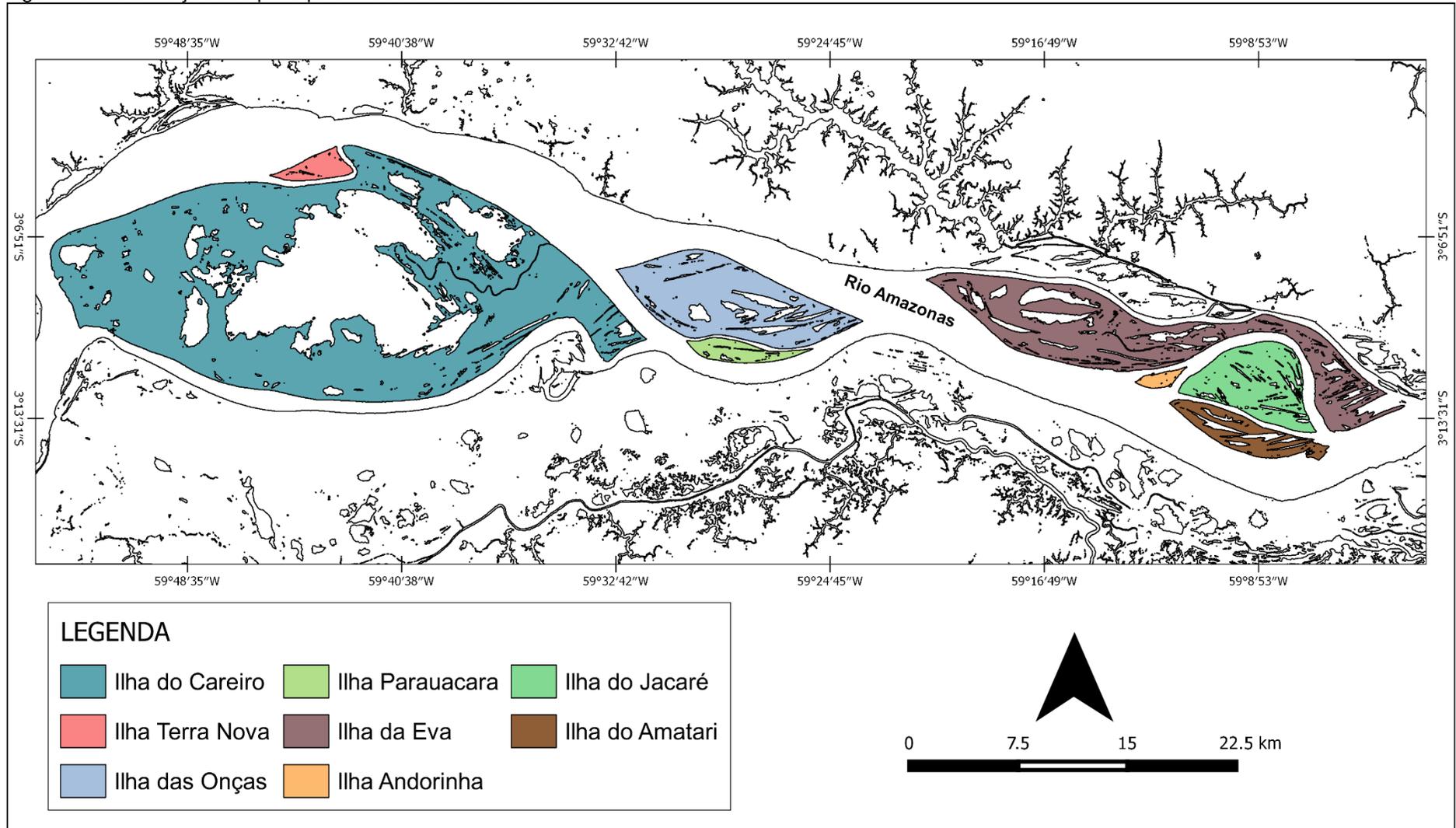
Ao analisar o trecho onde a área de estudo está inserida, Mertes; Dunne; Martinelli (1996) afirmaram que o rio tende a ser mais reto em um vale mais estreito, as taxas de migração são mais lentas e as ilhas são ligeiramente maiores.

Os autores ainda afirmam que a medida que o rio troca material com sua planície de inundação, ele está continuamente reciclando os sedimentos de sua planície aluvial, dessa forma, dando equilíbrio entre a taxa de destruição (erosão) e a construção (deposição).

Ademais, uma vez que o fluxo de água e o suprimento de sedimento mudam com o tempo, canais aluviais estão continuamente ajustando sua forma por meio de processos erosivos e deposicionais (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017).

Levando em consideração a literatura existente e a análise da área, no trecho proposto para pesquisa, o rio Amazonas caracteriza-se como Anabanches, apresentando um canal principal estável, preenchido com ilhas em seu interior (Figura 20), oriundas de deposição fluvial, que por sua vez são intercortadas por canais com padrões distintos do apresentado pelo canal principal.

Figura 20: Localização das principais ilhas da área de estudo.



Fonte: USGS. Org: ARAÚJO, A. G. S., 2018.

De acordo com as pesquisas até então realizadas na região, as ilhas existentes nesse trecho do rio estão estabilizadas a bastante tempo, principalmente a Ilha do Careiro, que segundo Sternberg (1960), ao datar os depósitos de diques na ilha, propôs que a mesma ocupa atual localização a centenas de anos.

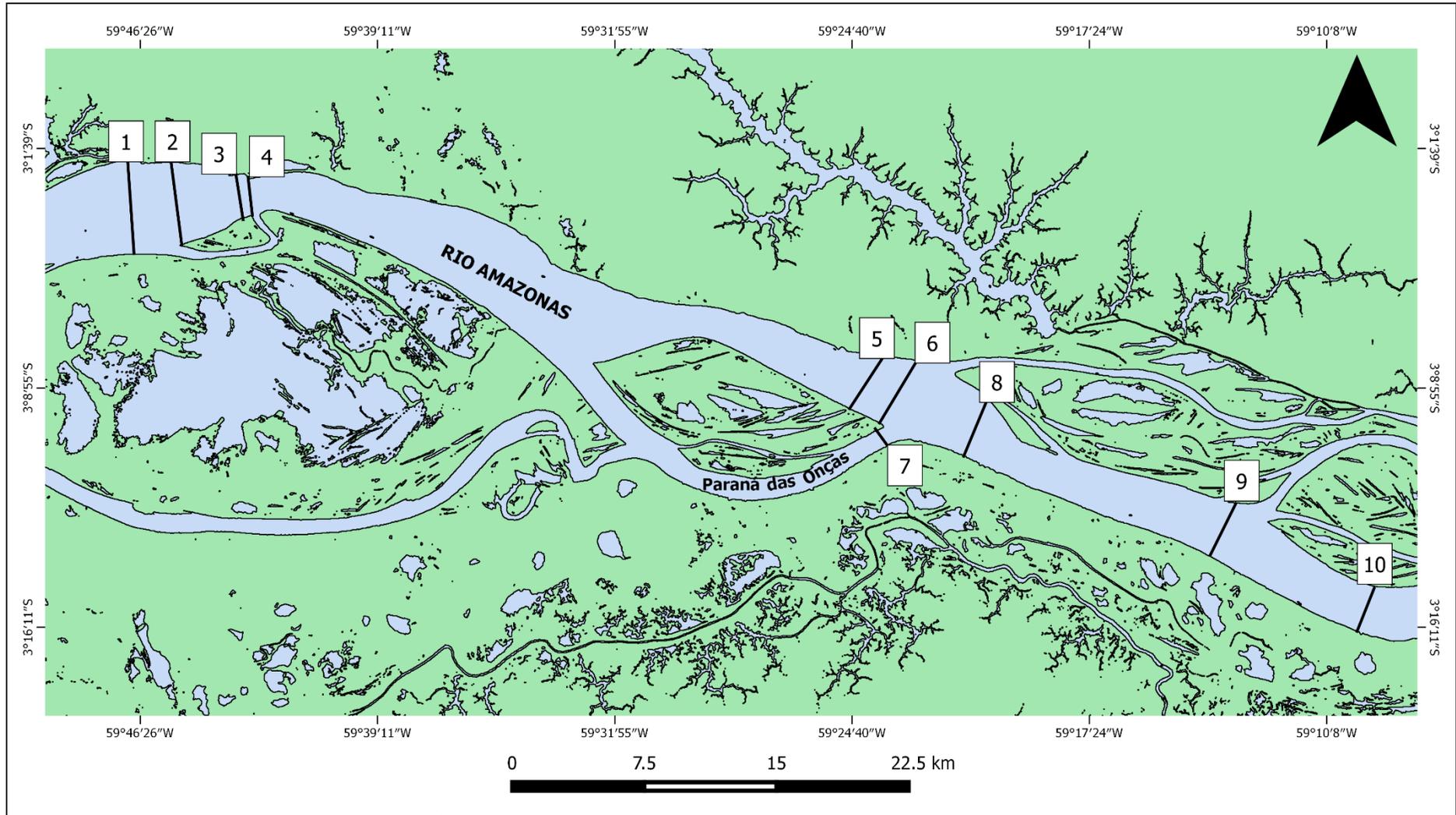
Contudo, pretende-se, associando às pesquisas já realizadas na região, com os resultados obtidos na pesquisa, compreender a dinâmica que ocorre nesse trecho do rio Amazonas, localizado entre duas confluências com rios importantes da bacia hidrográfica amazônica. Logo a montante a área é limitada pela confluência dos rios Negro e Solimões e a jusante pela confluência dos rios Amazonas e Madeira.

2. A geometria do rio Amazonas entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento – AM

O perfil longitudinal surge como resposta ao controle exercido pelos fatores que envolvem os sistemas fluviais, passando a ser considerado como variável controlada e dependente, ao invés de representar fator controlador. Considerando que o canal em rios aluviais é resultado da ação exercida pelo fluxo sobre os materiais componentes do leito e das margens, pode-se afirmar que suas dimensões serão controladas pelo equilíbrio entre forças erosivas de entalhamento e por processos agradacionais (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Com o intuito de estabelecer uma relação entre a geometria do rio Amazonas e a dinâmica fluvial entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento, foram realizadas 9 medições batimétricas no rio Amazonas e 1 no Paraná das Onças, nos anos de 2016 e 2017 (Figura 21).

Figura 21: Localização dos perfis batimétricos transversais no rio Amazonas.

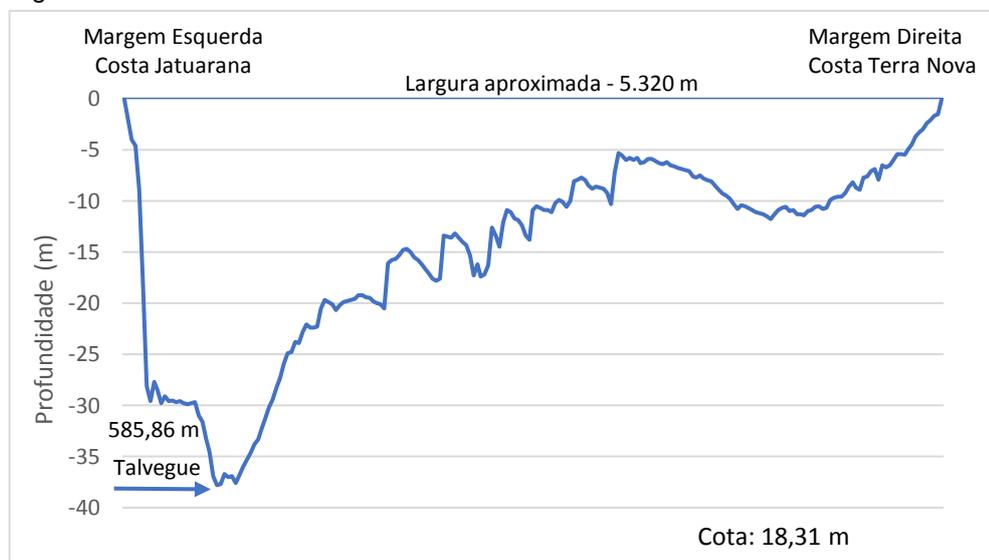


Fonte: USGS / Trabalho de Campo. Org: ARAÚJO, A. G. S., 2018.

O perfil batimétrico transversal nº 01, foi traçado a partir da Costa do Jatuarana (margem esquerda: 3° 2' 48''S e 59° 46' 5''O) para a Costa Terra Nova (margem direita: 3° 5' 39''S e 59° 46' 15''O). O rio Amazonas nesse trecho, apresenta aproximadamente 5.320 m de largura. No perfil transversal, o canal demonstra leito assimétrico, com maior profundidade nas proximidades da margem esquerda. O talvegue chega a alcançar profundidade de 37,8m a uma distância de 585,86m da margem (Figura 22).

O perfil nº 01 foi traçado logo após o Farol do Moronas, onde seria o início do depósito existente nesse trecho, e que possivelmente, surgiu em decorrência do farol, tendo em vista que este evidencia a presença de rochas no canal. Com isso, este depósito “induziu” o rio a encaixar seu talvegue próximo a margem esquerda.

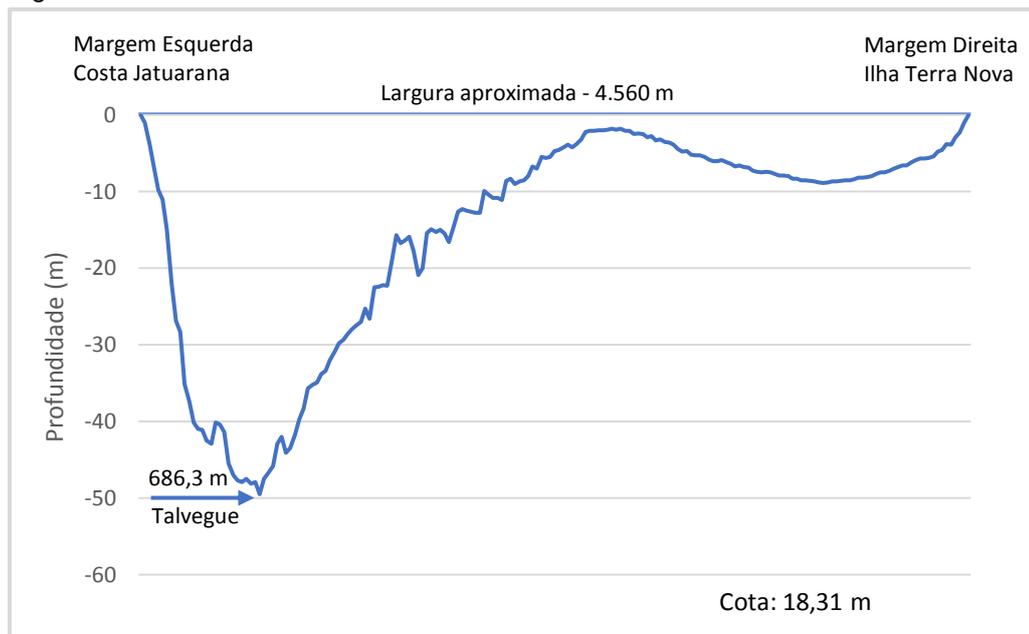
Figura 22: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº01.



Fonte: Trabalho de campo, 11/11/2017. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

O perfil batimétrico transversal nº 02 foi traçado, a partir da Ilha Terra Nova (margem direita: 3° 5' 15''S e 59° 44' 45''O) para a Costa do Jatuarana (margem esquerda: 3° 2' 50''S e 59° 44' 57''O). Esta seção apresenta forma parecida com a anterior, com assimetria e talvegue encaixado nas proximidades da margem esquerda. A largura é em torno de 4.560 m, apresentando 750 m a menos do que o perfil nº 01, entretanto, com profundidade maior, 49,5m, a uma distância de 683,3m da margem (Figura 23).

Figura 23: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº02.



Fonte: Trabalho de campo, 11/11/2017. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

O perfil batimétrico transversal nº 03 foi realizado a partir da Ilha Terra Nova (margem direita: $3^{\circ} 4' 34''S$ e $59^{\circ} 43' 13''O$) para a Costa do Jatuarana (margem esquerda: $3^{\circ} 3'11''S$ e $59^{\circ} 43' 26''O$). Nesse trecho, o rio Amazonas exibe uma largura aproximada de 2.400 m. Assim como nos dois perfis anteriores, também apresenta uma configuração assimétrica, alcançando a profundidade de 78,6, a uma distância de 533, 3m da margem esquerda (Figura 24).

As medições batimétricas que originaram o perfil nº 03 foram coletadas no ano de 2016, quando o rio apresentava a cota de 17,39 m, quase 1m a menos em relação ao campo de 2017. Em 2016, nesse trecho, o mais contrastante é a profundidade de quase 80 m próximo a margem esquerda contra 0,4 m nas proximidades da margem direita.

Figura 24: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº03.



Fonte: Trabalho de campo, 08/12/2016. Org; ARAÚJO, A. G. S. 2018.

O perfil batimétrico transversal nº 04 foi realizado da Costa do Jatuarana (afloramento rochoso) (margem esquerda: 3° 3' 16''S e 59° 42' 49''O) para a Ilha Terra Nova (margem direita: 3° 4' 27''S e 59° 42' 55''O). No local, o rio Amazonas possui por volta de 2.190 m de largura, a menor em relação aos perfis nº 01, nº 02 e nº 03, entretanto apresenta a maior profundidade, alcançando 79,8 m a uma distância de 461,8 m da margem esquerda (Figura 25).

Figura 25: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº04.



Fonte: Trabalho de campo, 11/11/2017. Org; ARAÚJO, A. G. S. 2018.

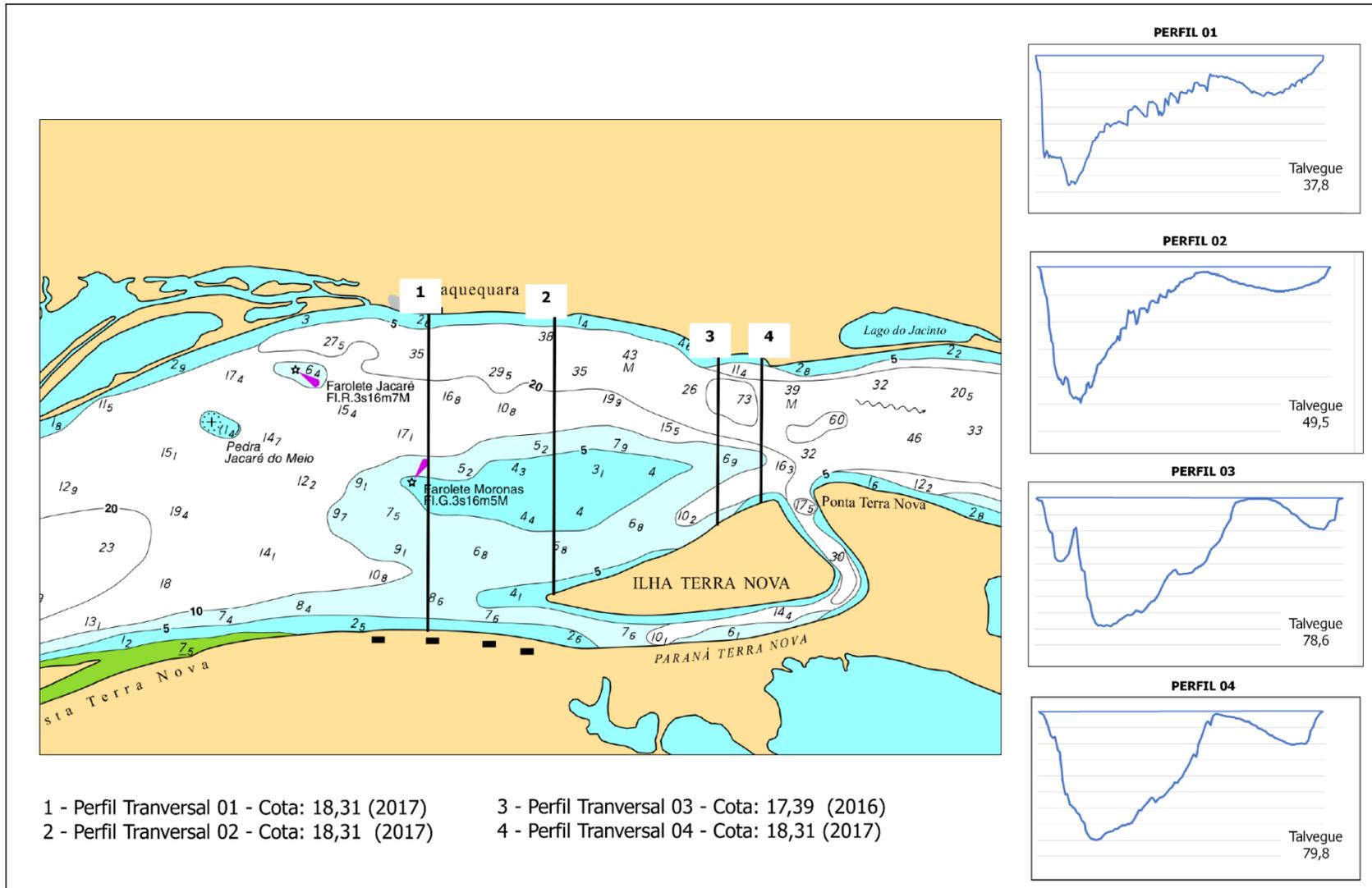
Esses quatro perfis transversais, ao apresentar a geometria do canal no trecho, evidenciam um depósito de canal, demonstrado na Carta Náutica da Marinha do Brasil 4032, que se dispõem paralelamente a Ilha e a Costa da Terra Nova (Figura 26).

Conforme já citado neste trabalho, possivelmente esse depósito tenha sido originado a partir do Farolete Moronas, que é um indicativo da presença de afloramento rochoso, estendendo-se até o final da Ilha Terra Nova.

Na carta náutica, o trecho onde o depósito está inserido, foi mapeado no ano de 2013, quando o depósito apresentava aproximadamente 7.400 m de comprimento e 2.000 m de largura, e a área com menor profundidade, apresentando 4.800 m de comprimento e 1.200 m de largura.

Este trecho é o que o rio Amazonas apresenta menor largura, e vem sendo mais intensificado pela presença do depósito nas adjacências da margem direita, forçando, com isso, o talvegue a se encaixar próximo a margem esquerda, e aumentando a profundidade do trecho, que exibiu quase 80 m de profundidade.

Figura 26: Localização dos perfis transversais em relação ao depósito da Costa do Jatuarana.



Fonte: Marinha do Brasil / Trabalho de campo. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

Stevaux e Latrubesse (2017), afirmam que o canal é a estrutura que o rio constrói para otimizar a energia utilizada para o escoamento da água e do material transportado. Pois, assim como o fluxo de água e o suprimento de sedimentos mudam com o tempo, canais aluviais estão constantemente ajustando sua forma por meio de processos erosivos e deposicionais.

Partindo desse pressuposto, entende-se que faz parte da dinâmica fluvial o processo constante de busca de equilíbrio que o rio exerce, e seria um tanto quanto irrelevante o estudo de sua dinâmica, tendo em vista que seus processos sempre estariam em harmonia ou em busca dela.

Entretanto, em rios com a dimensão do rio Amazonas e com depósitos em proporções como as apresentadas por este, faz-se necessário compreender seu processo de evolução e influência no trecho onde está inserido.

Quanto aos processos fluviais, o trecho em questão, sofre influência em relação a se localizar logo a jusante da confluência dos rios Negro e Solimões/Amazonas e está inserido na faixa neotectônica transcorrente (IGREJA, 1998; FRANZINELLI, 2011).

Ademais, analisando toda a área estudada, entre a Ilha do Careiro até a Costa do Varre Vento, no trecho da Costa do Jatuarana, onde o depósito se desenvolveu, o rio Amazonas apresenta-se mais estreito e conforme Franzinelli (2011), apresenta afloramento de rochas clásticas da Formação Alter do Chão, que datam do Cretáceo Superior (Figura 27).

Figura 27: Afloramento rochoso na margem esquerda do rio Amazonas



Fonte: Trabalho de campo, 11/11/2017. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

Logo, devido ao material que compõe a margem esquerda e o leito fluvial, conforme evidenciado pela presença dos faroletes no trecho, justifica-se o desenvolvimento do depósito próximo a margem direita, constituída por material menos consolidado. Além disso, contribui para o encaixe do talvegue mais próximo a margem esquerda, conforme demonstrado nos perfis batimétricos transversais.

O perfil batimétrico transversal nº 05 foi elaborado a partir da Ilha das Onças (margem direita: 3° 10' 16"S e 59° 24' 50"O) em direção à Ponta do Burrinho (margem esquerda: 3° 8' 37"S e 59° 24' 17"O). Nesse trecho, o rio Amazonas aparece com uma largura aproximada de 3.650 m e um talvegue encaixado bem próximo à margem direita, com profundidade de 33,1 m (Figura 28).

Figura 28: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº05



Fonte: Trabalho de campo, 11/11/2017. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

O perfil batimétrico transversal nº 06, foi traçado a partir da Ponta do Burrinho (margem esquerda: 3° 8' 55"S e 59° 22' 48"O) para a Ilha das Onças (margem direita: 3° 8' 37"S e 59° 24' 17"O). O rio Amazonas apresenta uma largura de aproximadamente, 4.080 m e com a maior profundidade de 29,6 m (Figura 29).

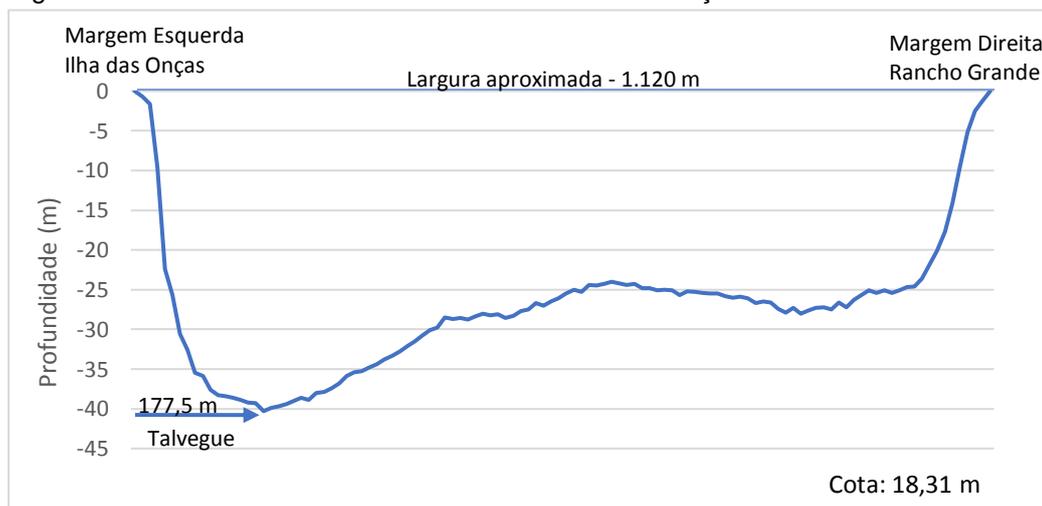
Figura 29: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº06



Fonte: Trabalho de campo, 08/12/2016. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

O perfil transversal nº 07 é o único que não é do rio Amazonas, mas sim do Paraná das Onças, mais precisamente, foi realizado da Ilha das Onças (margem esquerda: $3^{\circ} 10' 59''\text{S}$ e $59^{\circ} 24' 4''\text{S}$) para o Rancho Grande (margem direita: $3^{\circ} 11' 21''\text{S}$ e $59^{\circ} 23' 28''\text{O}$). O perfil traçado apresenta largura aproximada de 1.120 m. A geometria do canal não apresenta anormalidade ou assimetria e a maior profundidade encontrada é de 40,3 m (Figura 30).

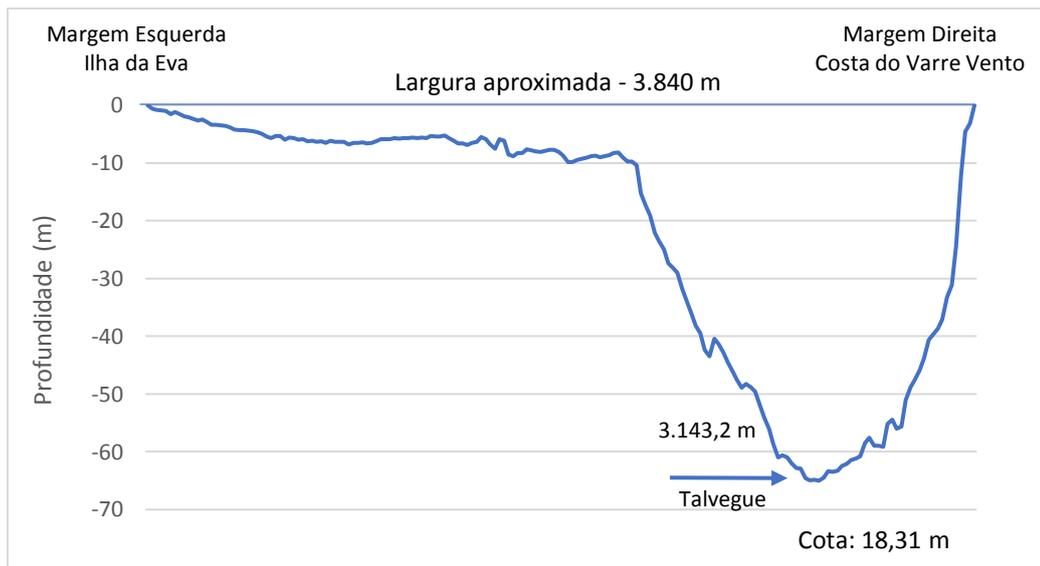
Figura 30: Perfil batimétrico transversal do Paraná das Onças nº07



Fonte: Trabalho de campo, 11/11/2017. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

O perfil batimétrico transversal nº 08, foi realizado da Costa do Varre Vento (margem direita: 3° 11' 43"S e 59° 21' 15"O) para a o início da Ilha da Eva (margem esquerda: 3° 9' 20"S e 59° 20' 03"O). A largura aproximada é de 3.840 m, e o trecho apresenta acentuada assimetria, pois mais um pouco da metade do perfil está a uma profundidade média de 10m, contrastando com 64,5 m de profundidade próximos à margem esquerda (Figura 31).

Figura 31: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº08

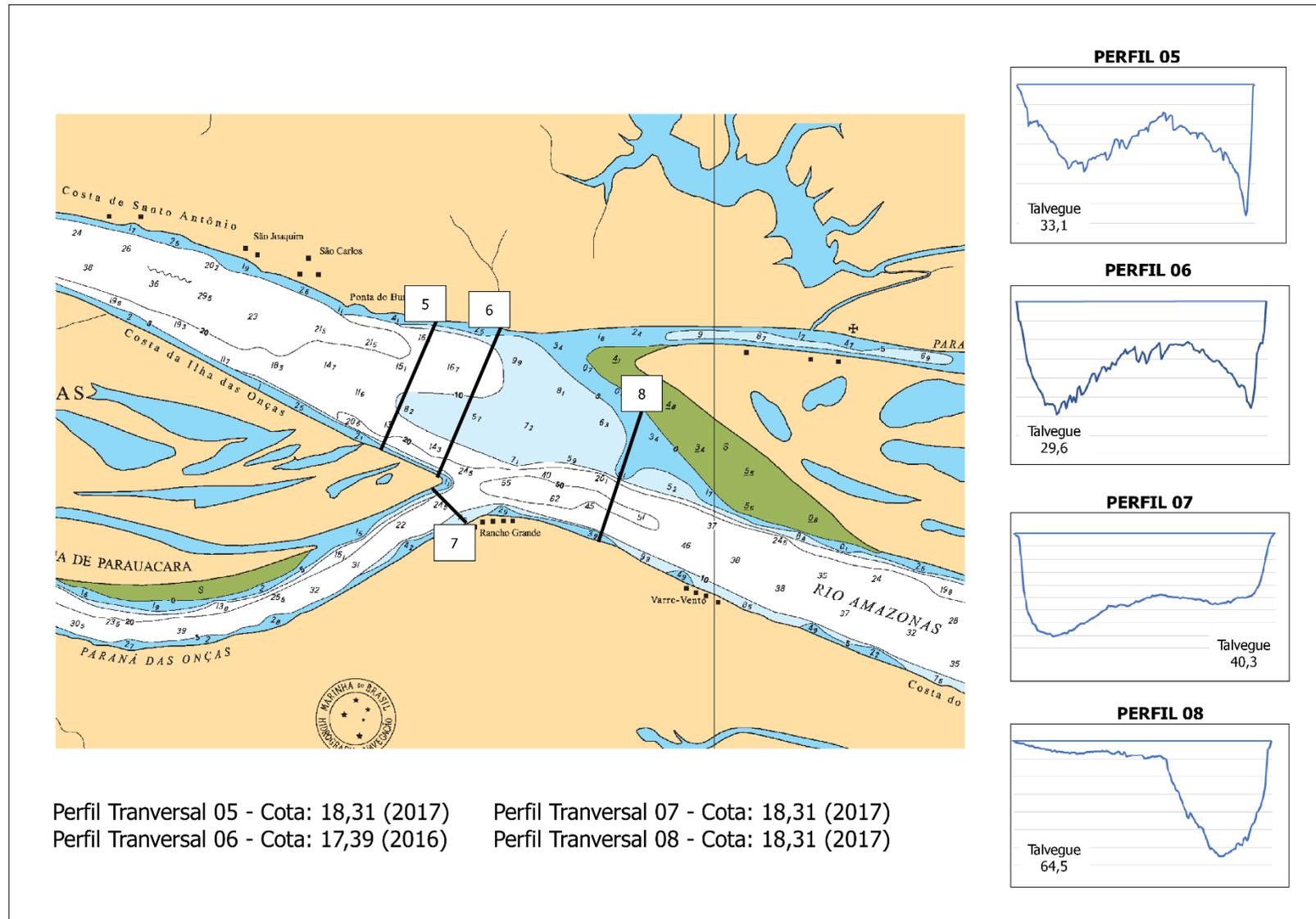


Fonte: Trabalho de campo, 11/11/2017. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

O trecho onde foi realizado os perfis transversais nº 05, 06, 07 e 08 também apresenta intenso processo de deposição no canal fluvial, o que já foi evidenciado na Carta Náutica nº 4031 da Marinha do Brasil (Figura 32). Esse depósito, supostamente, iniciou seu desenvolvimento nas proximidades da Ilha da Eva, tornando-se uma extensão dessa ilha.

Outra coisa que chama atenção ao analisar os perfis transversais é que o perfil nº 07, do Paraná das Onças, apresenta uma profundidade maior que a dos perfis nº 05 e 06, do rio Amazonas. Enquanto no perfil nº 07 o talvegue está a uma profundidade de 40,3 m, nos outros dois perfis, respectivamente, as profundidades são de 33,1 m e 29,6 m.

Figura 32: Localização dos perfis transversais em relação ao depósito



Fonte: Marinha do Brasil / Trabalho de campo. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

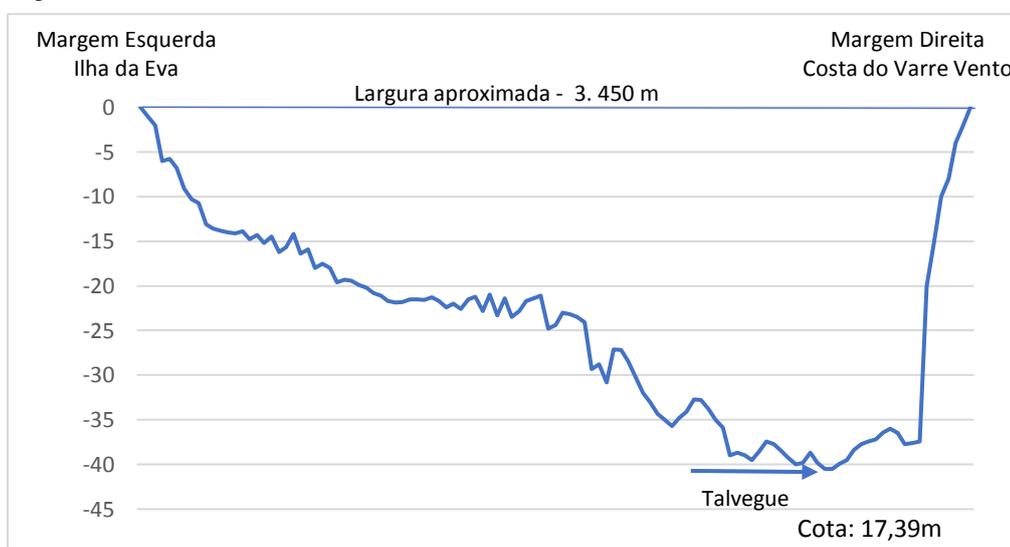
Ademais, esse trecho já foi abordado em outros trabalhos, como no Plano Mestre do Porto de Manaus (2013), onde é reconhecido por apresentar calado reduzido, principalmente em períodos de vazante, quando o calado máximo pode ser reduzido a 9,5 m, numa extensão aproximada de duas milhas náuticas, equivalente a aproximadamente 3.700 m.

Ferreira (2016), ao estudar o transporte fluvial por embarcações mistas entre Manaus e Parintins, caracterizou o trecho, entre Ilha da Onças e Ilha da Eva, como ponto crítico do regime hidrográfico do trecho Manaus – Parintins no período de vazante.

Ao analisar os perfis batimétricos e a carta náutica, pode-se sugerir, que futuramente, o Paraná das Onças, passe a ser utilizado como canal principal no trecho em períodos de vazante. Tendo em vista que este apresenta maior profundidade e uma geometria de canal mais estabilizada e menos propícia a alterações deposicionais em um futuro próximo.

No trecho em frente à costa do Varre Vento foram realizados mais dois perfis batimétricos. O primeiro, perfil transversal nº09, partiu da Ilha da Eva (margem esquerda: 3° 13' 9"S e 59° 13' 1"O) para a costa do Varre Vento (margem direita: 3° 14' 38"S e 59° 13' 57"O). A largura aproximada do canal principal nesse perfil é de 3.450 m, apresentando talvegue a uma profundidade de 40,5 m (Figura 33).

Figura 33: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº09



Fonte: Trabalho de campo, 08/12/2016. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

O último perfil, partiu da Costa do Varre Vento (margem direita: 3° 16' 55" S e 59° 9' 34" O) em direção costa do Araça (margem esquerda: 3° 15' 31" S e 59° 8' 59" O). O rio Amazonas, nesse trecho, aparece com largura aproximada de 2.750 m e talvegue a 40,2 m de profundidade, mais próximo à margem direita, em consequência do trecho que apresenta a maior sinuosidade na área estudada (Figura 34).

Figura 34: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº10



Fonte: Trabalho de campo, 08/12/2016. Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

A partir do perfil batimétrico nº 08, diferentemente do que ocorreu com os outros, não existe mais a diferença entre: os terraços da margem esquerda em relação aos depósitos holocênicos da margem direita, pois nesse trecho, o canal apresenta um padrão multicanais, com depósitos de barras em crescente, formando várias ilhas, já estabilizadas.

Logo, levando em consideração essa característica, os perfis foram traçados com ambas as margens constituídas por material oriundo de depósito holocênico. Isso reflete em uma geometria do canal com talvegue menos encaixado.

As características geométricas do canal do rio Amazonas no trecho estudado, coletadas a partir dos 9 perfis batimétricos realizados, foram sintetizadas na Tabela 3.

TABELA 3: GEOMETRIA DO RIO AMAZONAS NO TRECHO ESTUDADO.

Perfis Transversais	Largura do canal (m)	Profundidade do talvegue (m)
nº01	5.320	37,8
nº02	4.560	49,5
nº03	2.400	78,6
nº04	2.190	79,8
nº05	3.650	33,1
nº06	4.080	29,6
nº08	3.840	64,5
nº09	3.450	40,5
nº10	2.750	40,2

Org: ARAÚJO, A. G. S. 2018.

A partir desses dados, nota-se que a largura do canal está diretamente ligada à sua profundidade, tendo em vista, que no trecho da pesquisa, onde o rio apresentava-se mais estreito era quando seu talvegue estava a uma profundidade mais elevada em relação aos trechos mais largos. Logo, partindo desse pressuposto, pode-se considerar, que na área da pesquisa, principalmente na região da costa do Jatuarana, a profundidade do talvegue é inversamente proporcional à sua largura.

Entretanto, deve-se ressaltar que profundidade e largura não são as únicas variáveis responsáveis pela geometria do canal, pois, sendo este um sistema fluvial, recebe influência de vários outros fatores, dentre esses, podemos destacar na área, a intensa evolução do depósito de canal, demonstrado na maioria dos perfis transversais, associado a presença de rochas areníticas na margem e dentro do canal.

3. Evolução multitemporal entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento

3.1. A dinâmica fluvial entre 1998 e 2006

A análise multitemporal iniciou-se com o período entre os anos de 1998 e 2006, totalizando um intervalo de oito anos. As imagens utilizadas referem-se as datas de 07/10/1998 e 29/10/2006, com cotas fluviométricas de 17,35 m e 16,94 m respectivamente, com variação de 0,41 m entre as cotas.

Ao analisar o trecho estudado, percebe-se que o canal principal do rio Amazonas se apresenta bastante estável, o que já havia sido confirmado por Rozo (2004), que afirmou que o canal era muito estável no período de tempo considerado (15 anos – 1986 a 2001).

Pois, como já citado na caracterização da área, a margem esquerda do rio Amazonas, é embasada em depósitos da Formação Alter do Chão, com afloramento rochoso, apresentando assim, mais resistência aos processos erosivos.

A margem direita, apesar de ser constituída por depósitos Holocênicos, também se manteve estável em quase sua totalidade. A não ser por um único trecho do canal principal onde é mais nítido o processo erosivo, na margem direita, mais especificamente, na margem oposta ao final da Ilha da Eva.

No entanto, os outros canais existentes nesse sistema multicanais no qual a área de estudo está inserida, apresentaram evidentes alterações em suas formas, com intenso processo deposicional. Como apresentam padrão diferente do canal principal, e estão situados, quase em sua totalidade, entre as ilhas inseridas no trecho, conseqüentemente também apresentam dinâmica diferente.

O Paraná do Careiro, apesar de demonstrar alguns pontos de deposição, principalmente na sua margem esquerda, é na sua foz que a dinâmica fluvial está atuando de forma intensa, pois, nesse período, ocorreu intenso processo de deposição na margem direita, contrastando ao intenso processo erosivo na margem oposta, fazendo com que o canal tivesse seu curso alterado, ocupando a área erodida na margem esquerda.

O Paraná das Onças, apresenta suas alterações concentradas na margem direita, Ilha da Paracauara, onde inicia com um discreto trecho com erosão, sendo seguido por deposição em quase toda a extensão da ilha.

O Paraná do Jacaré, ao apresentar o padrão mais curvado entre os canais analisados, conseqüentemente apresentou dinâmica intensa, sendo quase unânime a ocorrência de deposição em sua margem direita.

Apesar do canal principal não apresentar alterações significativas, as ilhas existentes dentro do canal, ou mais especificamente, os depósitos de barra em crescente, apresentam as maiores alterações no trecho, tanto no que diz respeito a erosão, quanto a deposição.

Iniciando de montante para jusante, em relação aos processos erosivos, destacam-se o início da Ilha do Careiro, mais precisamente a Costa do Rebojão, com

evidente processo erosivo, contrariando o que ocorre logo a sua montante, processo deposicional na ilha do Xiborena.

Ainda na Ilha do Careiro, opondo-se a erosão da Costa do Rebojão, têm-se deposição na Costa Terra Nova, tanto acreção na costa, quanto na barra de canal existente paralela a ela.

Em seguida, a Ilha Terra Nova, apresenta um intenso processo erosivo, que começa no seu início e se estende por toda a sua borda esquerda. A Ilha do Careiro, além da erosão na Costa do Rebojão, também apresenta erosão na sua parte final, tendo cedido uma parte para servir de novo curso para o Paraná do Careiro.

A Ilha das Onças, também possui o processo erosivo como exclusividade, estando presente em quase toda a sua borda esquerda, tanto na parte inicial quanto na final. A sua vizinha, Ilha Paracauara, também vislumbra processos fluviais, no entanto, apesar de surgir erosão no seu início, quase toda a extensão de sua borda direita é marcada pelo processo deposicional.

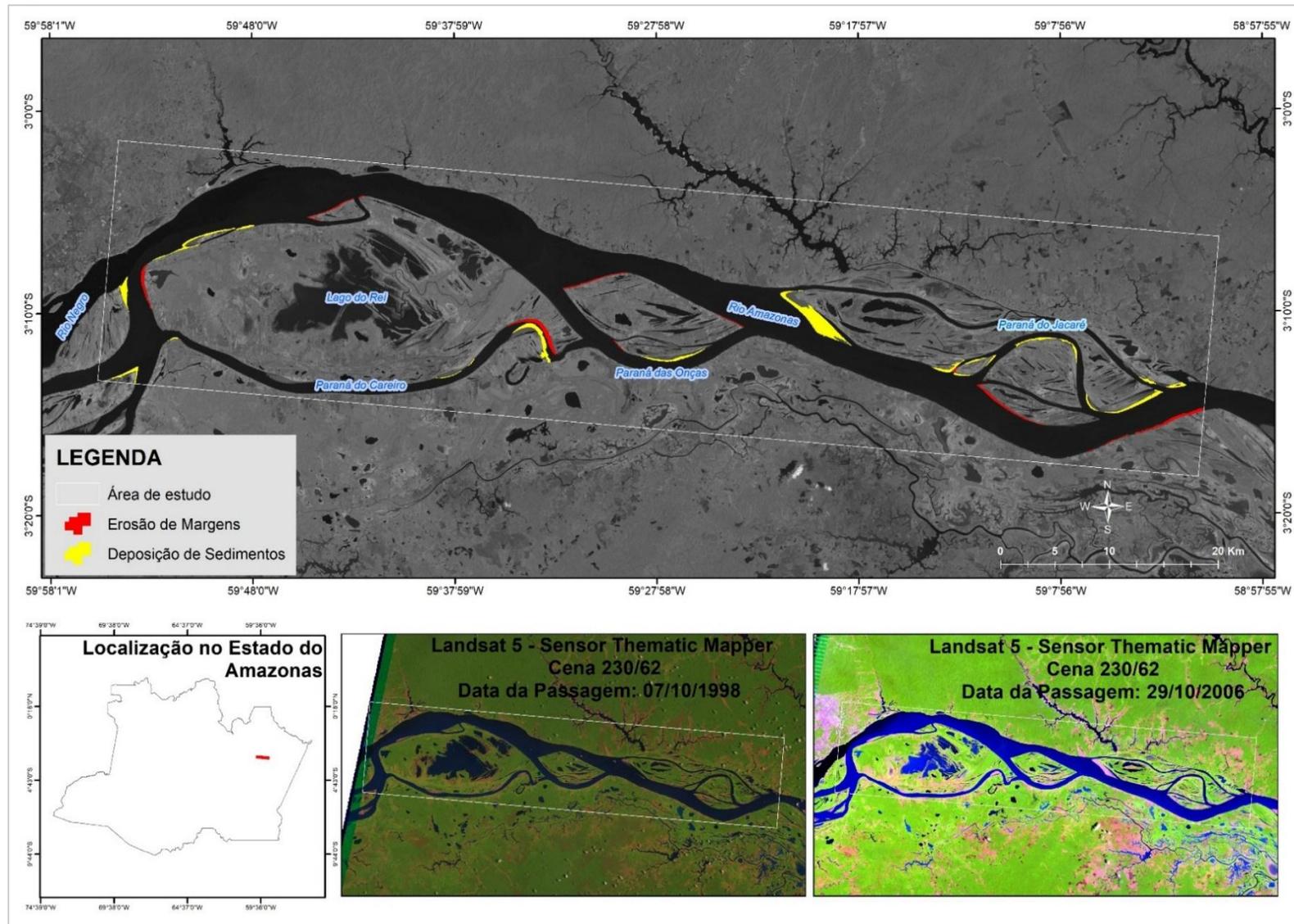
Quanto ao conjunto de ilhas paralelas a Costa do Varre Vento, Ilha da Eva, Ilha do Jacaré e Ilha do Amatari, estas apresentaram intensas alterações em suas feições geomorfológicas.

A Ilha da Eva, logo em seu início, apresenta acreção abrangendo a extensão de sua largura, além de deposição em toda a borda da sua parte final. Também é evidente que a ilha, antes mesmo do período estudado já vem passando por constante dinâmica, destacando-se o processo deposicional, pois é nítido alguns trechos com áreas de depósitos ainda não vegetados, o que os difere do restante da área da ilha.

Na Ilha do Jacaré, quase metade de sua borda esquerda sofreu acreção lateral. E na Ilha do Amatari, a ênfase foi a erosão, que abrangeu desde o seu início e uma parte da borda esquerda até mais da metade borda direita.

As principais alterações quanto às feições geomorfológicas no trecho, no período entre 1998 e 2006 são evidenciadas na Figura 35.

Figura 35: Morfodinâmica entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento no intervalo 1998 a 2006



Fonte: USGS /INPE. Org: ARAÚJO, A. G. S., 2018.

No contexto geral, as maiores mudanças ocorreram na foz do Paraná do Careiro e no início da Ilha da Eva. No primeiro caso, a dinâmica do Paraná do Careiro marcou o trecho por deposição em sua margem direita, contrastando com a erosão da margem esquerda. Supõe-se que esse trecho já venha sofrendo constantes mudanças a um tempo, pois o depósito que antecede o evidenciado no período proposto ainda apresenta características de depósito recente, não vegetado.

Quando ao início da Ilha da Eva, a barra de acreção evidenciada na análise, foi a área com maior concentração de deposição de todo o trecho, aumentando, consideravelmente a área da Ilha.

3.2. A dinâmica fluvial entre 2006 e 2017

O segundo período analisado abrange intervalo de onze anos, entre 2006 e 2017. As imagens utilizadas datam de 29/10/2006 e 11/10/2017, com cotas fluviométricas de 16,94 m e 17,42 m, totalizando uma diferença de 0,48 m entre as cotas das imagens.

Associando este período com o primeiro, percebe-se que, apesar da dinâmica continuar ocorrendo quase que nas mesmas áreas, as alterações tornaram-se mais evidentes, destacando locais antes não afetados pelos processos fluviais e em outros onde predominava um único processo, deram espaço ao processo inverso.

Em relação aos canais fluviais, o canal principal do rio Amazonas, que antes só apresentava a atuação do processo de erosão no final do trecho proposto, nesse outro período, a erosão ocorre no início da costa do Varre Vento.

Quanto aos canais secundários, o Paraná do Careiro continuou sendo o destaque de alterações, apresentando um pico de erosão na sua parte inicial, intensificando-se na sua foz, apresentando apenas um pequeno trecho de deposição entre os trechos de erosão.

Diante disso, a presença dos dois processos que antes ocorria bem na curva do Paraná, agora ocorre um pouco a montante, no entanto, diferentemente do que foi evidenciado no outro período, a margem esquerda evidenciou a deposição enquanto a esquerda foi destacada pela erosão.

No Paraná das Onças, a deposição que predominava na margem esquerda, deu espaço para a erosão. Além disso, apresentou deposição na margem direita, para equilibrar com o processo erosivo que ocorre na margem oposta.

O Paraná do Jacaré, também cedeu espaço para a erosão (margem direita), onde antes existia somente deposição. No trecho côncavo do canal (margem esquerda), também evidenciou-se a erosão.

Um fator interessante, foi que o depósito evidenciado nas cartas náuticas da marinha e nos perfis transversais nº 01, 02, 03 e 04, pode ser visualizado nesse período. Na imagem, surgiu uma barra lateral, paralela a Ilha Terra Nova, com um pouco menos de 3 km de extensão.

Quanto as ilhas presentes no interior do canal, todas apresentaram alterações em suas feições. Iniciando pela Ilha do Careiro, pode ser destacada a predominância dos processos erosivos, tanto no início, quando na parte final, foz do Paraná do Careiro. Contudo, os processos deposicionais também apareceram nesse período proposto, destacando-se na margem com o Paraná do Careiro e na margem oposta a Ilha das Onças.

A Ilha Terra Nova, caracterizou a ocorrência de intenso processo erosivo em toda a sua borda paralela a costa do Jatuarana e ao depósito que vem se desenvolvendo no trecho.

As Ilhas das Onças e Parauacara, no período de análise, sofreram exclusivamente processos erosivos, nas suas partes iniciais e no trecho que compreende o Paraná das Onças.

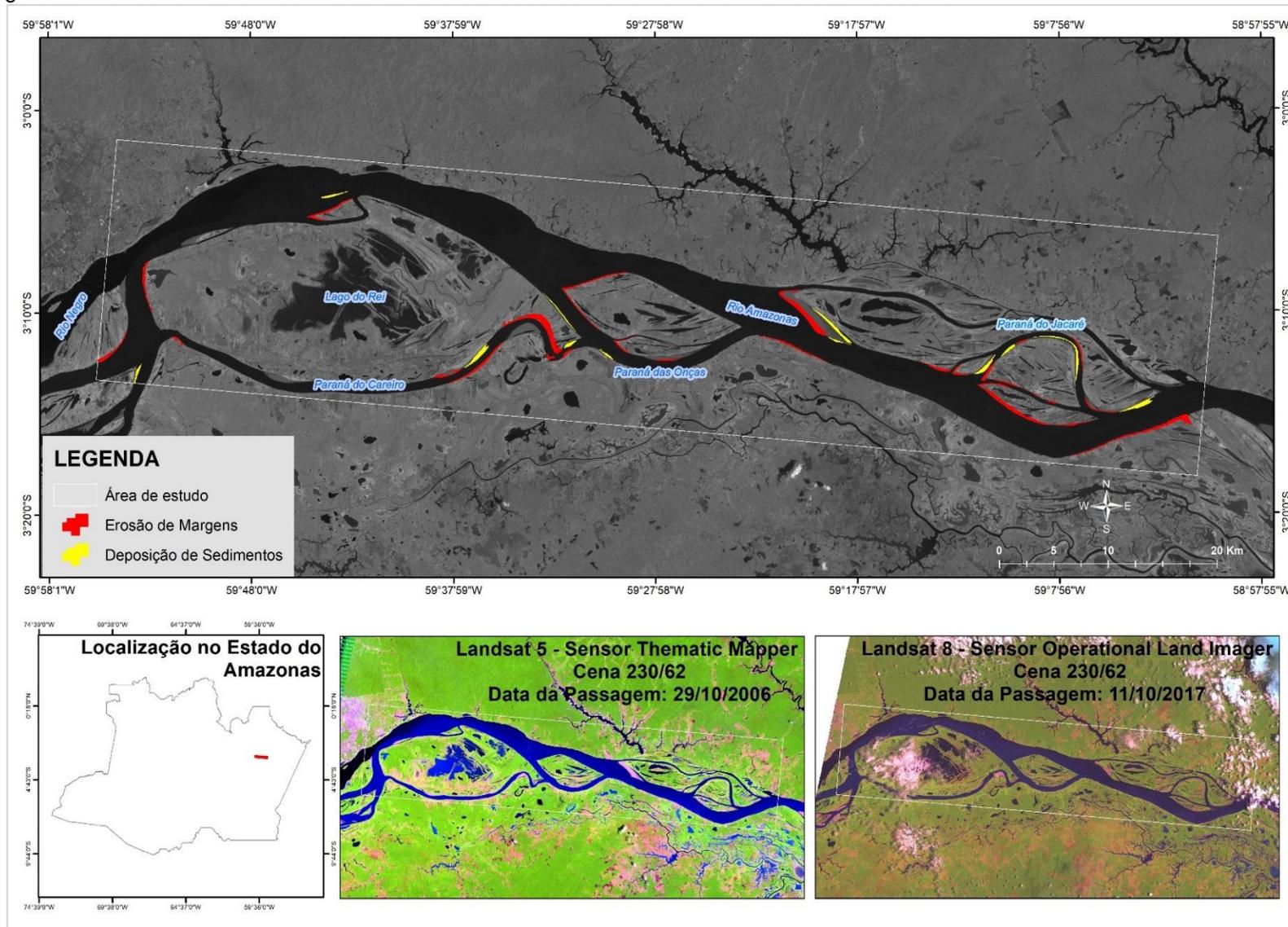
No trecho compreendido pela Ilha da Eva, que no período anterior tinha sido marcado pelo processo de sedimentação, agora compartilha tanto do processo de deposição quanto de erosão. A barra de acreção antes depositada, tende a se unir a Ilha da Eva, aumentando assim sua área, entretanto, em sua borda, está ocorrendo erosão.

A parte final desta ilha, que compreende a margem do Paraná do Jacaré também vem sofrendo processo de erosão, contrastando com a deposição que ocorre na margem oposta deste paraná, na Ilha do Jacaré.

A Ilha do Amatari, paralela à Ilha do Jacaré, também sofreu alterações, pois processos erosivos são evidenciados em sua área.

Analisando os períodos, percebe-se que a dinâmica foi maior entre 2006 e 2017 (Figura 36), pois as feições, tanto das ilhas que compõem o sistema quanto do próprio rio Amazonas sofreram mais alterações, tanto no quesito erosivo quanto deposicional.

Figura 36: Morfodinâmica entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento no intervalo de 2006 a 2017.



Fonte: USGS /INPE. Org: ARAÚJO, A. G. S., 2018.

3.3. Morfodinâmica no período de 1998 a 2017

Analisando todo o período proposto, entre 1998 e 2017, totalizando um intervalo de dezenove anos, e uma diferença entre as cotas fluviométricas de apenas 0,07 m nota-se o quanto esse sistema fluvial, no qual o trecho pesquisado está inserido, sofreu intensa dinâmica.

Vale salientar o quanto é complicado trabalhar com sensoriamento remoto em períodos de vazante (setembro, outubro e novembro), tendo em vista, a constante presença de nuvens na região amazônica, o que acaba interferindo na qualidade da classificação e elaboração do geoprocessamento. Entretanto, nessa pesquisa, a presença das nuvens não interferiu nos resultados.

Quanto as mudanças ocorridas nas feições geomorfológicas, tratando primeiramente do canal principal, observa-se que o mesmo demonstrou alterações mais significativas no final da ilha das Onças (margem direita) e início da Ilha da Eva (margem esquerda), ou seja, no início da costa do Varre Vento.

Esse processo erosivo é bem evidente na margem oposta ao depósito⁴ que vem se estendendo a montante da Ilha da Eva. Entende-se, então, que o alargamento do rio nesse trecho é uma resposta ao processo que vem ocorrendo na outra margem, pois como o depósito induziu o talvegue a se encaixar nas proximidades da margem direita, a mesma passa a sofrer erosão.

Outro local onde o rio Amazonas apresentou evidente erosão foi um pouco a jusante da costa do Varre Vento, opondo-se ao final da ilha da Eva, onde ocorreu processo de deposição.

Então, apesar desse trecho do rio Amazonas, ser proposto como estável pela literatura, o geoprocessamento demonstra que, pelo menos na costa do Varre Vento, o canal principal vem sofrendo erosão em suas margens.

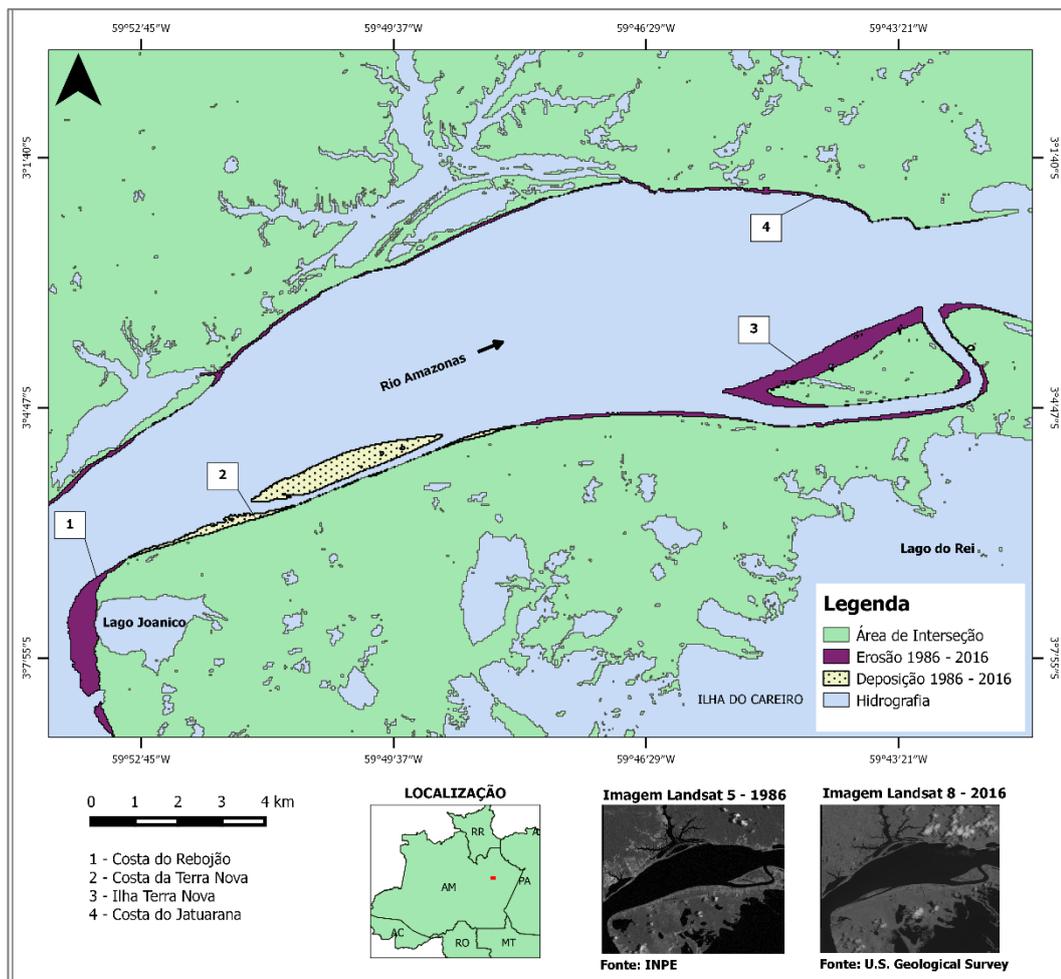
Cabe salientar que não se está afirmando que o restante do canal principal não tenha apresentado alterações, pois deve-se levar em consideração que o satélite de obtenção das imagens trabalha com resolução de 30 m. Além disso, o trecho estudado é relativamente extenso, propiciando a visualização apenas de trechos onde a dinâmica foi mais intensa.

⁴ Depósito evidenciado nos perfis transversais nº 06 e 08, disponíveis nas páginas 98 e 99.

Entretanto, sabe-se que as margens do canal principal, inclusive a margem esquerda, sofreram processos de erosão, porém com valores pouco significativos quando comparados aos trechos já citados por apresentar evidentes alterações em suas feições.

As ocorrências de processos erosivos na margem esquerda foram evidenciadas por Araújo; Silva e Carvalho (2017), que ao analisar a Costa do Jatuarana (Figura 37), evidenciaram que ocorreu, mesmo que mínimas, alterações erosivas na margem esquerda. O que só foi possível devido a escala de análise ser menor.

Figura 37: Processos fluviais na Costa do Jatuarana



Fonte: ARAÚJO; SILVA; CARVALHO, (2017).

Ainda sobre canais fluviais e as principais alterações ocorridas no trecho, é importante ressaltar a explícita alteração ocorrida na foz do Paraná do Careiro ao longo desse intervalo de dezenove anos (Figura 38).

A imagem do ano de 2017, ao expor as atuais feições existentes no trecho estudado, demonstra que, durante o intervalo estabelecido de 19 anos, o curso inferior do Paraná do Careiro até a sua foz cedeu espaço ao depósito desenvolvido em sua margem direita. Em contrapartida, teve que ocupar, por consequência, uma parte que antes pertencia a Ilha do Careiro, mas foi erodida para dar espaço ao canal fluvial.

Opondo-se ao processo erosivo ocasionado pelo paraná, o lado oposto da ilha do Careiro, sofreu acreção lateral, entretanto, é visível na imagem que o processo deposicional foi mínimo em comparação a quantidade de área perdida com a erosão.

Outro fator preponderante que deve ser ressaltado é o imenso depósito que surgiu crescendo a Ilha da Eva. Em 1998, já era visível na imagem uma pequena parte desse depósito, que cresceu consideravelmente durante esse intervalo, apresentando-se como uma extensão da Ilha da Eva no ano de 2017.

Figura 38: Áreas com maior intensidade de processos fluviais entre 1998 e 2017.



Fonte: USGS /INPE. Org: ARAÚJO, A. G. S., 2018.

Apesar de serem consideradas estáveis no sistema, as ilhas oriundas de depósito de canal, apresentaram a maioria das alterações do trecho no período analisado, contrastando com as mínimas alterações ocorridas na borda do canal principal.

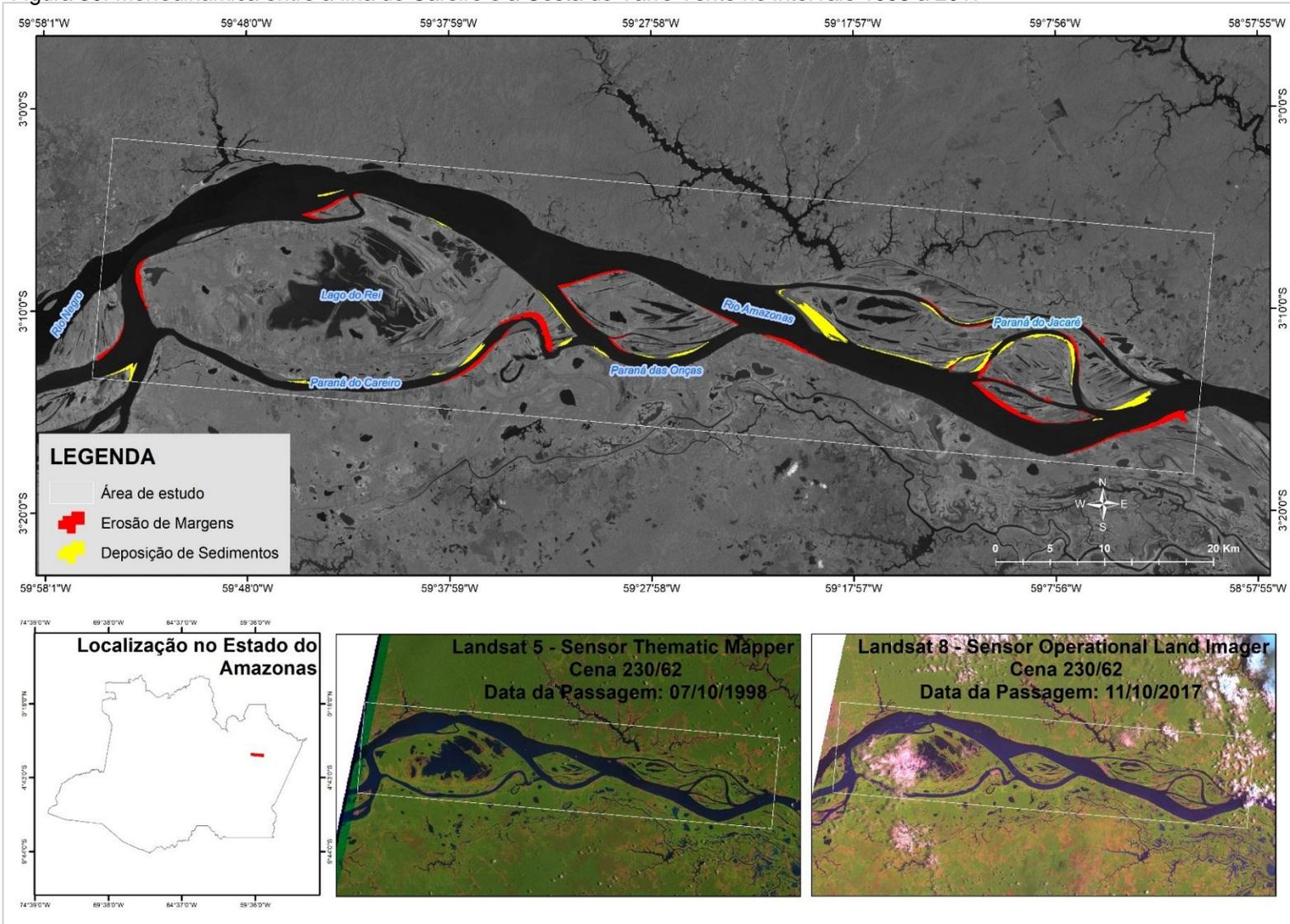
Isso se deve ao fato do material que as compõem ser oriundo de sedimentação holocênica, propiciando cenário para os processos fluviais atuarem e com isso, modificar suas feições.

Na análise da morfodinâmica entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento (Figura 39) ficou evidenciado que este trecho vem sofrendo intensa ação dos processos fluviais.

É nítida a predominância do processo erosivo sobre o deposicional, apesar de que onde ocorrem processos de deposição, estes acontecem de forma intensa. Nesse sentido, Mertes; Dunne; Martinelli (1996) já haviam concluído que a porcentagem de erosão é maior que a de deposição, devido ao fato de o mapeamento não levar em consideração diferenças de elevação, pois na maioria dos casos, a deposição ocorre nas superfícies de ilhas, bancos e planície de inundação. Além disso, o processo deposicional também pode ocorrer dentro do canal, como é o caso da área estudada.

Quanto a taxa de mudança do canal principal, estes autores afirmam que esta taxa tende a diminuir de montante para jusante, aumentando novamente somente após a foz do rio Madeira, a jusante da área de estudo.

Figura 39: Morfodinâmica entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento no intervalo 1998 a 2017



Fonte: USGS /INPE. Org: ARAÚJO, A. G. S., 2018.

Em relação as porcentagens, tanto de erosão quanto de deposição, para estima-las, levou-se em consideração apenas as áreas com processos mais expressivos, onde a dinâmica ocorreu de forma mais intensa.

Dessa maneira, no primeiro de 1998 a 2006, a taxa de erosão foi de 6,19 km², enquanto a de deposição foi de 15,90 km². Assim sendo, dividindo esse valor pela quantidade de anos analisada, chegou-se a taxa de erosão de 0,77 km²/ano, enquanto a de deposição foi de 1,99 km²/ano (Figura 40).

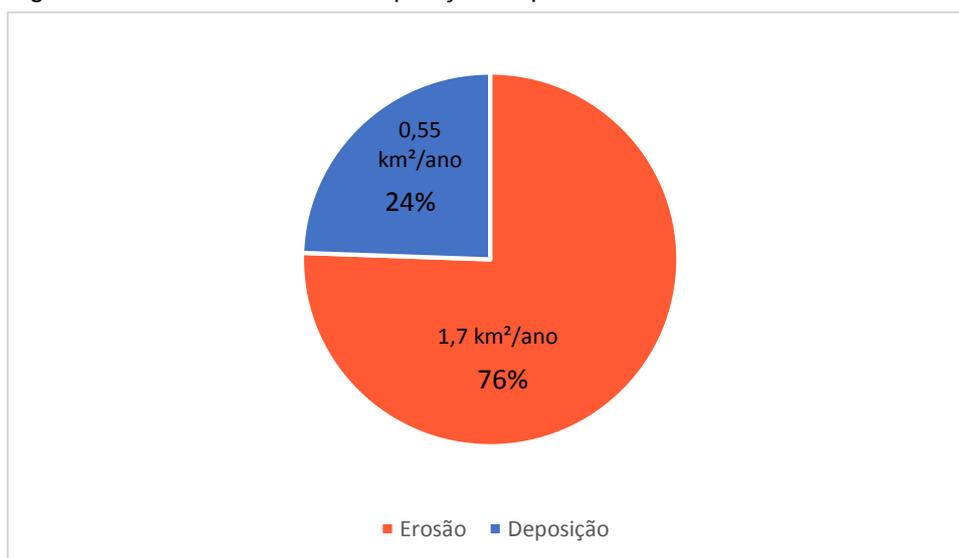
Figura 40: Taxas de erosão e deposição no período de 1998 a 2006.



Org: ARAÚJO, A. G. S., 2018.

Em relação ao segundo período analisado, entre 2006 e 2017, a taxa de erosão apresentou aproximadamente 200% maior em relação ao período anterior, o valor encontrado foi de 18,78 km², enquanto a deposição apresentou a taxa de 6,07 km². Sendo o período analisado de 11 anos, encontrou-se os valores de 1,70 km²/ano referente a erosão e 0,55 km²/ano referente a deposição (Figura 41).

Figura 41: Taxas de erosão e deposição no período de 2006 a 2017



Org: ARAÚJO, A. G. S., 2018.

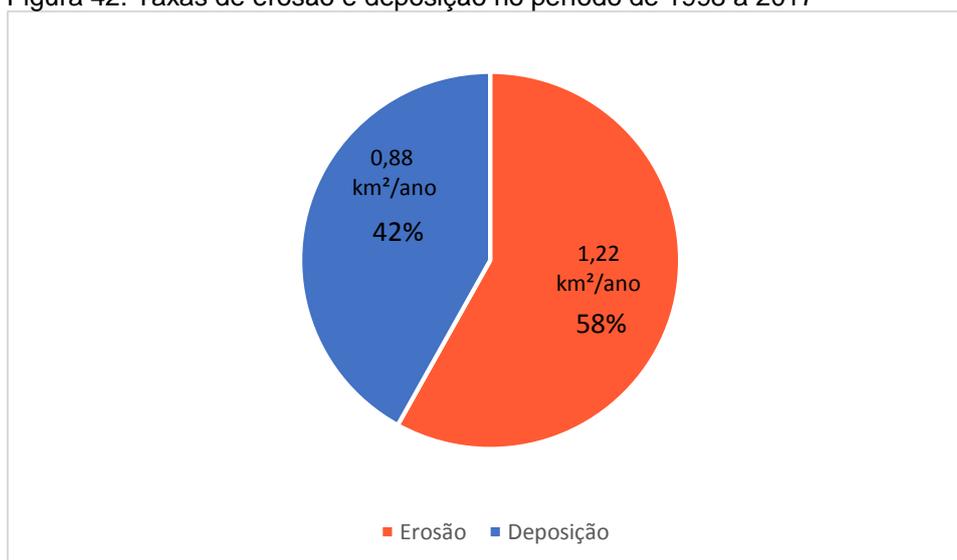
Assim sendo, no primeiro período analisado, houve predominância do processo de deposição sobre o de erosão, com uma diferença de 9,71 km². Entretanto, no segundo intervalo da análise, o processo de erosão apresentou considerável aumento contrastando com a considerável diminuição do processo deposicional, onde a diferença encontrada foi de 12,71 km².

No entanto, cabe enfatizar, que essa estimativa referente ao segundo período analisado sofreu interferência devido à presença de nuvens em alguns trechos da imagem de satélite utilizada, que encobriu um trecho de uma barra lateral em formação, disposta paralelamente à Ilha do Careiro.

Além disso, conforme destacado, não foi levado em consideração toda a área da pesquisa, e sim somente as áreas com atuação mais intensa dos processos fluviais.

Ao analisar todo o período, de 1998 a 2017, a taxa encontrada foi de 1,22 km²/ano para erosão e 0,88 km²/ano para deposição, demonstrando assim, a predominância do processo erosivo em relação ao deposicional, com uma diferença de 0,34 km²/ano (figura 42).

Figura 42: Taxas de erosão e deposição no período de 1998 a 2017



Org: ARAÚJO, A. G. S., 2018.

Essa predominância de erosão sobre deposição nesse trecho do rio Amazonas já havia sido evidenciada por Carvalho (2012) e Rozo (2004), onde o primeiro caracteriza que a predominância dos processos erosivos ocorre na margem direita e nas proximidades da confluência dos rios Negro e Solimões, enquanto o processo deposicional ocorre com mais intensidade na lateral e interior das ilhas dispostas no trecho.

Contudo, sabe-se que no trecho, o processo deposicional vem atuando intensamente no interior do canal, alterando inclusive sua geometria. Logo, apesar do resultado da análise multitemporal apontar a prevalência de erosão em relação a deposição, o processo deposicional é intenso no trecho.

4. Influência da dinâmica fluvial nos aspectos socioeconômicos da região

A vida humana, desde a Antiguidade, desenvolve relação com os rios, seja para suas necessidades básicas ou para o seu deslocamento. Na região amazônica, a ligação da população com a densa rede de drenagem existente na região, é intensa e a modalidade de transporte através dos rios continua sendo a predominante na Amazônia, seja no tráfego de passageiros ou de cargas.

Na matriz de transporte brasileira, 13% pertencem ao segmento hidroviário e cerca de 80% do transporte de carga no interior do país é feito nos rios da Amazônia.

Na Amazônia brasileira circulam mais de 50 mil embarcações de diferentes tamanhos e calados (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006).

De acordo com David (2010) o abastecimento das cidades do Estado do Amazonas é realizado basicamente pelos barcos que realizam transporte misto a partir do Porto da Manaus Moderna e de outros portos

Sabendo o papel dos rios, de modelar o relevo terrestre nas áreas por onde escoam, estes também influenciam diretamente na modalidade de transporte fluvial. Pois, o regime e a dinâmica fluvial atuam como fator importante para o pleno funcionamento do transporte nos rios.

Tendo em vista que, em períodos de vazantes extremas, em consequência da dinâmica realizada pelos rios, principalmente no caso do Amazonas, são evidenciadas as alterações ocorridas tanto no leito quanto nas margens dos canais e ilhas existentes no sistema fluvial amazônico.

Logo, é exatamente nesse período do regime fluvial da bacia Amazônica, que o transporte fluvial enfrenta mais dificuldades, tendo que alterar seus trajetos ou deixar de atender certas áreas, dependendo da intensidade da seca.

O trecho estudado, localizado logo a jusante da cidade de Manaus, é uma rota de escoamento de mercadorias e pessoas de e para Manaus, logo, caso este apresente alterações significativas em suas feições, isso pode vir a comprometer a navegabilidade, principalmente em períodos de vazantes extremas.

Sabendo da influência que a dinâmica e o regime fluvial no transporte e da dinâmica ocorrida no trecho estudado, pode-se levantar alguns pontos que podem vir a apresentar empecilhos para a navegabilidade do trecho.

Quando ao regime fluvial, o Caderno da Região Hidrográfica Amazônica, elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente, aponta que o intervalo de novembro a janeiro caracteriza como o período de enchente, conseqüentemente sendo um fato a facilitador da navegação. Enquanto o de agosto a outubro, caracterizado como período de seca, presencia dificuldades de navegação em algumas áreas.

No trecho estudado, em razão da intensa dinâmica evidenciada, pode influenciar na navegabilidade durante períodos de vazantes excepcionais, e tendo em vista a importância desse trecho de interligação, pode comprometer significativamente o aspecto econômico da região.

O trecho onde, conforme já referenciado neste capítulo, pode vir a apresentar empecilhos à navegação, principalmente aos navios de grande calado, que realizam

cabotagem é a área a montante da Ilha da Eva, onde está se desenvolvendo intenso depósito, demonstrado nos perfis transversais e na análise morfométrica.

Segundo o Plano Mestre do Porto Manaus (2013), em período de vazante, nesse trecho o calado é reduzido a 9,5 m. E os principais navios que realizam cabotagem na região são o Aliança, com calado de 9,2 m, o Mercosul Santos, com calado de 10,4 m, o Eco Nical com calado de 6,3 m e o Log-In Jatobá com calado de 10 m (Marine Traffic, 2018).

Ademais, em relação a esses quatro navios citados e ao calado reduzido do trecho, entende-se que em períodos de extrema vazante, apenas dois desses navios, o Aliança e o Eco Nical, possuem características para chegar até os terminais de cargas existentes em Manaus: Super Terminais e Porto Chibatão.

Assim sendo, nota-se a importância da compreensão da dinâmica fluvial e como esta pode influenciar nos aspectos da vida da população de sua região, pois, dependendo da proporção da vazante, pode comprometer significativamente o transporte fluvial, principalmente o de cabotagem.

CONCLUSÕES

O estudo a respeito da morfodinâmica do rio Amazonas entre a Ilha do Careiro e a Costa do Varre Vento, auxiliado pelos perfis batimétricos, produtos de sensoriamento remoto e visão sistêmica dos componentes presentes nessa paisagem permitiu compreender a dinâmica fluvial no local e as resultantes desse processo. Com isso, as principais considerações dessa pesquisa são:

1 – As margens do canal principal no trecho, rio Amazonas, apresentam poucas alterações no período proposto de 1998 a 2017. Tal fato já havia sido evidenciado por Carvalho (2012) e Rozo (2004), no qual o segundo atribuiu tal fato como confirmação de um padrão anastomosado para o trecho. Entretanto, nesse trabalho, classifica-se o rio Amazonas como Anabanches, ou seja, um sistema de multicanais.

2 – Diferentemente do canal principal, os canais secundários que compõem esse sistema, apresentam dinâmica mais intensa, como é o caso do Paraná do Careiro, que a partir de análise espaço-temporal foi possível verificar que este alterou seu curso, cedendo espaço para a deposição e transferindo seu curso para uma parte que este erodiu na Ilha do Careiro.

3 – A análise multitemporal permite afirmar que as alterações morfométricas são mais evidentes e atuam de forma mais intensas nas ilhas inseridas no canal principal. Estas, estabilizadas por vegetação provavelmente por milhares de anos (ROZO, 2004) alternam entre processos erosivos e deposicionais, por vezes, apresentando a presença simultânea dos dois processos, alterando assim sua geometria.

4 – Através dos perfis transversais do rio Amazonas, afirma-se que, a dinâmica que é quase inexistente nos contornos do canal, ocorre de forma intensa dentro do canal, sendo marcada por extensos depósitos, que a partir de afloramentos rochosos, como é o caso do depósito paralelo a Costa do Jatuarana, ou paralelo as ilhas existentes no canal, depósito agregado à Ilha da Eva, surgem e vão evoluindo, alterando assim a geometria do canal e conseqüentemente a sua dinâmica.

5 – No trecho que compreende a Ilha da Eva, onde o depósito de canal vem se desenvolvendo, o talvegue do rio Amazonas encontra-se próximo à margem direita, causando assim, pressão hidráulica nessa margem e conseqüentemente erosão

lateral, o que por sua vez, ocasiona em um alargamento do canal no trecho, confirmando a hipótese que serviu de estímulo para o desenvolvimento desta pesquisa.

6 – A diferença entre os materiais das margens é um dos fatores determinantes para a morfodinâmica do trecho, tendo em vista que a estabilidade da margem esquerda, decorrente da Formação Alter do Chão, faz com que nesta não ocorram significativos processos fluviais. O que não pode ser dito da margem direita, que por ser formada por depósitos Holocênicos, é palco de constantes transformações, decorrentes de processos erosivos e deposicionais.

7 – Assim como já abordado em outros trabalhos, apesar dos produtos de sensoriamento remoto serem de suma importância para pesquisas em regiões como a Amazônia, devido principalmente à sua escala de grandeza e dificuldade de acesso à algumas locais, este apresenta algumas limitações, que dependendo da ocasião, podem comprometer o resultado do trabalho. Os principais obstáculos são a presença de nuvens que encobrem a área em período de vazante, período este que, em consequência dos baixos níveis de cota dos rios, são mais propícios para a análise espaço-temporal.

8 – Devido a dinâmica intensa no trecho e a evolução dos depósitos dentro do canal, a navegabilidade, principalmente de navios de grande calado, torna-se comprometida em períodos de extrema vazante.

Por fim, acredita-se que esta pesquisa, contribua com a ampliação do conhecimento sobre a compreensão da dinâmica do rio Amazonas no trecho e como esta pode influenciar na navegabilidade. Seja para atualizar e/ou corroborar questões já abordadas em outras pesquisas, entende-se que os estudos sobre a temática devem ser constantes, devido as características processuais do rio Amazonas e a sua importância para a vida da população e economia regional e nacional.

REFERÊNCIAS

ABINADER, H.D., 2008. **Depósitos cenozoicos da porção oeste da Bacia do Amazonas**. Tese (Mestrado), Departamento de Geociências - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 83 pp.

AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê, 2003. 159 p.

_____. **Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira**. Estudos Avançados, São Paulo, USP, n. 45, 2002, pp. 7-30.

_____. Formas de relevo: Texto básico. São Paulo, FUNBEC/Edart, 1975.

ALBUQUERQUE, C. C. de. **Análise Geoecológica da paisagem de várzea na Amazônia Central**: um estudo estrutural e funcional no Paraná de Parintins-AM. 226 p. (Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências). Fortaleza – CE, 2012.

ALLEN, P. A. From landscapes into geological history. **Nature**. Vol. 451, p. 274 – 276, 2008.

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: hidroweb.ana.gov.br. Acesso em: 05/05/2017.

_____. **Caderno de Recursos Hídricos**: A navegação interior e sua interface com o setor de recursos hídricos. Brasília, 2005.

ARAÚJO, A. G. S; SILVA, A. C. C da; CARVALHO, J. A. L. de. Depósitos de canal do rio Amazonas no trecho da costa do Jatuarana – AM. In: **XII Encontro Nacional de Pós-graduação em Geografia**. Porto Alegre, 2017.

BEMERGUY, R. L; COSTA, J. B. S. Considerações sobre a evolução do sistema de drenagem da Amazônia e sua relação com o Arcabouço Tectônico-Estrutural. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém, v.3, p.75-97, 1991.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria general de los sistemas**: fundamentos, desarrollo, aplicaciones. México: Fondo de Cultura Econômica, 1993.

_____. **Teoria Geral dos Sistemas**; tradução de Francisco M. Guimarães, 3ª ed. Petrópolis, Vozes, 1977, 351p.

BERTANI, T. de C. **Sensoriamento remoto e caracterização morfológica no baixo rio Solimões, com análise de suas rias fluviais**. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico. **R. RA'E GA**, Curitiba: Editora UFPR, número 08, 2004. p. 141-152.

BORMA, L. de S.; NOBRE, C. **Secas na Amazônia**: causas e consequências. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 367p.

CARNEIRO, D. S. **Morfodinâmica fluvial e suas implicações para o ordenamento territorial na fronteira Brasil-Colômbia-Peru.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPGEO/UFF- 2009, 141p.

CARVALHO, J. A. L. **Erosão nas margens do rio Amazonas:** o fenômeno das terras caídas e as implicações na vida dos moradores. Tese (Doutorado). Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPGEO/UFF- 2012, 185p.

_____. **Terras caídas e consequências sociais:** Costa do Miracauera, paraná da Trindade, município de Itacoatiara-AM. 2006. 142p. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação Sociedade e Cultura na Amazônia) - Instituto de Ciências Humanas e Letras, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

CHARLTON, R. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology.** New York: Taylor e Francis e-Library, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

_____. **Geomorfologia fluvial.** São Paulo: Edgard Blucher, 1981. vol. 1. 313 p.

_____. **Geomorfologia.** Edgard Blucher, São Paulo, 1980.

_____. **A análise de sistemas em Geografia.** São Paulo: HUCITEC: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

COELHO, F. J. F; FERREIRA, H. C; BARROS-SILVA, S; RIBEIRO, A. G; TEREZO, E. F. M. Vegetação. **Projeto RADAMBRASIL:** Folha SA.21-Santarém. Rio de Janeiro: DNPM, 1976. p. 309-414.

CONSTANTINE, J.A.; DUNNE T.; AHMED, J.; Legleiter, C.; Lazarus, E.D. Sediment supply as a driver of river meandering and floodplain evolution in the Amazon Basin. **Nature Geoscience** 7: 899 - 903. DOI: 10.1038 / NGE02282, 2014.

COSTA, J. B. S; BEMERGUY, R. L; HASUI, Y; BORGES, M. S; FERREIRA JÚNIOR,C. R. P; BEZERRA, P. E. L; COSTA, M. L; FERNANDES, J. M. G. Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. **Revista Geonomos.** Vol. 4, n.2, p. 23-44, 2008. UFMG.

CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. **Geodiversidade do Estado do Amazonas.** Organização: Maria Adelaide Mansini Maia e José Luiz Marmos. Manaus, 2010.

CUNHA, P. R. C; MELO, J. H. G.; SILVA, O. B. Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências Petrobrás,** Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 227-251, Maio /Nov. 2007.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia: uma interpretação de bases e conceitos**. 12ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 211-252.

DAVID, R. C. de A. **A dinâmica do Transporte fluvial de passageiros no estado do Amazonas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Humanas e Letras, Departamento de Geografia. Manaus: UFAM, 2010. 121p.

DINO, R.; SOARES, E. A.; ANTONIOLI, L.; RICCOMINI, C.; NOGUEIRA, A. C. Palynostratigraphy and sedimentary facies of miocene fluvial deposits of the Amazonas Basin, Brazil. 2012. **Journal of South American Earth Sciences**. Vol. 34 (2012), p. 61-80.

FERNANDES FILHO, L. A. **Geologia, mineralogia, geoquímica dos lateritos de Manaus - Amazonas**. Belém, 1996. 96p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará.

FERREIRA, M. A. C. **Transporte Fluvial por Embarcações mistas no Amazonas: uma análise do trecho Manaus – Coari e Manaus – Parintins**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

FILIZOLA, N. P.; GUYOT, L. G. **Fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia**. Revista Brasileira de Geociências 566 Arquivo digital disponível on-line no site www.sbgeo.org.br, dezembro de 2011.

FILIZOLA, N. P.; GUYOT, J. L. Suspended sediment yields in the Amazon basin: An assessment using the Brazilian national data set. **Hydrological Processes** 23 (22): 3207-3215, 2009.

FILIZOLA, N. P.; SILVA, A. V. da; SANTOS, A. M. C. dos; OLIVEIRA, M. A. Cheias e secas na Amazônia: Breve abordagem de um contraste na maior bacia hidrográfica do globo. In: **T&C Amazônia**, v. 9, p. 42-49, 2006.

FILIZOLA, N. P. **O fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da bacia Amazônica Brasileira**. ANEEL, Brasília, DF. 1999. 63p.

FISCH, G; MARENGO, J. A; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. In: **Acta Amazônica** 28(2), 1998. 101-126p.

FRANZINELLI, E. Características morfológicas da confluência dos rios Negro e Solimões (Amazonas, Brasil). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 4, 2011. 587-596 p.

GAGG, G. **Levantamentos hidrográficos – Noções Gerais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Geodésia, 2016.

GONÇALVES JÚNIOR, E. S. **Terraços fluviais quaternários das regiões de Careiro-da-Várzea, Manaquiri, Careiro-Castanho e Autazes, Amazônia Central**.

2013. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

GOUROU, P. Observações geográficas na Amazônia. Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia**, nº 3, ano XI, julho-setembro, 1949.

GREGORY, K. L. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 367 p. 1992.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia**: uma interpretação de bases e conceitos. 12ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas geográfico escolar**. 7.Ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 224 p

_____. **Geografia do Brasil** - Região Norte. Rio de Janeiro, Vol I, 1977. 467p.

IGREJA, H. L. S. **A neotectônica e as mudanças hidrogeológicas do sistema fluvial Solimões-Amazonas**: 'Encontro das águas – EAM' – Amazonas, Brasil. Revista Geonorte, edição especial, V.2, N.4, p. 20-33, 2012.

_____. **Aspectos do modelo neotectônico da Placa sul-americana na Província estrutural amazônica, Brasil**. Tese Concurso Prof. Titular, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 155 p, 1998.

IRIONDO, M. H. Geomorfologia da planície Amazônica. In: ATLAS DO SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL. **Anais...** 1982. p. 323-348.

JUNK, W. J. As águas da região Amazônica. In: **Amazônia**; desenvolvimento, integração, ecologia. São Paulo: Brasiliense; (Brasília) CNPq, 1983. 45-100 p.

_____. Áreas inundáveis – Um desafio para a limnologia. **Acta Amazônica**. 10 (4): 775-795, 1980.

MARINE TRAFFIC. Disponível em: marinetraffic.com. Acesso em: 10/05/2018.

MARQUES, R. O. **Erosão nas margens do rio Amazonas**: o fenômeno das terras caídas e as implicações para a cidade de Parintins-AM. 175 p. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Amazonas), Manaus-AM, 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caderno da região hidrográfica amazônica**. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília, 2006.

MEADE, R.H.; DUNNE, T.; RICHEY, J.E. Storage and remobilization of suspended sediment in the lower Amazon River of Brazil. **Science**. Vol. 228: p.488-490, 1985

MERTES, L. A. K.; DUNNE, T.; MARTINELLI, L. A. Channel-floodplain geomorphology along the Solimões-Amazon River, Brazil. **Geol. Soc. Am. Bull.**, vol. 108, p. 1089-1107, 1996.

MOLION LCB. 1991. Climate Variability and its Effects on Amazonian Hydrology. In: **BRAGA Jr. BPF & FERNANDEZ-JAUREGUI CA** (Ed.). Water Management of the Amazon basin, UNESCO/ABRH, p. 261-274.

NANSON, G. C.; KNIGHTON, A. D. Anabranching rivers: their cause, character and classification. **Earth Surface Processes and Landforms**. Vol. 21, p. 217 – 239, 2012.

NASCIMENTO, T. S.; SARAIVA, J. M. B. Variabilidade Sazonal da Precipitação Pluviométrica em cidades na calha do rio Solimões-Amazonas. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e as dinâmicas de apropriação da natureza**. Viçosa, 2009.

NASCIMENTO, D. A; MAURO, C. A; GARCIA, M. G. L. Geomorfologia. **Projeto RADAMBRASIL**: Folha SA.21-Santarém. Rio de Janeiro: DNPM, 1976. p. 131-198.
NOVO, E. M. L. M. Ambientes Fluviais. In: FLORENZANO, Teresa G. (Org.). **Geomorfologia, conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

OLIVEIRA, G. S. **O El Niño e Você**: o fenômeno climático. São Paulo: Transitec, 2001.
PALHA, W. S. M.; CARVALHO, A de S. Extração automática de lineamentos e análise neotectônica preliminar da região hidrográfica centro amazonense utilizando dados de interferometria de radar. In: **Anais XII Simpósio de Sensoriamento Remoto**, Goiania, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, 1839-1846p.

PINTO, L. A. F; LEE, J. M; JONQUA, J. P. C. B. **A importância do transporte fluvial para a unidade operacional da Amazônia**. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011. 13 p.

PLANO MESTRE DO PORTO DE MANAUS. Secretaria de Transportes; UFSC; LabTrans. Florianópolis, 2013.

RITTER, D. F.; KROCHEL, R. C.; MILLER, J. R. **Process Geomorphology**. Fourth Edition, New York: Mc Graw Hill, 2002.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas Fundamentais para Estudos de Bacias Hidrográficas. In: VENTURI, Luis Antônio Bittar (Org.). **Praticando Geografia-técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. In. **Revista do Departamento de Geografia USP**. 14p. 69-77, 2001.
ROSS, J. L. **Geografia do Brasil**. São Paulo - Campinas: Edusp, 2005.

ROZO, M. G; NOGUEIRA, A. C. R.; TRUCKENBRODT, W. The anastomosing pattern and the extensively distributed scroll bars in the middle Amazon River. **Earth Surface Processes and Landforms**. Vol. 37, p. 1471 – 1488, 2012.

ROZO, J. M. G. **Evolução holocênica do rio Amazonas entre a ilha do Careiro e a foz do rio Madeira**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Geociências. Manaus-UFAM, 2004, 93p.

SALATI, E. O Clima atual depende da floresta. In: **Amazônia**; desenvolvimento, integração, ecologia. São Paulo: Brasiliense; (Brasília) CNPq, 1983.

SANT'ANNA, J. A. **Rede básica de Transportes na Amazônia**. Texto para discussão nº 562. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA). Brasília, 1998, 65p.

SANTOS, H. G; JACOMINE, P. K. T; ANJOS, L. H. C; OLIVEIRA, V. A; LUMBRERAS, J. F; COELHO, M. R; ALMEIDA, J. A; CUNHA, T. J. F; OLIVEIRA, J.B. **Sistema de Classificação de Solos**. 4 ed. – Brasília, DF: Embrapa, 2014. 376 p.

SANTOS, M. **Metamorfoses do Espaço Habitado**, fundamentos teórico e metodológico da Geografia. Hucitec. São Paulo, 1988.

SILVA, T. M. da; SANTOS, B. P. dos. Sistema de drenagem e evolução da paisagem. **Rev. Geogr. Acadêmica**, volume 04, número 01, 2010. p. 5-19.

SILVA, C. L; ROSSETI, D. F. História geológica dos rios da Amazônia. **Cienc. Cult.** v.61, n.3, p. 24-26, 2009.

SILVA NETO, J. C. A. **Zoneamento ambiental como subsídio para o ordenamento do território da bacia hidrográfica do rio Salobra, Serra da Bodoquena – MS** (Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia). Presidente Prudente – SP, 2013.

SIOLI, H. **Amazônia** - Fundamentos de ecologia da maior região de florestas tropicais. Petrópolis-RJ: Vozes, 1985. 72 p.

SOARES, E. A. A. **Depósitos Pleistocenos da região de confluência dos rios Negro e Solimões, Amazonas**. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, Instituto de Geocência. São Paulo, 2007.

STERNBERG, H. O'R. **A água e o homem no Careiro da Várzea**. 2 ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1998. 330 p.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. A Natureza da Geografia Física. **Terra Livre**, número 17, São Paulo, 2001. p. 11-24.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais**. Florianópolis, EDUFSC, 1990.181p

TAPAJÓS, D. R. **Modelos de Indicadores de Sustentabilidade Aplicável a Hidrovias na Amazônia**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental- 2002, 290p.

TRICART, J. **Tipos de planícies aluviais e de leitos fluviais da amazônia brasileira**. Revista Brasileira de Geografia - IBGE. Rio de Janeiro, 1977. 3-37 p.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M.H. Geossistemas. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, ano 05, número 10, 2006. p. 79-89.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na Geografia Física. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, ano 06, número 11, 2007. p. 71-78.