

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

RILDO OLIVEIRA MARQUES

**EROSÃO NAS MARGENS DO RIO AMAZONAS: O FENÔMENO DAS TERRAS
CAÍDAS E AS IMPLICAÇÕES PARA A CIDADE DE PARINTINS-AM**

**MANAUS-AM
2017**

RILDO OLIVEIRA MARQUES

**EROSÃO NAS MARGENS DO RIO AMAZONAS: O FENÔMENO DAS TERRAS
CAÍDAS E AS IMPLICAÇÕES PARA A CIDADE DE PARINTINS-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
2017**

Ficha Catalográfica

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

M357e Marques, Rildo Oliveira
Erosão nas margens do rio Amazonas: o fenômeno das terras
caídas e as implicações para a cidade de Parintins-AM / Rildo
Oliveira Marques. 2017
175 f.: il. color; 31 cm.

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

1. Geomorfologia fluvial. 2. Erosão de margem. 3. Terras caídas.
4. Implicações sociais. I. Carvalho, José Alberto Lima de II.
Universidade Federal do Amazonas III. Título

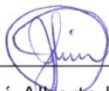
RILDO OLIVEIRA MARQUES

**EROSÃO NAS MARGENS DO RIO AMAZONAS: O FENÔMENO DAS TERRAS
CAÍDAS E AS IMPLICAÇÕES PARA A CIDADE DE PARINTINS-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.

Aprovada em 16 de maio de 2017.

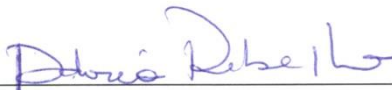
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Alberto Lima de Carvalho
Universidade Federal do Amazonas



Prof.^a Dr.^a Sandra Baptista da Cunha
Universidade Federal Fluminense



Prof.^a Dr.^a Adoréa Rebello da Cunha Albuquerque
Universidade Federal do Amazonas

**MANAUS-AM
2017**

DEDICO este trabalho aos meus pais Marcos e Maria Terezinha e a meus irmãos, em especial a Marcos Carvalho Marques Filho (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sabedoria, proteção e força em todos os momentos da vida.

Ao Professor Dr. José Alberto Lima de Carvalho pela confiança, paciência e conhecimentos construídos durante as incansáveis orientações. Agradeço ainda pelos valores ensinados e que, ao navegar pelos meandros da vida, lembrarei que ser simples e valorizar nossas origens, nos torna uma pessoa melhor.

A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior – CAPES, pelo financiamento desta pesquisa, sem os quais seria impossível sua realização.

Aos meus pais Marcos Carvalho Marques e Maria Terezinha Oliveira Marques pela fortaleza que representam em minha vida. Obrigado por sempre apoiar meus estudos e sonhos, essa vitória também pertence a vocês.

Ao Professor Dr. José Camilo Ramos de Souza pela imprescindível ajuda nos trabalhos de campo, cedendo seu precioso tempo, conhecimento e parte de sua biblioteca em inúmeras ocasiões. Além de um grande professor, mostrou-se também ser um grande amigo. Conta comigo sempre que precisares!

Ao Professor Dr. João D’anuzio Menezes de Azevedo Filho que na situação de Coordenador do Curso de Geografia da Universidade do Estado do Amazonas – CESP/UEA, prestou ajuda na concessão de materiais como GPS, ecobatímetro e trado, além do esforço em participar e contribuir com sua experiência em um dos campos da pesquisa.

Ao Professor MSc. Reginaldo Luiz Fernandes de Souza pela oportunidade de inserção no universo da pesquisa, enquanto orientando de iniciação científica e pelo incentivo e indicação quando me dispus a fazer a seleção do mestrado.

Ao MSc. Francisco Weliton Rocha Silva, técnico do Laboratório de Geografia Física da Universidade Federal do Amazonas, pelo apoio que foi dado durante o tratamento das amostras de sedimentos e análise de solo.

Ao MSc. Jorge Alberto da Costa que na reta final da pesquisa contribuiu com sua experiência em geoprocessamento. Com calma e paciência não mediu esforços em auxiliar em tudo que precisei.

Aos companheiros geógrafos Dilson Gomes Nascimento, Luís Fernando Belém da Costa, Arenilton Monteiro Serrão, Kelton Klinger Queiroz Pinto e Crizan Graça de Souza que durante algum momento da pesquisa deram seu apoio nos trabalhos de campo, atividades estas que em sua maioria eram laboriosas.

Ao amigo geógrafo Marciclei Bernardo da Silva por ter me concedido parte de seus arquivos digitais, incluindo fotografias e artigos científicos que foram de grande importância para conclusão deste trabalho.

À Ioná Mara Andrade de Souza pela concessão de parte de seu acervo de fotografias, as quais permitiram tornar este trabalho mais rico em ilustrações.

Ao senhor Pedro Paulo Simas Novo, o Pepê, que por vezes ajudou na logística dos campos, conduzindo com bravura a pequena embarcação que nos permitia se deslocar pelas agitadas águas do rio Amazonas.

À Cláudia Cristina que mesmo longe, sempre esteve ao meu lado e, dividindo momentos bons e ruins, nunca deixou de trabalhar para que esse objetivo fosse alcançado, não à toa seu sobrenome é Batalha.

Ao senhor Luiz Alberto Gomes Pinto e dona Iracema Belém da Costa por me permitirem um “agasalho” durante minhas idas à Manaus no início do mestrado. Agradeço ainda pelo transporte que me forneceram por diversas vezes. A vocês e a toda família, um muito obrigado.

Externo a mesma gratidão à dona Maria do Carmo Queiroz, Amiraldo Pinto e família, pela hospedagem concedida em Manaus.

Por fim, agradeço a todos e a todas que de alguma forma contribuíram para que esse objetivo fosse alcançado. A vocês o meu muito obrigado!

NASCE O AMAZONAS

Da altura da cordilheira, onde as neves são eternas, a água se desprende e traça um risco trêmulo na pele antiga da pedra: O Amazonas acaba de nascer. A cada instante ele nasce. Descende devagar, sinuosa luz, para crescer no chão. Varando verdes, inventa seu caminho e se acrescenta. Águas subterrâneas afloram para abraçar-se com a água que desceu dos Andes. Do bojo das nuvens alvíssimas, tangidas pelo vento, desce a água celeste. Reunidas, elas avançam, multiplicadas em infinitos caminhos, banhando a imensa planície cortada pela linha do Equador. Planície que ocupa a vigésima parte da superfície deste lugar chamado Terra, onde moramos. Verde universo equatorial, que abrange nove países da América Latina e ocupa quase a metade do chão brasileiro. Aqui está a maior reserva mundial de água doce, ramificado em milhares de caminhos de água, mágico labirinto que de si mesmo recria incessante, atravessando milhões de quilômetros quadrados de território verde. É a Amazônia, a pátria das águas.

Thiago de Mello

RESUMO

A migração lateral dos canais resulta de processos que envolvem inúmeros fatores que atuam em conjunto dentro do canal fluvial. A atual discussão sobre o tema apresenta diferentes conclusões, não havendo, portanto, consenso quanto aos mecanismos de causa. Na Amazônia brasileira, o complexo processo de erosão das margens do rio Amazonas, fenômeno conhecido regionalmente por *terras caídas*, tem afetado não apenas as populações dispersas ao longo de sua calha, mas também aglomerados como comunidades vilas e cidades. A capacidade desse fenômeno em transformar a paisagem já impressionava naturalistas, viajantes e cronistas que no passado navegaram os rios da Amazônia. Na cidade de Parintins o problema é antigo e vem sendo notificado, conforme as Atas da Câmara Municipal, desde a 7ª Legislatura de vereadores (1973-1976). A preocupação dos poderes executivo e legislativo aumentou até que durante a 8ª Legislatura (1977-1982), obteve-se junto ao Governo do Estado recursos para a construção de um muro de arrimo em um trecho em frente à cidade. Porém, durante as décadas seguintes, a pressão do rio Amazonas, associada às fortes chuvas e infiltrações das águas pluviais, fizeram com que a construção, além de comprometida, sofresse constante fraturamento e abalo. Parintins localiza-se no extremo leste do Estado do Amazonas num trecho côncavo da margem direita do rio Amazonas, sendo construída em uma ilha de terrenos baixos pertencente a um complexo sistema flúvio-lacustre da planície amazônica. Pela sua posição, a mesma recebe ataque quase frontal do rio Amazonas, comprometendo assim o trecho que compreende a frente da cidade. O presente trabalho teve como objetivo principal compreender o processo de erosão lateral do rio Amazonas em frente da cidade de Parintins e as implicações socioeconômicas desse fenômeno para a cidade. Os procedimentos técnico-metodológicos da pesquisa consistiram em medições batimétricas transversais do rio Amazonas; análise de dados hidrológicos; análise granulométrica; análise de dados pluviométricos e de velocidade do vento; análise multitemporal por sensoriamento remoto; monitoramento da margem com pinos de erosão e; entrevistas com moradores e instituições públicas. A interpretação é de que o processo resulta da combinação de fatores como a forma e geometria do canal; pressão e as forças hidráulicas atuantes; composição granulométrica da margem; condições climáticas e ação antrópica. Destaca-se o fato de que as medições batimétricas revelaram que o talvegue do rio está a 328m próximo da margem direita, cuja profundidade atinge 98m, o que facilita a erosão em profundidade e dificulta qualquer obra de engenharia para conter o processo. Quanto às implicações, destacamos o elevado custo financeiro para o município como construção de muros de arrimo e perda de ruas; desvalorização de propriedades com frente e/ou fundo para o rio; risco a circulação de veículos e à navegação e; dificuldade de embarque e desembarque durante a vazante. Com essa pesquisa, acredita-se ter contribuído para o avanço do conhecimento e principalmente chamar a atenção das autoridades constituídas para os problemas gerados pelo fenômeno, em particular para a cidade de Parintins. Por se tratar de um processo dinâmico e ainda com poucos estudos, entende-se que a discussão sobre o tema não se encerra nesse trabalho e, portanto, faz-se necessário gerar dados e novos conhecimentos para se levantar questões mais profundas que instiguem o debate científico sobre essa dinâmica fluvial.

Palavras-chave: geomorfologia fluvial; erosão de margem; terras caídas; implicações sociais.

ABSTRACT

The lateral migration of the channels results from the processes that involve several factors that act together within the fluvial channel. The current discussion about the topic presents different conclusions, not having, therefore, a consensus regarding the mechanisms of the cause. In the Brazilian Amazonia, the complex process of erosion of the margins of the Amazon River, a phenomenon known regionally as *fallen lands*, has affected not only the populations scattered along its channel, but also agglomerated such as communities villages and cities. The capacity of this phenomenon in transforming the landscape would already impress naturalists, travelers and chroniclers that navigated across the rivers of the Amazonia. In the City of Parintins the problem is of long standing and is being notified, in accordance with the Minutes of the Municipal Chamber, since the 7th Legislature of city councilors (1973-1976). The concern of the executive e legislative powers increased until during the 8th Legislature (1977-1982), Together with the State Government, resources for the building of a support wall in a section in front of the city were obtained. However, during the following decades, the pressure Amazon River associated with strong rains and infiltrations of the rainwaters, made the construction, besides being affected, suffer constant fracturing and shaking. Parintins is located in the easternmost part of the State of Amazonas in a concave section of the left riverbank of the Amazon River, being built on an island of lowlands that belong to a complex river-lake system of the Amazonia flatland. Because of its position, it receives the almost frontal attack of the Amazon River, thus involving the section that is a part of the front of the city. This work had as a main objective principal to understand the process of lateral erosion of the Amazon River in front of the City of Parintins and the socioeconomic implications of this phenomenon for the city. The technical-methodological procedures of the research consisted of transversal bathymetric measurements of the Amazon River; analysis of hydrological data; granulometric analysis; analysis of the rainfall data and of the speed of the wind; multi-temporal analysis by remote sensing data; monitoring of the margin with erosion pins; and interviews with the residents and public institutions. The interpretation is that the process results from the combination of factors such as the shape and geometry of the channel; the pressure and the hydraulic forces that act in the channel; granulometric composition of the riverbank; climatic conditions and anthropic action. It is important to mention the fact that the bathymetric measurements revealed that the thalweg of the river gets to be at 328m near the riverbank, whose depth reaches 98m, which facilitates the erosion in the depth and impedes any work of engineering to restrain the process. Regarding the implications, we point out the high financial cost for the municipality as the building of support walls and loss of streets; devaluation of properties facing and/or bottom for the river; risk the circulation of vehicles and to the navigation; and the difficulty of loading and unloading during the low tide. With this research, we believe that we have contributed for the advance of knowledge and mainly to call the attention of the constituted authorities towards the problems generated by the phenomenon, particularly for the City of Parintins. Because it is a dynamic process and there are still few studies, it is understood that a discussion about the topic is not stopped in this work and therefore, it is necessary to generate data and new knowledge to raise deeper questions that instigate the scientific debate about this fluvial dynamic.

Keywords: fluvial geomorphology riverbank erosion; fallen lands; social implications.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do município de Parintins – AM.	19
Figura 2: Representação simplificada do sistema fluvial.	25
Figura 3: Processos fluviais predominantes ao longo do perfil longitudinal.	28
Figura 4: Transporte da carga em função da granulação e velocidade do fluxo.	33
Figura 5: Gênese do processo de abandono e colmatação de um meandro.	37
Figura 6: Erosão lateral em talude fluvial holocênico do rio Amazonas.	45
Figura 7: Feixe de fissura indicando a posterior ocorrência de escorregamentos.	47
Figura 8: Interpretação apontada por STERNBERG, H. para o recuo das margens.	48
Figura 9: Limites das placas Sul-americana e Nazca.	53
Figura 10: Variações do nível relativo do mar de cerca de 30.000 anos A.P.	55
Figura 11: Ocorrências mensais de cotas máximas e mínimas do rio Amazonas.	58
Figura 12: Comportamento fluviométrico do rio Amazonas entre 2000 e 2015.	59
Figura 13: Comportamento das enchentes e vazantes e suas linhas de tendência.	60
Figura 14: Planta dos bairros situados na margem do rio Amazonas.	62
Figura 15: Situação da frente da cidade em função da erosão lateral.	63
Figura 16: Geologia do município de Parintins.	65
Figura 17: Geomorfologia do município de Parintins.	67
Figura 18: Vista parcial do terraço fluvial da cidade de Parintins.	68
Figura 19: Variação mensal de chuvas em Parintins entre 1985 e 2015.	69
Figura 20: Variação mensal da temperatura máxima em Parintins (1985-2015).	70
Figura 21: Variação mensal da temperatura mínima em Parintins (1985-2015).	71
Figura 22: Distribuição da circulação atmosférica sobre a bacia Amazônica.	72
Figura 23: Caracterização da rede de drenagem próximo a cidade de Parintins.	73
Figura 24: Pedologia do município de Parintins.	76
Figura 25: Tipos fisionômicos de florestas de várzea e terra firme.	77
Figura 26: Sistema de aquisição de dados batimétricos.	83
Figura 27: Coleta e identificação de sedimentos em frente à cidade de Parintins.	85
Figura 28: Diagrama utilizado para a classificação textural do solo.	85
Figura 29: Coleta de amostras de solo da barra de sedimentação.	86
Figura 30: Fluxograma da análise multitemporal no ArcGIS.	89
Figura 31: Representação da instalação dos pinos.	90
Figura 32: Fluxograma dos procedimentos metodológicos.	92
Figura 33: Vista parcial dos taludes fluviais de cidades atingidas por erosão lateral.	96
Figura 34: Escorregamento da margem em frente à cidade de Careiro da Várzea.	98
Figura 35: Situação da rua Faria Neto em janeiro de 1997.	100
Figura 36: Problemas causados pela erosão do rio Amazonas em 2000.	101
Figura 37: Batimetrias realizadas no rio Amazonas em frente à cidade de Parintins.	102
Figura 38: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº01.	103
Figura 39: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº02.	104
Figura 40: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº03.	105
Figura 41: Antigo depósito formado no rio Amazonas próximo à cidade de Parintins.	106
Figura 42: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº04.	106
Figura 43: Perfil da velocidade do rio Amazonas durante a enchente (m/s).	109
Figura 44: Perfil da velocidade do rio Amazonas durante a vazante (m/s).	109
Figura 45: Padrões de fluxo e sua relação com a forma e geometria do canal.	110
Figura 46: Fluxo helicoidal em margem côncava.	110

Figura 47: Detalhe do fluxo helicoidal em perfil.....	111
Figura 48: Processos erosivos verificados no perfil nº 01.	113
Figura 49: Processos erosivos verificados no perfil nº 02.	114
Figura 50: Deslocamento a partir de fissuras verticais na face da margem.....	115
Figura 51: Superfícies de abrasão no limite jusante da cidade de Parintins.	116
Figura 52: Situação do muro de contenção em frente à praça do Comunas.	123
Figura 53: Evolução holocênica do rio Amazonas entre 1985 e 1998. Folha 1.	126
Figura 54: Evolução holocênica do rio Amazonas entre 1985 e 1998. Folha 2.	127
Figura 55: Evolução holocênica do rio Amazonas entre 1998 e 2015. Folha 1.	129
Figura 56: Evolução holocênica do rio Amazonas entre 1998 e 2015. Folha 2.	130
Figura 57: Evento ocorrido na Costa da Águia em março de 2007.	131
Figura 58: Barra lateral acrescida a jusante da foz do paraná do Espírito Santo.	132
Figura 59: Situação da rua Portugal no bairro Santa Clara em julho de 2011.	134
Figura 60: Imagem aérea da barra de sedimentação longitudinal.	136
Figura 61: Batimetria transversal do perfil da barra de sedimentação.	137
Figura 62: Batimetria transversal a montante da barra de sedimentos.	138
Figura 63: Batimetria transversal a jusante da barra de sedimentos.	138
Figura 64: Situação do depósito em relação ao fluxo principal do rio Amazonas.	139
Figura 65: Construção do muro de arrimo da rua Rui Barbosa.	140
Figura 66: Obra de inauguração do muro de arrimo da cidade de Parintins.....	141
Figura 67: Detalhe do fraturamento de partes do muro de arrimo.	142
Figura 68: Matéria sobre o erro de cálculo na planta do muro de arrimo.....	145
Figura 69: Anuncio da construção do muro de arrimo da rua Portugal.....	146
Figura 70: Matéria sobre os moradores das áreas atingidas pela erosão lateral.....	148
Figura 71: Erosão lateral em parte da rua Caetano Prestes.....	149
Figura 72: Matéria sobre a interdição da praça do comunas.....	150
Figura 73: Veículo de carga passando a poucos metros da zona de erosão.	151
Figura 74: Localidade utilizada para atracação de embarcações.	152
Figura 75: Situação da antiga rua Portugal em 2012.	152

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: ÁREA E POPULAÇÃO AFETADA PELA EROSÃO LATERAL EM BANGLADESH	40
TABELA 2: DADOS DAS IMAGENS LANDSAT SELECIONADAS PARA O ESTUDO.	87
TABELA 3: GEOMETRIA DO RIO AMAZONAS EM FRENTE À CIDADE DE PARINTINS.	107
TABELA 4: COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA E CLASSE TEXTURAL DO PERFIL N° 01.....	112
TABELA 5: COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA E CLASSE TEXTURAL DO PERFIL N° 02.....	113
TABELA 6: COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA E CLASSE TEXTURAL DO PERFIL N° 03.....	115
TABELA 7: MÉDIAS MENSAS PLUVIOMÉTRICAS DA ESTAÇÃO DE PARINTINS: 1985-2015. ..	119
TABELA 8: COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO DA ESTAÇÃO DE PARINTINS EM 2013.	120
TABELA 9: RAJADAS MÁXIMAS DE VENTO REGISTRADAS EM PARINTINS (k/h).....	121
TABELA 10: ÁREAS TOTAIS E TAXAS ANUAIS PARA CADA INTERVALO ESTUDADO.....	133
TABELA 11: TAXAS DE EROSÃO MEDIDAS A PARTIR DO USO DE PINOS (cm).	135

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: DEPÓSITOS DE CANAL E DE TRANSBORDAMENTO EM RIOS AMAZÔNICOS.	35
QUADRO 2: DADOS DE VAZÃO E MATERIAL EM SUSPENSÃO EM RIOS AMAZÔNICOS.	60
QUADRO 3: PONTOS CRÍTICOS DAS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DA CIDADE.	143

LISTA DE SIGLAS

ADCP - Acoustic Doppler Current Profiler

ANA - Agência Nacional de Águas

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DGP - Defesa Civil de Parintins

DGI - Divisão de Geração de Imagens

DNOS - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAPEAM - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas

GPS - Sistema de Posicionamento Global

HiBAm - Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IRD - Institut de Recherche Pour le Développement – Hydrologie

MEC – Massa Equatorial Continental

SEINFRA - Secretaria de Estado e Infraestrutura

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

UEA - Universidade do Estado do Amazonas

UFAM - Universidade Federal do Amazonas

USGS - U.S. Geological Survey

UTM – Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	17
CAPÍTULO 1: O SISTEMA FLUVIAL E OS PROCESSOS DE EROSÃO DE MARGEM.....	21
1. O sistema fluvial.....	21
1.1 Os processos fluviais.....	27
1.2 Relação entre erosão, transporte e deposição	29
2. Estudos recentes sobre erosão de margem	37
3. Fatores causadores da erosão de margem	42
CAPÍTULO 2: CONTEXTO FLUVIAL E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	52
1. Origem e evolução da bacia hidrográfica Amazônica	52
2. Os tipos de rios da Amazônia.....	56
3. Regime hidrológico do médio rio Amazonas.....	58
4. A constante ameaça da erosão de margem à cidade de Parintins	61
5. Aspectos geológicos	64
6. Aspectos geomorfológicos	66
7. Regime climático e hidrológico	69
8. Hidrografia.....	73
9. Aspectos pedológicos	75
10. Cobertura vegetal.....	77
CAPÍTULO 3: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS.....	79
1. Paisagem enquanto categoria de análise geográfica	79
2. Geossistema e o estudo integrado da paisagem.....	81
3. Procedimentos técnico-metodológicos da pesquisa	83
3.1 Medições batimétricas transversais do rio Amazonas.....	83
3.2 Dados hidrológicos do rio Amazonas	84
3.3 Coleta de material da margem e análise granulométrica.....	84
3.4 Dados pluviométricos e de velocidade do vento	86
3.5 Análise multitemporal por sensoriamento remoto.....	87
3.5.1 Pré-processamento das imagens	88
3.5.2 Classificação e vetorização das imagens	88
3.5.3 Análise multitemporal	88
3.6. Monitoramento da margem com pinos de erosão	90
3.7. Entrevistas com moradores e instituições públicas	91
3.7.1 Entrevistas com moradores.....	91

3.7.2 Levantamento de informações em instituições e órgãos públicos	91
CAPÍTULO 4: O PROCESSO DE EROSÃO DE MARGEM E AS IMPLICAÇÕES PARA A CIDADE DE PARINTINS	93
1. O processo de erosão nas margens do rio Amazonas	93
1.1 Implicações da erosão de margem para as cidades ribeirinhas	95
2. Fatores causadores da erosão de margem em frente à cidade de Parintins	102
2.1 A geometria do rio Amazonas em frente à cidade de Parintins	102
2.2 A pressão e as forças hidráulicas atuantes no canal.....	107
2.3 A composição do material da margem	111
2.4 Os fatores climáticos e seus efeitos	118
2.5 A ação humana na aceleração do processo	122
3. Evolução multitemporal do rio Amazonas no município de Parintins	125
3.1 A dinâmica fluvial no período de 1985 a 1998.....	125
3.2 A dinâmica fluvial no período de 1998 a 2015.....	128
3.3 Síntese das alterações morfológicas entre 1985 e 2015.....	133
3.4 Monitoramento in loco da erosão em frente à cidade de Parintins	134
3.5 Deposição e as possíveis mudanças no padrão de fluxo do rio Amazonas	135
4. Implicações sociais da erosão de margem para a cidade de Parintins	139
4.1 O comprometimento do muro de arrimo.....	139
4.2 Dificuldades na construção de novas estruturas de contenção	144
4.3 Principais implicações na vida dos moradores.....	147
CONCLUSÕES.....	154
REFERÊNCIAS	157
APÊNDICE	166
ANEXO.....	171

INTRODUÇÃO

Localizada em uma ilha de terraço baixo pertencente a um complexo sistema flúvio-lacustre da planície Amazônica, a cidade de Parintins, situada à margem direita do rio Amazonas, é palco da ocorrência de um dos fenômenos de maior dinâmica, complexidade e capacidade de transformação da paisagem ribeirinha, a erosão lateral, fenômeno conhecido regionalmente por “terras caídas”.

Terra caída é um termo utilizado na Amazônia brasileira que se refere à migração de canais por efeito da erosão lateral que ocorre, principalmente, nas margens do rio Amazonas e nos seus afluentes de água branca, causando inúmeros prejuízos sociais aos moradores ribeirinhos. A capacidade de transformação desse fenômeno é amplamente conhecida na região e desde o século XVII já impressionava naturalistas, viajantes e cronistas que navegaram os rios amazônicos.

Em rios de água preta e clara que possuem características senis com baixa vazão e velocidade do fluxo, bem como frações reduzidas de material em suspensão e margens estáveis, os ajustes do canal pela erosão lateral ocorrem em menor escala e raramente afeta a vida dos moradores.

Verifica-se que esse fenômeno não ocorre sobre o efeito de um único fator, mas resulta da combinação de um conjunto de fatores atuantes sobre o canal fluvial. Entre os quais se destacam as características hidrodinâmicas do fluxo, que combinam vazão, velocidade e turbulência; pressão hidrostática da água no interior do pacote sedimentar; geometria das margens (altura e verticalidade), granulometria dos sedimentos das margens; condições climáticas; fatores geológico-estruturais e, em menor escala a ação humana.

Na cidade de Parintins o problema é antigo e vem sendo notificado, conforme as Atas da Câmara Municipal, desde a 7ª Legislatura de vereadores (1973-1976). A preocupação dos poderes executivo e legislativo aumentou até que durante a 8ª Legislatura (1977-1982), obteve-se junto ao Governo do Estado recursos para a construção de um muro de arrimo em um trecho em frente à cidade. Porém, durante as décadas seguintes, a pressão do rio Amazonas, associada às fortes chuvas e infiltrações das águas pluviais, fizeram com que a construção, além de comprometida, sofresse constante fraturamento e abalo.

O fenômeno “terras caídas” ocorre principalmente na unidade geoambiental denominada “Planícies Aluvionares Recentes”, cujo substrato é formado por sedimentos siltico-arenosos friáveis, inconsolidados, facilmente desagregáveis. Nos últimos anos, No estado do Amazonas, são registrados vários exemplos de municípios que vêm sofrendo com problemas decorrentes do avanço da erosão lateral ao longo de áreas urbanas, ocasionando o comprometimento de suas respectivas “orlas”, como observado nas cidades de Parintins e Barreirinha, situadas na região do médio Amazonas (CPRM, 2010).

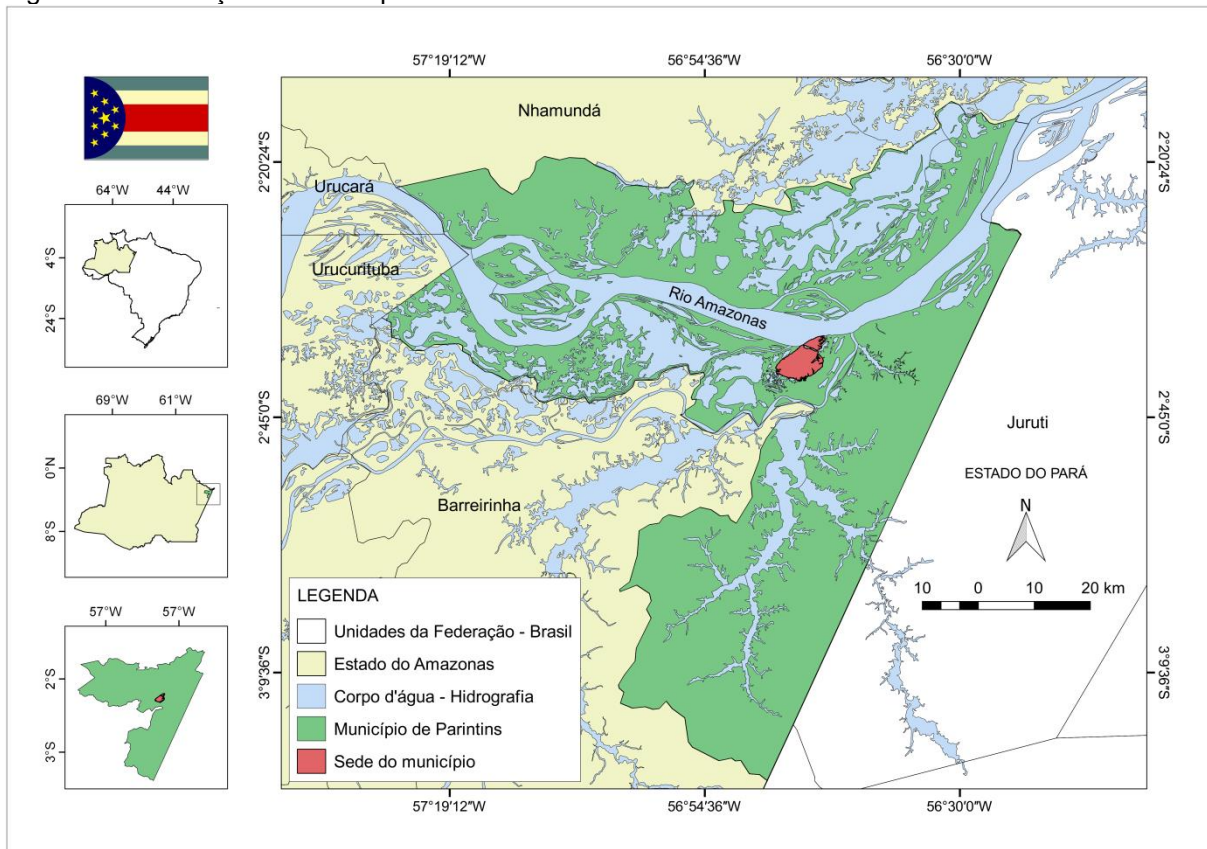
De acordo com o levantamento ao longo do rio Amazonas e seus principais afluentes feito em 2011 pela Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais – CPRM, a cidade de Parintins e mais dezessete sedes de municípios do Estado do Amazonas, encontram-se em constante ameaça pelos ajustes do canal promovidos pela erosão lateral dos taludes marginais, dentre estas, Parintins foi classificada pelos técnicos do referido órgão como em situação de alto risco.

O presente trabalho tem como objetivo principal compreender o processo de erosão lateral do rio Amazonas em frente da cidade de Parintins e as implicações sociais desse fenômeno para a cidade.

Para atingir o objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: 1 - Avaliar o papel dos fatores causadores da erosão lateral do rio Amazonas em frente à cidade de Parintins; 2 - Mapear o leito do rio Amazonas em frente à cidade para correlação com o processo de erosão de margem; 3 - Identificar por meio de sensoriamento remoto as mudanças espaço-temporais neste trecho do rio Amazonas; 4 - Monitorar em escala de detalhe a erosão lateral em frente à cidade e; 5 - Identificar os locais mais vulneráveis à erosão e suas implicações sociais para a cidade de Parintins.

O município de Parintins localiza-se no leste do Estado do Amazonas com as coordenadas geográficas de 02°36'48” Latitude Sul e 56°44'09” Longitude Oeste (figura 01). Possui uma área territorial de 5.952,30 km², o equivalente a 595.230 hectares, sendo a maior parte em ambiente de várzea. Sua distância em relação à capital Manaus é de 369 km em linha reta e 420 km em via fluvial (IBGE, 2010).

Figura 1: Localização do município de Parintins – AM.



Fonte: IBGE, 2010. Org. MARQUES, R. O. 2017.

A sede do município localiza-se em um terraço baixo situado à margem direita do rio Amazonas. Pela sua posição no canal, a cidade recebe o impacto quase frontal do rio Amazonas. Segundo o IBGE (2010), a extensão da sede do município compreende uma área de 396 hectares. A área delimitada e de interesse dessa pesquisa na cidade de Parintins, possui uma extensão de aproximadamente 3,5 km que inclui as faixas marginais dos bairros São José, São Benedito, Centro, Francesa e Santa Clara.

Souza (2013) considera que a ocupação inicial da área urbana de Parintins até a década de 1960 ocorreu simultaneamente nos bairros Centro, Francesa e São Benedito, devido sua proximidade com o rio. O bairro Santa Clara consolidou-se na década de 1970 e o São José tem sua ocupação inicial com o nome de Itaguatinga na década de 1980. Em 2006 com a promulgação da Lei 386/2006/PGMP, o Itaguatinga é extinto e passa a ser denominado de São José Operário.

Este trabalho está organizado em quatro capítulos: o primeiro procurou situar a pesquisa no contexto do sistema fluvial e da erosão em canais. Nesse item, apresentou-se ainda o comportamento dos processos fluviais ao longo do perfil

longitudinal, a relação entre erosão, transporte e deposição, os estudos recentes sobre erosão de margens e, por fim, as diferentes causas e conclusões apontadas na literatura para a explicação do processo.

No segundo capítulo são apresentadas as características da área de estudo, incluindo o regime hidrológico do médio rio Amazonas, as áreas ameaçadas pela erosão lateral na cidade de Parintins e os aspectos geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrográficos, pedológicos e de vegetação que, em parte, são elementos importantes no entendimento da dinâmica fluvial.

No terceiro capítulo é apresentada a fundamentação teórico-metodológica da pesquisa e os procedimentos técnicos. Como forma de abordagem utilizou-se alguns princípios da Teoria Geral dos Sistemas aplicados à Geografia, bem como o uso da categoria paisagem no sentido evolutivo. Dentre os procedimentos técnicos destacam-se as medições batimétricas transversais do rio Amazonas, análise de dados hidrológicos, coleta de sedimentos e análise granulométrica, análise de dados pluviométricos e de velocidade do vento, análise multitemporal por sensoriamento remoto, monitoramento da margem com pinos de erosão e entrevistas com moradores e instituições públicas.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos em campo e em laboratório acerca dos fatores e mecanismos da erosão lateral em frente à cidade e os problemas sociais que esse processo tem causado aos moradores de Parintins.

Essa proposta visou contribuir com o pouco conhecimento sistematizado que se tem sobre a atuação e as constantes ameaças da erosão lateral às cidades ribeirinhas da calha do rio Amazonas, visto que nos últimos anos, inúmeros episódios têm ocorrido em núcleos urbanos situados às margens desse rio. Além disso, o trabalho buscou ampliar as discussões sobre a atuação dos mecanismos de erosão em canais fluviais. Dessa forma, procurou-se trabalhar a Geografia a partir de uma perspectiva sistêmica, procurando realizar um estudo que vise não apenas explicar o fenômeno natural, como também discutir e apresentar a sua dimensão social.

CAPÍTULO 1: O SISTEMA FLUVIAL E OS PROCESSOS DE EROSÃO DE MARGEM

1. O sistema fluvial

A bacia de drenagem e os canais fluviais representam em seu conjunto um importante elemento no âmbito da Geomorfologia Fluvial e das demais ciências que se propõem a estudar suas dinâmicas e processos, o que permite que se tenha diferentes abordagens no estudo dos canais fluviais. O arcabouço teórico no qual os rios e seus processos atuantes são tratados neste trabalho, fundamentam-se na concepção e nos princípios da teoria sistêmica, o que vai permitir que se tenha um instrumento teórico-metodológico que possibilita a compreensão dos seus mecanismos de forma a não desconsiderar as inter-relações que existem no âmbito dos sistemas fluviais.

A Geomorfologia Fluvial é um ramo da Geomorfologia que se dedica a estabelecer relações entre os processos de erosão e deposição resultantes do escoamento da água em canais fluviais e as formas de relevo dele derivadas. Desse modo, pela análise das formas do canal fluvial, podem-se deduzir os processos que lhe deram origem (NOVO, 2008).

Ritter; Kochel e Miller (2002) consideram a ação fluvial o mais importante agente na modelagem do relevo, pois mesmo que outros processos superficiais sejam significativos, como as precipitações, os fluxos são tão onipresentes que sua influência na ciência geomorfológica dificilmente é desconsiderada.

Desde a antiguidade os rios desempenharam papel de destaque na organização do espaço geográfico, permitindo que grandes civilizações se desenvolvessem em suas margens, bem como facilitando a penetração natural do homem em direção ao interior dos continentes. Embora ainda hoje muitos rios sejam utilizados para fins de navegação, o seu papel mais importante reside no abastecimento de água, na irrigação e na produção de energia elétrica (SUGUIO; BIGARELLA, 1990; CUNHA, 1996).

Cunha (1996) menciona que a ação das correntes fluviais, alterando a dinâmica dos rios e suas formas topográficas, serviu como principal temática para inúmeros estudos, a ponto de, ao longo da história da ciência geomorfológica, deter a maior produção científica dessa área do conhecimento. Da mesma forma,

Christofoletti (1981) afirma que desde o início da história das geociências são comuns as menções que se faziam sobre o trabalho dos rios. Porém, à medida que se desenvolvia a ciência geomorfológica, surgiram diversas contribuições sobre os estudos de canais fluviais e bacias de drenagem, chegando haver elevada superposição repetitiva entre a primeira e a história da geomorfologia fluvial.

Segundo Cunha (op. cit.) a partir do ano de 1945 três abordagens distintas destacam-se para os estudos dos canais fluviais: a morfometria numérica; a compreensão do tratamento estatístico com inter-relação de dados; e a produção de modelos estocásticos¹. Já durante a década de 1950, Christofoletti (1980) aponta o desenvolvimento dos primeiros estudos geomorfológicos fundamentados da teoria sistêmica, realizados inicialmente a partir dos trabalhos pioneiros de Strahler em 1950 e 1952. Entre os temas ligados à Geomorfologia Fluvial, coube ao do perfil longitudinal através dos estudos desenvolvidos por Culling em 1957, a primazia de ser o primeiro a merecer discussão sob essa nova perspectiva.

Durante a década de 1970 a ênfase foi dada sobre os processos e mecanismos observados ao longo do canal fluvial. Nesse período os estudos passaram a ter uma visão mais ampla, adicionando conhecimento de áreas como Hidrologia, Pedologia e Ecologia. Ainda nessa década os estudiosos dedicaram-se também às mudanças temporais, se preocupando cada vez mais com a atuação do homem, em especial a partir da construção de obras de engenharia e os usos indevidos das bacias hidrográficas (CUNHA, 1996).

No cenário brasileiro os trabalhos publicados durante as décadas de 1970 e 1980 ofereceram importantes contribuições, pois consolidaram alguns dos principais conceitos ligados ao campo da Geomorfologia Fluvial. Entre estes, merece destaque o estudo realizado por Suguio em 1973 sobre os processos sedimentológicos; o trabalho de Bigarella; Suguio e Becker em 1979; e as obras de Antônio Christofoletti (1980; 1981).

Atualmente, grande parte dos estudos relacionados à Geomorfologia Fluvial que tem como fundamento a concepção sistêmica, vão considerar a bacia hidrográfica como um sistema aberto, estando em contínua troca de matéria e energia com o ambiente externo. Comportando diferentes elementos que atuam e se relacionam de forma conjunta, a bacia hidrográfica torna-se também um sistema

¹ Os modelos estocásticos são aqueles cujo estado é indeterminado, com origem em eventos aleatórios.

complexo e dinâmico, pois além de interagir com os demais sistemas está em contínuo processo de mudança em função das trocas estabelecidas com o ambiente externo.

Christofolletti (1980, p.1) considera um sistema “como o conjunto dos elementos e das relações entre si e entre seus atributos”. Ao atribuir a noção de sistema ao rio e sua bacia de drenagem, verifica-se que estes mantêm uma constante interação de fatores que juntos vão condicionar os processos fluviais atuantes dentro e nas proximidades do canal.

No estudo da composição dos sistemas, alguns aspectos importantes devem ser considerados, e no caso dos sistemas fluviais, elementos como matéria, energia, estrutura e escala são fundamentais para o entendimento do funcionamento e das relações que se estabelecem entre esses componentes.

Christofolletti (op. cit.) entende que a matéria sendo representada pela água e pela carga de sedimentos, corresponde ao elemento que vai ser mobilizado através do sistema. No tocante à energia, elemento que produz as forças que permitem o sistema funcionar, é necessário considerar e distinguir energia potencial e energia cinética. A energia potencial² é representada pela força inicial que impulsiona o funcionamento do sistema. No sistema hidrográfico a gravidade funciona como energia potencial, responsável por desencadear a movimentação do fluxo e do material, fazendo aumentar à medida que se acentua a amplitude altimétrica. Uma vez que o material se coloque em movimento, surge a energia cinética³ (energia do movimento), cuja própria força alia-se à potencial. Assim, o escoamento das águas ao longo dos rios e a movimentação dos fragmentos detríticos geram a energia cinética.

A estrutura⁴ dos sistemas é constituída pelos elementos e suas relações, expressando-se através do arranjo de seus componentes. Assim, num sistema fluvial os processos de erosão, transporte e deposição devem ser considerados dentro de um contexto de correlação e interdependência; e a escala⁵, por sua vez,

² A energia potencial pode ainda ser entendida como energia de interação. A energia potencial é uma forma conveniente de descrever o trabalho realizado por forças conservativas internas, ou seja, forças entre partes do sistema, em oposição ao trabalho externo realizado por forças que têm sua origem nas vizinhanças do sistema (SOUZA, 2015, p. 23).

³ A energia cinética é a energia dos objetos em movimento, quando estes possuem uma determinada velocidade (SOUZA, 2015, p. 23).

⁴ CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 2.

⁵ CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 2.

permite a noção de que cada sistema passe a ser um subsistema quando observado em um contexto maior.

Charlton (2008) comenta que a bacia hidrográfica apresenta três estágios principais em que os elementos constituintes desse sistema fluvial vão processar-se e interagir com os demais sistemas. Segundo o autor, esse processo é realizado por meio de entradas (inputs), saídas (outputs) e armazenamentos.

As principais entradas no sistema ocorrem por meio da água e dos sedimentos derivados da decomposição das rochas subjacentes. As entradas adicionais incluem ainda materiais biológicos e derivados de entradas atmosféricas. A maior parte da energia necessária para acionar o sistema é fornecida pelos processos atmosféricos que levantam e condensam a água que cai em forma de precipitação sobre a bacia de drenagem. A força da gravidade move então esta água que origina um fluxo de energia através do sistema.

A saída ocorre quando a água e os sedimentos movimentam-se através do sistema, aonde o material é descarregado para os oceanos e mares. Por outro lado, nem todos os rios alcançam o oceano, alguns fluem para os lagos e mares, enquanto outros secam antes de chegar ao oceano. Isso reflete um outro resultado importante dos sistemas fluviais: a perda de água por evaporação para a atmosfera.

No contexto desses processos, observa-se ainda que uma certa quantidade de materiais é posta em armazenamento ao longo da bacia de drenagem. Assim, a água é armazenada durante períodos de tempo variáveis em lagos, reservatórios e abaixo do solo em aquíferos. Os sedimentos, por sua vez, são armazenados quando são depositados nos canais, bacias de lagos, deltas, leques aluviais e nas planícies aluviais. Este material pode ainda ser transportado a partir de uma fase posterior, quando por ocasião um canal passa a meandrar ou migrar em sua planície de inundação.

Outra noção importante no estudo do sistema fluvial é a distinção entre as suas variáveis internas e externas. As variáveis internas⁶ são influenciadas por outras variáveis internas, e também por variáveis que se originam de fora do sistema. Ao contrário das variáveis internas, as variáveis externas⁷ operam de forma independente, na medida em que não são influenciadas pelo que está acontecendo dentro do sistema fluvial. Na escala de uma bacia hidrográfica, Charlton (2008)

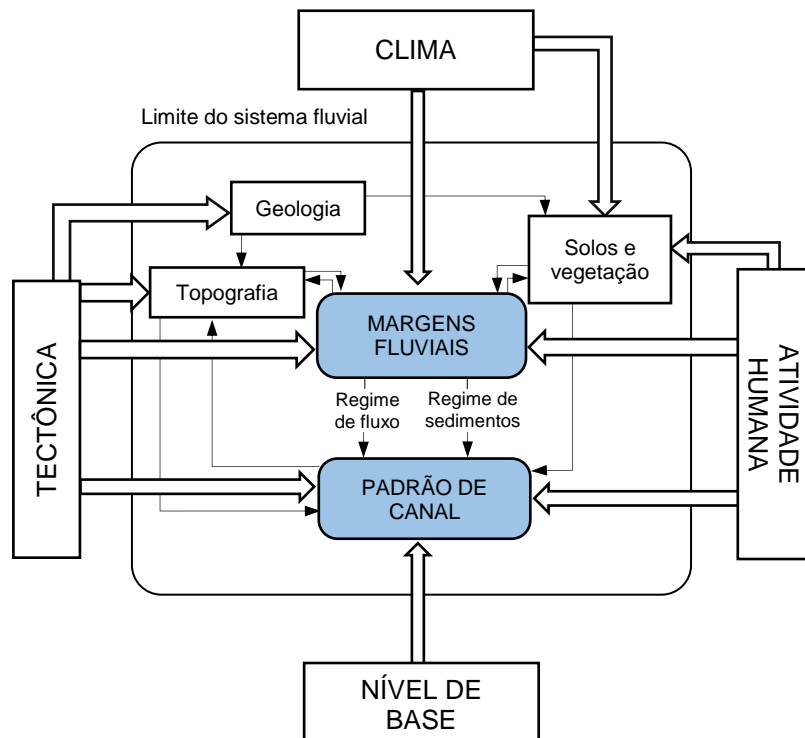
⁶ CHARLTON, 2008, p. 12.

⁷ CHARLTON (Op. cit. p. 12).

aponta que as variáveis externas que atuam sobre esse sistema são o clima, o nível de base, a tectônica e as atividades humanas.

Algumas variáveis internas têm um maior grau de independência, pois elas só são afetadas de forma limitada pelo sistema fluvial. Essas variáveis, segundo Charlton (op. cit.), são a geologia, os solos, a vegetação e a topografia (que inclui relevo, altitude e tamanho da bacia de drenagem). Todas estas são variáveis internas e são controladas, em certa medida, pelos controles externos da bacia, no entanto, a sua principal influência sobre a operação do sistema fluvial ocorre por meio de um controle mútuo, ou seja, as variáveis atuam em um processo contínuo de inter-relação (figura 2).

Figura 2: Representação simplificada do sistema fluvial.



Fonte: Modificado de CHARLTON (2008).

Observando a figura 03, nota-se que a natureza hierárquica do sistema fluvial possibilita que as variáveis que atuam em escalas maiores exerçam influência sobre as variáveis que atuam em escalas menores dentro do sistema. Assim, o clima como variável externa afeta a cobertura vegetal e provoca erosão nas encostas fluviais, que por sua vez determina o aporte de sedimentos, o que posteriormente vai influenciar no padrão de canal. Esse comportamento, todavia, não ocorre num só sentido, pois os fluxos mantêm-se em constante interação.

Durante longos períodos de tempo, o efeito de processos de pequena escala, como erosão e deposição, pode levar a mudanças de maior escala. Estes incluem mudanças no padrão de canal ao longo do período de dezenas à centenas de milhares de anos, podendo ocasionar o ajustamento da inclinação de todo o vale do rio (CHARLTON, 2008).

Assim, outra variável importante a ser considerada em um sistema fluvial é o tempo. Segundo Charlton (op. cit.), cada bacia de drenagem tem uma herança histórica resultante de mudanças passadas que ocorreram. Isto inclui o efeito cumulativo de processos, tais como erosão e deposição ao longo de grandes períodos de tempo. Ele também inclui os efeitos de longo alcance de mudanças nos controles externos das bacias, como as variações nas condições climáticas do último glacial que afetaram grandemente sistemas fluviais em todo o mundo.

Rodrigues e Adami (2009), entendem que os processos de circulação de matéria e energia que operam em bacias hidrográficas não envolvem apenas canais fluviais e planícies de inundação, mas incluem as vertentes, nas quais os processos internos são de fundamental importância. Assim, aos estudos de bacias hidrográficas aplica-se a noção de sistema aberto, composto por outros subsistemas, sendo os principais, os sistemas de vertentes, os sistemas de canais fluviais e os sistemas de planícies de inundação.

Carvalho (2012), chama atenção para a importância da água como principal agente da dinâmica do sistema fluvial. Por isso, o tempo de permanência desse elemento no sistema hidrográfico é de fundamental importância. Concebe que alterações significativas nas precipitações e nos elementos componentes da bacia, principalmente a cobertura vegetal, podem retardar ou acelerar o tempo de permanência da água no sistema, comprometendo o balanço hídrico da bacia.

Com base nos princípios sistêmicos apresentados, considera-se o rio e sua bacia de drenagem como sistemas abertos, compostos por outros subsistemas, não podendo assim ser compreendidos por meio da análise das suas partes, pois suas propriedades não estão isoladas, mas sim dentro de um contexto maior que inclui inúmeros outros elementos. Portanto, o sistema fluvial condicionando um conjunto de interações, processos e formas, mantém-se em equilíbrio pela entrada, processamento e saída de matéria e energia.

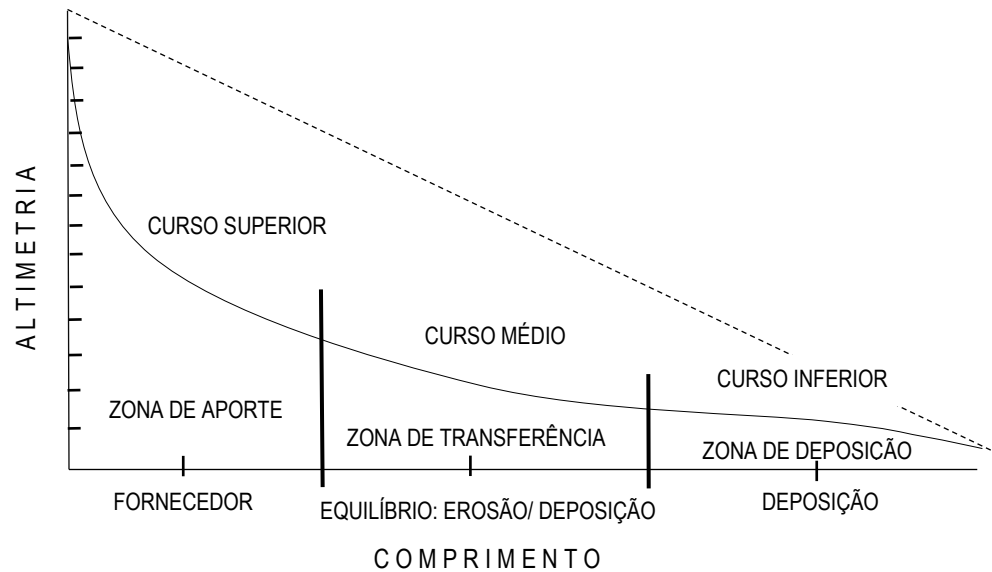
1.1 Os processos fluviais

A dinâmica fluvial vai estabelecer que os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos possam ocorrer de forma interdependente e conforme determinadas zonas ao longo do perfil longitudinal dos rios. O comprimento e altimetria, expressos pelo gradiente de um rio, vão apresentar-se como elementos de grande importância no equilíbrio entre os processos fluviais que se verificam nos cursos superior, médio e inferior de um canal fluvial.

De acordo com Cunha (1996), os processos fluviais alternam-se no tempo e espaço, sendo definidos pela distribuição da velocidade e a turbulência do fluxo dentro do canal. São processos dependentes entre si e resultam não apenas das mudanças no fluxo, como também da carga existente. Ainda segundo a autora, o perfil longitudinal do tipo côncavo, com declividades maiores em direção à nascente, ou cursos de água que apresentam morfologia semelhante, são considerados em estado de equilíbrio, assumido quando há relação de igualdade entre a atuação da erosão, do transporte e da deposição.

Por meio dessa interpretação, o sistema de drenagem vai estabelecer relação e equilíbrio entre os processos fluviais a partir de zonas determinadas pelos cursos superior, médio e inferior do seu perfil longitudinal. Sendo assim, o curso superior de um rio vai desempenhar a função de zona de aporte, pois devido a sua declividade e elevada velocidade do fluxo, condiciona a predominância do processo de erosão. Já o gradiente moderado do curso médio ao caracterizar-se como zona de transferência, vai proporcionar um equilíbrio entre os processos de erosão e deposição, bem como vai fornecer sedimentos para o curso inferior, que pela sua baixa declividade e diminuição considerável da velocidade do fluxo, vai apresentar-se como uma zona de deposição (figura 3).

Figura 3: Processos fluviais predominantes ao longo do perfil longitudinal.



Org. MARQUES, R. O. 2017.

Refletindo sobre o comportamento do perfil longitudinal enquanto sistema aberto, Christofolletti (1981) considera que os cursos de água atingem o equilíbrio dinâmico quando a importação e a exportação de energia e matéria são equacionadas por meio de um ajustamento entre as variáveis componentes, expressando-se na forma ou geometria do sistema. Assim, o gradiente dos canais fluviais é ajustado à quantidade de água, de carga e à resistência do leito, de tal modo que o trabalho seja igual em todas as partes. A respeito dessa interação o autor comenta ainda que:

Esse ajustamento é conseguido devido a capacidade de auto-regulação, e como há interdependência entre os elementos de todo sistema, qualquer alteração que se processa em um segmento fluvial será paulatinamente comunicado aos demais elementos fluviais, e a ajustagem que se processa tenderá absorver a mudança produzida (CHRISTOFOLLETTI, 1981, p. 108).

Conforme essa observação, os rios permanecem em contínua regulação com seus fluxos, havendo equilíbrio entre descarga líquida, erosão, transporte fluvial e deposição, de tal forma que mantém certa proporção em relação ao tamanho da calha e perfil longitudinal, porém esse equilíbrio pode alterar-se em decorrência de eventos extremos ou por meio da atividade humana.

Nessas condições, Fernandez (1990) aponta que se um eventual desequilíbrio ocorre entre os processos, o canal fluvial sofre ajustamento de suas variáveis morfológicas, tendendo alcançar uma nova forma que apresente

estabilidade compatível com as novas condições, o que pode ocorrer em um intervalo de tempo que varia de longo, médio ou curto, devido às mudanças na vazão e transporte de sedimentos.

Sendo assim, o autor comenta que os ajustamentos de longo prazo consistem na mudança gradual e progressiva das características físicas do canal, as quais são causadas por mudanças climáticas ou por influências tectônicas em intervalos que variam de centenas a milhares de anos. Por sua vez, o ajustamento a médio prazo, frequentemente atribuído às atividades humanas, criam um desequilíbrio temporal nas formas do canal em questão de anos. Por fim, o canal pode ser afetado em um curto intervalo de tempo por eventos de extrema magnitude que podem causar fortes mudanças, seja nas características em planta ou na seção transversal do canal em questão de horas ou dias.

1.2 Relação entre erosão, transporte e deposição

A erosão é um processo que possui um papel importante na dinâmica dos canais e que embora tenha sua origem em causas naturais, pode ter seus mecanismos acelerados em função das atividades humanas. Na literatura básica a erosão é considerada como um agente ativo na transformação do relevo terrestre e fluvial, tendendo, logo após os mecanismos de transporte, a um processo de deposição.

Para Christofolletti (1981, p. 235) “a erosão fluvial engloba os processos de retirada de detritos do fundo do leito e das margens, fazendo com que possam se integrar à carga sedimentar”. Este tipo de erosão aumenta à medida que ocorre a elevação do nível da água, o que potencializa a velocidade e vazão em um canal fluvial. Em rios sinuosos, a erosão fluvial vai ocorrer com mais intensidade na margem côncava, onde a velocidade, turbulência e pressão é sempre maior do que nos trechos convexos.

De acordo com as variáveis de seus mecanismos, a erosão fluvial vai ocorrer no interior dos canais a partir de duas formas distintas: através do processo de erosão vertical, provocando o aprofundamento do leito dos cursos fluviais, e através do processo de erosão lateral, o que vai favorecer o contínuo alargamento dos canais. Quanto a sua ação, a erosão fluvial acontece conforme apontam

Christofoletti (1981); Suguio e Bigarella (1990) e Cunha (1996), através dos processos de corrosão, corrasão e cavitação.

A corrosão compreende processos que envolvem reações químicas entre a água e as rochas presentes na margem, resultando na dissolução de material solúvel e por ocasião da percolação da água nos depósitos de transbordamento. A carga transportada pelo rio compreende não somente o material detrítico carregado no fundo ou em suspensão, como também o material dissolvido de origem diversa.

A corrasão, por sua vez, é considerada como uma ação abrasiva que ocorre através do atrito mecânico das partículas transportadas pelas águas dos rios. Sendo um agente que depende das condições do fluxo do transporte fluvial, esse processo irá contribuir tanto para o desgaste das margens quanto do leito dos canais. Quanto aos seus mecanismos é possível considerar ainda que:

As partículas sólidas desgastam-se entre si, além de exercerem ação corrasiva no leito. Este processo de corrasão verifica-se sempre que o material sólido em movimento esteja em contato direto sobre o substrato rochoso. Se a energia disponível para o transporte de carga sólida for suficiente, o leito do rio mantém-se em condições estáveis. Se existir um excesso de energia, esta é usada para erodir os lados e o fundo do canal contribuindo para um aumento de carga para jusante (SUGUIO; BIGARELLA, 1990 p. 27).

Atribuindo significativa importância ao poder abrasivo da carga transportada, Suguio e Bigarella (op. cit.) vão considerar que a capacidade de erosão de um rio depende, principalmente, das partículas por ele transportadas do que do volume de água. Por outro lado, ao observar a atuação desse processo, Christofoletti (1981), vai afirmar que a corrasão está relacionada diretamente com a carga de fundo, pois a carga em suspensão, geralmente formada por pequenas partículas, tem pouco poder abrasivo. Para esse autor, isso explica porque os rios intertropicais não conseguem entalhar as rupturas de declive, pois transportam material de reduzida granulometria em suspensão.

Já o processo de cavitação ocorre somente quando as águas dos rios apresentam condições de velocidade elevada, proporcionando assim, variações de pressão sobre as paredes do canal fluvial.

A erosão em um canal fluvial ocorre quase que de forma simultânea ao transporte de sedimentos, 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, há muito se reconhece que o transporte fluvial de sedimentos é determinado por fatores que controlam as características e o regime dos cursos da água. Entre esses, destacam-se a quantidade e a distribuição das precipitações, a estrutura geológica, as condições topográficas e a cobertura vegetal, que juntos influenciam a formação do material intemperizado na bacia hidrográfica e o carregamento desses materiais até os rios (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Segundo Cunha (1996) quando ao longo do perfil longitudinal a velocidade do rio é lenta e uniforme, as águas fluem em camadas, sem haver mistura entre elas, constituindo o fluxo laminar⁸, no qual os processos erosivos e a capacidade de transporte se tornam reduzidos, deslocando apenas partículas muito finas. Ao contrário, quando os fluxos são turbulentos⁹, ocorre variações de velocidade que devido a redemoinhos e saliências existentes no leito, fazem com que a capacidade de transporte chegue a deslocar partículas maiores.

No perfil transversal também ocorrem variações de velocidade e turbulência, existindo locais específicos de erosão e deposição. Logo abaixo da superfície da água, situa-se a área de maior velocidade do fluxo, onde qualquer tipo de material em suspensão é transportado. Na superfície, o atrito com o ar reduz os valores da velocidade e turbulência que também são alterados de acordo com a forma do canal. Em rios com padrão retilíneo¹⁰, a velocidade máxima ocorre no centro do canal, diminuindo em relação às margens. Em canais de padrão meândrico¹¹, a zona de máxima velocidade e turbulência localiza-se nas proximidades das margens côncavas, diminuindo em direção à margem convexa, de menor profundidade.

Christofoletti (1981), menciona ainda que o transporte exercido por um rio apresenta duas importantes funções para a compreensão da dinâmica fluvial que

⁸ A água corrente apresenta fluxo laminar quando as várias "camadas de fluido" deslizam umas em relação às outras, sem que haja mistura de material. Isto acontece quando a velocidade de fluxo é relativamente lenta e cada elemento do fluido move-se ao longo de um caminho específico com velocidade uniforme (SUGUIO; BIGARELLA, 1990, p. 32).

⁹ O fluxo torna-se turbulento quando através das linhas de fluxo verificam-se flutuações de velocidades que excedem um determinado valor crítico. Estas flutuações são causadas por redemoinhos produzidos quando a água passa por obstáculos ou irregularidades de contornos rugosos do fundo (SUGUIO, BIGARELLA, Op. cit. p. 32).

¹⁰ Padrão de canal fluvial com segmentos retos, geralmente controlados por lineamentos tectônicos.

¹¹ Padrão de rio que apresenta trechos com margens instáveis e que descrevem curvas sinuosas.

são as noções de competência e capacidade. A respeito dessas condições o autor comenta que:

A competência retrata o tamanho das partículas que podem ser movimentadas pelo fluxo, sendo determinada pelo maior diâmetro encontrado entre os detritos transportados como carga do leito. A capacidade relaciona-se com a quantidade de material que pode ser movimentada por uma unidade de tempo. A capacidade corresponde à quantidade máxima de sedimentos, de determinada classe granulométrica, que o rio pode transportar (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 30).

Grande parte dos sedimentos formados pela desagregação das margens são transportadas para os mares e oceanos de várias formas pela ação dos rios. Assim, as correntes fluviais transportam a carga sedimentar de diferentes maneiras conforme a granulação das partículas e as características inerentes às próprias correntes. Segundo Suguio e Bigarella (1990), pode-se agrupar as formas de transporte de sedimentos a partir de três categorias: por tração, por saltação e em suspensão. O modo e a natureza do transporte são de grande importância para a composição e estrutura dos depósitos aluviais.

O transporte por tração está relacionado com as tensões da carga sedimentar ao longo do fundo do canal provocadas pela movimentação da água. O efeito dessas tensões tangenciais é reforçado pelas forças ascensionais devido ao fluxo turbulento.

Durante a condução da carga de fundo, Suguio e Bigarella (op. cit.) observaram que as partículas esféricas rolam com mais facilidade do que as menos esféricas e irregulares. Além da forma, intervém também o tamanho e a densidade, dando origem a uma carga de tração ajustada às condições locais. Enquanto o fluxo não apresentar alteração, o transporte por tração se mantém nas mesmas condições, porém, à medida que ocorre diminuição da velocidade das correntes ou intensidade da turbulência, as partículas maiores, mais densas e de menor esfericidade vão sendo deixadas para trás.

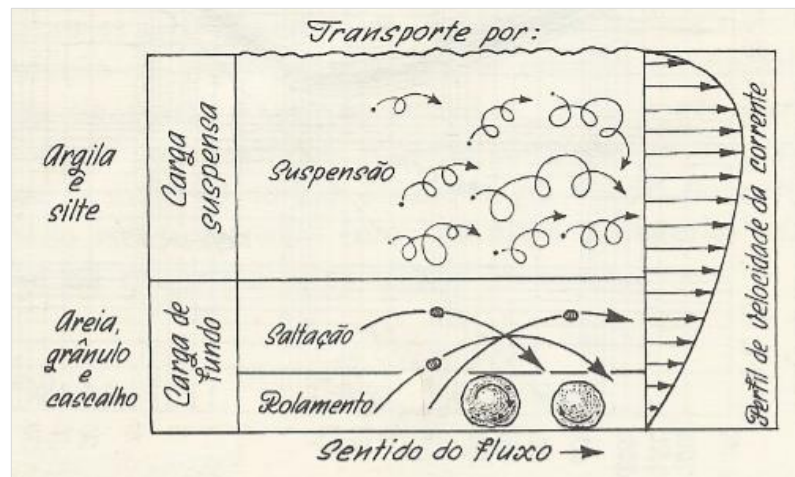
O transporte por saltação, por sua vez, é o movimento pelo qual as partículas avançam ao longo do leito fluvial, através de uma série de saltos curtos. Para Suguio e Bigarella (op. cit.) este movimento pode ser considerado como a fase intermediária entre o transporte por tração e por suspensão.

As partículas que não sejam suficientemente grandes para manter-se sobre o leito, sofrendo tração, nem suficientemente pequenas para serem arrastadas em suspensão, podem ser momentaneamente levantadas, movendo-se para diante em uma série de saltos e avanços sucessivos (SUGUIO; BIGARELLA, 1990 p. 39).

Por outro lado, as partículas de granulometria reduzida, como argila e silte, são tão finas que favorecem o transporte por suspensão. A diferença entre a carga em suspensão e carga de leito baseia-se mais no mecanismo de transporte do que no tamanho da partícula. Em geral, a carga em suspensão é a fração mais fina do material do leito, sendo mantida de forma suspensa pela ação da turbulência do fluido (CHRISTOFOLETTI, 1981).

As características granulométricas da carga em suspensão e em solução diferem da carga de fundo que é formada por partículas maiores com granulação composta por cascalho, areia ou fragmentos de rochas que deslizam ou saltam ao longo do leito. Na figura 4, pode-se observar os tipos de transporte da carga detrítica em função da granulação do material e velocidade do fluxo, sendo a máxima do fluido mais acentuada logo abaixo da superfície da água.

Figura 4: Transporte da carga em função da granulação e velocidade do fluxo.



Fonte: SUGUIO; BIGARELLA (1990).




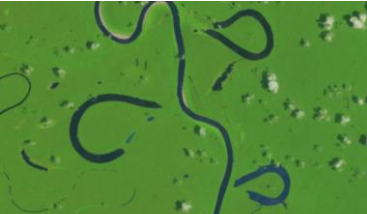

De acordo com Suguio e Bigarella (1990), as cargas suspensa e dissolvida são transportadas na mesma velocidade da água. Esses sedimentos são carregados enquanto a turbulência e velocidade de transporte forem suficientes para mantê-los suspensos. Quando a velocidade do fluxo decresce atingindo o limite crítico, as partículas sedimentam. Enquanto isso a carga de leito move-se muito mais lentamente do que a água, pois os grãos deslocam-se de modo intermitente.

Estando associado aos mecanismos de perda de velocidade e turbulência do fluxo, o processo de deposição vai originar diferentes formas topográficas ao longo do canal e de sua área de transbordamento. A carga detrítica fornecida aos cursos d'água, transportada em suspensão ou nas proximidades do leito, possuem características granulométricas variadas e se depositam conforme condições diversas.

Diante dessas observações, os depósitos sedimentares relacionados aos canais e planícies de inundação podem ser classificados de diferentes formas. Suguio e Bigarella (1990) e Ritter; Kochel e Miller (2002), apontam que de acordo com modo de formação e a natureza dos depósitos, existem dois tipos fundamentais: depósitos por acreção lateral e depósitos por acreção vertical. Para estes mesmos processos, Christofolletti (1981), sugere os termos depósito de canal e depósito de transbordamento, que por serem mais usuais, serão utilizados neste trabalho.

Com base nessa classificação, as formas provenientes de depósitos de canal resultam da carga do leito e constituem as barras de meandro, as barras laterais e as ilhas aluviais. Por outro lado, as feições originadas por depósitos de transbordamento, que ocorrem pela decantação da carga detrítica suspensa durante as enchentes, formam os depósitos dos diques marginais, das crevassas (rompimento de diques), meandros abandonados e das bacias de inundação. Algumas dessas formações são apresentadas no quadro 1.

QUADRO 1: DEPÓSITOS DE CANAL E DE TRANSBORDAMENTO EM RIOS AMAZÔNICOS.

	Tipos de depósito	Formações aluviais	Descrição do depósito
DEPÓSITO DE CANAL	Barras de meandro	 Rio Purus, município de Tapauá.	Sedimentos que se depositam na margem convexa de um meandro. O preenchimento total da curva meândrica vai originar os chamados meandros abandonados.
	Barras laterais	 Rio Amazonas, Costa da Terra Nova, parte do encontro das águas.	Depósitos que se formam próximo às margens onde o fluxo e turbulência do rio são reduzidos em função das características do canal.
	Barras centrais	 Rio Amazonas, município de Urucurituba.	Depósitos formados no meio do canal em função do próprio processo de sedimentação ou por controle estrutural.
DEPÓSITO DE TRANSBORDAMENTO	Depósito em meandro abandonado	 Rio Purus, entre os municípios de Tapauá e Canutama.	Ocorrem em trechos abandonados que não possuem mais ligações diretas com o rio principal.
	Depósito em bacia de inundação	 Rio Amazonas, Costa do Boto, município de Parintins.	São as áreas mais baixas da planície onde ocorre a decantação dos sedimentos mais finos, após os mais grosseiros serem depositados nos diques marginais.

Elaborado com base em Christofletti (1981); Suguio e Bigarella (1990).

Fonte das imagens: INPE/ USGS, LANDSAT - 5/8.

Org. MARQUES, R. O. 2017.

Os depósitos de canal, responsáveis pela contínua acreção lateral dos rios, depende de vários fatores, destacando principalmente a sinuosidade do canal e a quantidade de carga transportada. Por meio desse processo, os depósitos que

compõem as barras de meandro formam-se pela intensa erosão das margens côncavas, aos quais são transportados e depositados nas margens convexas das curvas seguintes.

Christofolletti (1981) aponta que os cordões marginais convexos (barras de meandro) são depósitos carregados pelo leito que se formam durante uma enchente ou após sucessivos eventos de transbordamento. A forma e o tamanho variam conforme a grandeza dos rios. Em rios de pequeno porte, os cordões marginais são simples elementos deposicionais inclinando-se suavemente em direção ao canal. Em grandes rios, a sua espessura pode ser semelhante à profundidade da água, estendendo-se desde o fundo do rio até o nível das águas altas.

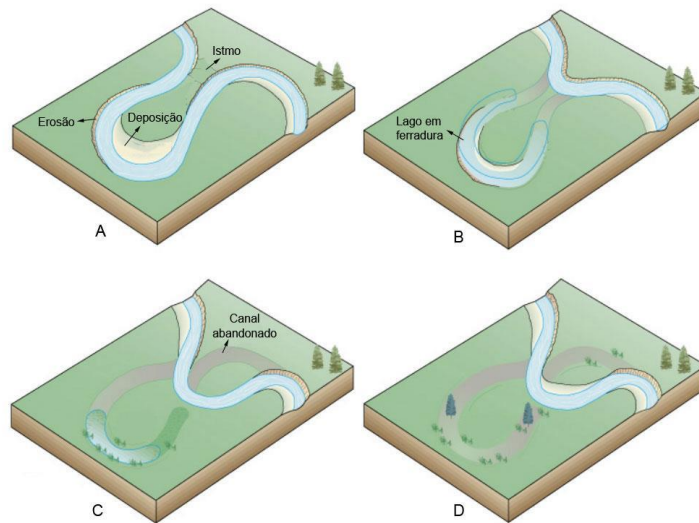
Por sua vez, as barras laterais são encontradas em canais de baixa sinuosidade ou em trechos retilíneos. Um dos lados da barra encosta na parede do canal, dispondo-se alternadamente de cada lado do rio. Estas deslocam-se lentamente para jusante, distribuídas obliquamente e definindo um canal sinuoso dentro do curso principal (SUGUIO; BIGARELLA, 1990). Além das barras laterais, formam-se ainda pelo processo de acreção lateral, as barras centrais e as barras de soldamento, depósitos formados junto às ilhas.

Por meio dos depósitos de transbordamento, o rio vai assentar na planície de inundação as partículas transportadas em suspensão. Nesse processo, os sedimentos mais grosseiros, ao transpor as margens, serão depositadas nos diques marginais, elevando-os pela carga de sedimentos, enquanto que as partículas mais finas irão compor os depósitos no interior da planície, contribuindo para a colmatagem das bacias de inundação e dos meandros abandonados.

Durante as enchentes os diques que margeiam os canais podem ser rompidos em alguns trechos, tanto em função da baixa coesão do material depositado, quanto pela velocidade e vazão que se potencializam durante o período das águas altas. Assim, o rompimento de dique dá origem a outro processo de sedimentação fluvial conhecido por depósito de rompimento de dique, pois ao estabelecer a ruptura, o fluxo da água divergente escava o seu curso através do dique, carregando consigo parte da carga de fundo do canal principal.

São também comuns nas planícies aluviais, principalmente próximo aos rios que apresentam alta sinuosidade, trechos de canais abandonados que são preenchidos a cada enchente por sucessivas camadas de sedimentos de granulometria reduzida (figura 5).

Figura 5: Gênese do processo de abandono e colmatção de um meandro.



Modificado de PYE (1994). A – processos de erosão e deposição; B – rompimento do meandro; C – colmatção; D – cicatriz na paisagem atual.

Para o interior da planície ocorre a deposição nas bacias de inundação. Estas constituem as partes mais baixas da planície, atuando como áreas de decantação, nas quais os sedimentos de menor granulação são depositados após o período de transbordamento. Na várzea Amazônica, esses locais caracterizam-se pela presença de inúmeros lagos, chavascais e pela alta fertilidade do solo em função da natureza das partículas que se depositam.

2. Estudos recentes sobre erosão de margem

Como fundamentação para o desenvolvimento deste estudo, apresenta-se nesta subseção algumas das bases teóricas nas quais o trabalho está inserido, expondo inicialmente os interesses que levaram aos primeiros estudos sistematizados sobre o processo de erosão de margem¹², bem como as diferentes interpretações sobre os mecanismos decorrentes dessa dinâmica fluvial.

Considerado como um dos agentes mais dinâmicos da paisagem, o processo de erosão de margem acontece praticamente em todos os canais fluviais. Sobre suas implicações para as populações ribeirinhas, o problema não é novo e tem se

¹² Também observada na literatura especializada como erosão marginal e/ou lateral. Em trabalhos estrangeiros de língua inglesa aparece com a denominação de river *bank erosion*.

agravado na medida em que aumenta o contingente de pessoas ocupando as margens de rios.

Embora aconteça em diversos ambientes fluviais, tais como rios e lagos, a erosão de margem fora por muito tempo negligenciada, pois o pensamento que predominava entre os estudiosos era de que esse processo era considerado simples e lento para mensurar sua taxa de evolução. Essa relativa negligência começa a mudar após o estudo pioneiro de Wolman em 1959 e a revolução do processo¹³, que ampliou o assunto na década de 1960, quando surgiram outros aspectos a serem abordados nos sistemas fluviais, tais como a geometria do canal, processos de fluxo e qualidade do transporte de sedimentos (LAWLER, 1994).

Fontes (2002) aponta que até recentemente o processo e os mecanismos da erosão de margem eram pouco conhecidos e o desenvolvimento de pesquisas mais detalhadas teve início somente na década de 1980. Thorne (1981) assinala três razões principais que levaram os cientistas a aumentar o interesse nessa dinâmica fluvial a partir dessa última década: em 1º lugar, a erosão de margem desempenha um papel importante no controle da largura do canal e nos ajustes do sistema fluvial; em 2º lugar, a erosão de margem contribui significativamente para carga de sedimentos do rio; e em 3º lugar, a erosão de margem em planícies aluviais reduz o valor das propriedades.

Fernandez (1995) ao realizar minuciosa revisão de trabalhos desenvolvidos até então, identificou e sintetizou três principais tendências utilizadas no estudo da erosão de margem:

a) A primeira trata sobre a dinâmica migratória dos canais fluviais nos últimos 150 anos, onde as informações são obtidas através da comparação de mapas antigos e fotografias aéreas. Este tipo de abordagem tem sido útil para elucidar o comportamento migratório dos canais ao longo do vale fluvial num período histórico recente. Por outro lado, as informações não permitem analisar as causas da migração lateral dos canais.

b) A segunda abordagem inclui as análises das condições de estabilidade das encostas que podem ser efetuadas tanto através de análises das pressões totais

¹³ Movimento liderado por geógrafos, geólogos, engenheiros civis e hidrologistas norte americanos que se lançaram em uma série de estudos intensivos em diferentes partes do mundo, especialmente nas latitudes médias e em ambientes temperado úmidos do Reino Unido e dos Estados Unidos. Este esforço de investigação internacional além de conduzir a novas técnicas de acompanhamento e novas ideias, evidenciou surpreendentes conclusões, assim como deixou que novas perguntas que se sucederam ficassem ainda a serem respondidas (LAWLER, 1994).

como das pressões efetivas. Esses diagnósticos são efetuados por meio de diversos cálculos, cujas aplicações têm demonstrado resultados práticos positivos. Mediante estas análises podem ser explicados os mecanismos de desmoronamento das margens.

c) A terceira abordagem consiste no estudo da quantificação da erosão de margem por meio de levantamentos expedidos em campo ao longo de um determinado período de tempo (2 a 5 anos), que posteriormente são complementados com a documentação dos principais processos erosivos observados.

Ainda sobre as tendências de estudo, Fontes (2002) sugere uma quarta abordagem que teria como base os inter-relacionamentos com as alterações nas variáveis hidráulicas do canal e as intervenções humanas a montante.

Da mesma forma, Carvalho (2012) observou outra tendência que está relacionada a importância das novas tecnologias de sensoriamento remoto no estudo da dinâmica fluvial. Sobre essas ferramentas, menciona a disponibilidade cada vez maior das imagens de satélite para o grande público, e que apesar de reconhecer suas limitações quanto à identificação dos mecanismos de causa, demonstra bons resultados em análises qualitativas das mudanças espaço-temporais nos canais fluviais.

Embora estudos sobre erosão de margem tenham sido realizados em diferentes ambientes fluviais do mundo, os rios situados na faixa tropical como os cursos fluviais do continente asiático ainda que apresentem intensa dinâmica e os seus processos tenham sérias implicações sobre a população local, pouco se conhece sobre esse grave problema e o mesmo quase não é mencionado em trabalhos publicados no Brasil.

Países como Índia e Bangladesh que possuem grande contingente populacional ocupando extensas faixas de margens, sofrem atualmente com diversos problemas causados pela dinâmica fluvial. A respeito dessa problemática, Islam e Rashid (2011) demonstram por meio dos dados de monitoramento do Departamento de Geografia e Ciências Ambientais da Universidade de Jahangirnagar, a proporção da erosão e a população afetada em Bangladesh no período de 1996 a 2000 (tabela 1).

TABELA 1: ÁREA E POPULAÇÃO AFETADA PELA EROSÃO LATERAL EM BANGLADESH

Anos	Erosão (hectares)	População afetada
1996	71,680,4	10.103.635
1997	7,756	173.090
1998	41,519	321.000
1999	227,755	899.275
2000	219,310	415.870

Fonte: ISLAM; RASHID (2011).

Na Índia, o processo de erosão em margens também é intenso e o problema para as populações é ainda maior, pois atualmente esse processo atinge um contingente muito elevado de pessoas. No leste do país, a erosão do rio Ganga tem causado impactos de diversas ordens sobre a população local (THAKUR, et al. 2011); no Brahmaputra, que é o quarto maior rio em termos de descarga média na foz, a ação erosiva tem sido significativa em ambas as margens, e no seu vale, em Assam, onde vivem cerca de 15 milhões de pessoas, as consequências têm ocorrido em grandes proporções (KOTOKY, et al. 2005).

No caso brasileiro, os estudos sobre erosão de margens também são recentes e somente a partir da década de 1990 o tema começou a despertar o interesse de pesquisadores nacionais. Sendo assim, o estudo realizado por Fernandez (1990) que objetivou realizar um acompanhamento histórico das mudanças no canal do rio Paraná, assim como os processos de erosão de margem associados, teve o mérito de ser um dos estudos pioneiros e o primeiro a empregar técnicas de monitoramento sistemático em rios tropicais.

Apesar da contínua produção dos últimos anos, a literatura nacional ainda é escassa, porém os trabalhos realizados até então oferecem importantes contribuições. Tendo a sua maioria sido desenvolvido no âmbito de programas de pós-graduação, parte desses trabalhos voltam-se, principalmente, a estudar casos onde o impacto da ação humana por meio de obras de engenharia intensificam o processo. A esse respeito, têm-se os trabalhos realizados por Fernandez (1995), que avaliou o processo de erosão marginal no lago da UHE de Itaipu (PR); Cunha (1995) que analisou o impacto da engenharia na retificação do rio São João (RJ); e Fontes (2002) que realizou um estudo de caso sobre a erosão marginal no baixo curso do rio São Francisco, avaliando os impactos resultantes da construção e operação das barragens da Companhia Hidroelétrica do São Francisco.

No cenário nacional aparecem ainda como referência os trabalhos de Mota (2001) acerca da avaliação da erosão marginal e transporte de sedimentos da sub-bacia do Riacho Fundo (DF); Moraes (2006) que estudou os processos geomorfológicos e suas implicações ambientais na planície aluvial do médio rio Araguaia; Souza (2004) que avaliou a dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã (MT); e o trabalho realizado por Coelho (2007) que abordou as principais alterações hidrogeomorfológicas no médio e baixo curso do rio Doce (ES).

A Amazônia brasileira, embora abrigue em seu interior uma rede de drenagem que possui intensa dinâmica, poucos trabalhos sistematizados foram desenvolvidos até então. O tema aparece com mais frequência na literatura não especializada como em lendas¹⁴ e toadas de boi-bumbá¹⁵. É citado ainda em relatos de naturalistas, viajantes e cronistas como Euclides da Cunha (2003), Spix e Martius (1981) e Bates (1979 [1848]). Este último ao passar pelas proximidades onde hoje encontra-se o limite entre os municípios de Parintins e Uruará descreveu a seguinte cena.

Atravessamos o rio naquele ponto e penetramos num estreito canal que avança pelo interior da Ilha Tupinambarana e vai dar numa série de lagoas denominadas Lagos de Cararaucu. Uma furiosa corrente solapava as margens, arrancando nacos da terra solta dos barrancos e deixando o rio coalhado de detritos da floresta [...] (BATES, 1979, p. 121).

Até o fim da década de 1990, destacam-se trabalhos que não tinham por objetivo principal estudar o processo de erosão de margem, porém suas contribuições exerceram grande influência nos estudos desenvolvidos posteriormente. A esse respeito, têm-se as obras de Monteiro (1964); Meis (1968); Tricart (1977); Sioli (1985); e Sternberg (1998).

No final da década de 1990 e a partir de 2000 o interesse sobre a temática é ampliado por meio de trabalhos desenvolvidos em nível de pós-graduação. Entre estes destacam-se os estudos realizados por Lima (1998) que se dedicou a estudar a natureza dos movimentos de massa no rio Acre; Rozo (2004) que analisou a evolução holocênica do rio Amazonas entre a Ilha do Careiro e a foz do rio Madeira;

¹⁴ Em “Lembranças e curiosidades do vale do Amazonas”, o Cônego Francisco Bernardino de Sousa relata a lenda do Sapucaia-Oroca que versa sobre uma pequena povoação Mura que habitava as barrancas do rio Madeira e que sucumbiu diante de um tremor súbito de terra (p. 261).

¹⁵ [...] As barrancas de terras caídas, faz barrento o nosso rio-mar [...]. Composição: Brulino Lima.

Carvalho (2006) que estudou as terras caídas e suas implicações sociais na costa do Miracauera; Carneiro (2009) que buscou compreender a morfodinâmica fluvial do rio Solimões, no trecho que vai de Tabatinga a Benjamin Constant (AM); e Freitas (2009) que fez uma análise multitemporal das terras caídas no rio Solimões, município de Coari (AM). Mais recentemente, Magalhães (2011) estudou as características físicas, químicas, mineralógicas e hidráulicas do solo e sua susceptibilidade ao processo de terras caídas no rio Solimões em Iranduba (AM); e Carvalho (2012) que defendeu a primeira tese sobre o fenômeno das terras caídas e suas implicações para os moradores das margens do rio Amazonas.

Embora nas duas últimas décadas os estudos relacionados à erosão de margens nos rios da bacia Amazônica tenham apresentado relativa crescente, principalmente a partir da publicação de inúmeros artigos científicos, o problema atingindo às cidades ribeirinhas tem sido negligenciado pelos pesquisadores locais, o que não faz disso uma novidade para o poder público e para a comunidade acadêmica, pois os meios de comunicação e órgãos de pesquisa como a Companhia de Pesquisas e Recursos Naturais – CPRM têm contribuído para divulgar diferentes situações de risco que se verificam nesses núcleos urbanos.

3. Fatores causadores da erosão de margem

Os diferentes estudos sobre erosão de margem revelam que a ação desse fenômeno está relacionado a múltiplas causas que vão desde processos simples a outros mais complexos que, manifestando-se de acordo com variáveis associadas as características dos canais e condições regionais do ambiente, contribuem tanto para o recuo linear das margens, quanto para o aumento da carga suspensa e de fundo, resultando em alguns casos em diversos problemas sociais.

De acordo com Fontes (2002) a erosão de margem ao ser abordada de forma superficial, pode parecer em um primeiro momento um fenômeno simples, mas na realidade chega a envolver, na maior parte dos casos, vários agentes, fatores e processos. Observa ainda que a literatura internacional mostra que poucos avanços foram alcançados no sentido de quantificar suas causas específicas, sejam elas de origem natural ou induzidas pelo homem.

Thorne e Tovey (1981) apontam que no estudo da erosão de margem muitos mecanismos são possíveis e a possibilidade da ocorrência de qualquer um dos

processos de falha ou colapso de massa depende da granulometria dos sedimentos; tamanho, geometria e estrutura da margem; propriedades mecânicas do material; características hidrodinâmicas do fluxo nas adjacências da margem; e das condições climáticas do ambiente.

Ritter, Kochel e Miller (2002) observaram a partir de um grande número de estudos que a erosão de margem raramente resulta de um único processo, e que na verdade chega a envolver uma ação conjunta de diversos fatores causadores. Em termos gerais, os autores apontam que o fenômeno está relacionado a dois tipos de processos: o arraste fluvial que ocorre por meio da ação corrosiva da água corrente e que manifesta-se, principalmente, sobre os sedimentos não coesos; e o enfraquecimento do material das margens, que atua em função das condições climáticas, umidade e propriedades mecânicas do solo.

No estudo da dinâmica fluvial considera-se que a erosão de margem, além de ocorrer de forma conjunta, vai processar-se por meio de uma contínua e complexa rede de interações entre seus principais agentes. Considera-se ainda que em alguns casos possa ocorrer que um dos fatores passe a desempenhar papel fundamental entre os demais mecanismos.

Em estudos realizados tanto em cursos naturais quanto em reservatórios decorrentes da interceptação do fluxo por barragens, nota-se que as condições do ambiente e a própria atuação humana favorecem diferentes conclusões acerca dos fatores causadores. Com base no exposto, têm-se abaixo três exemplos de trabalhos desenvolvidos em regiões brasileiras que apresentam diferenças quanto as suas características fluviais, onde certos fatores causadores vão assemelhar-se, porém outros, além de serem específicos da localidade, irão proporcionar maior capacidade de remoção e/ou desagregação das margens:

Fernandez (1995) estudando a erosão nas margens do reservatório da usina hidrelétrica de Itaipu (PR) identificou, dentre outros fatores, que a ação abrasiva das ondas provocadas pelo vento atua como principal responsável pelos processos de corrosão na base dos barrancos, ocasionando assim, o solapamento das margens em diferentes escalas.

Souza (2004), por sua vez, considerou que a magnitude da erosão nas margens do rio Paraguai está associada aos seguintes fatores: composição do material das margens, características hidrodinâmicas do fluxo; morfologia da margem; e as características ambientais.

Carvalho (2012) em estudo realizado no rio Amazonas, aponta que a dinâmica erosiva nas margens desse rio resulta, principalmente, do intenso volume de água e a forma turbulenta com que as correntes se deslocam no canal, e dentre outros fatores apontados, menciona ainda que na região amazônica, devido o controle estrutural dos rios, a neotectônica também exerce influência, sendo este um fator observado apenas nos estudos desenvolvidos nessa região.

No rio Amazonas, assim como em seus afluentes de água branca, o processo de erosão das margens, conhecido popularmente na região por *terras caídas*, verifica-se em trechos margeados por depósitos holocênicos e em depósitos mais antigos das formações Alter do Chão (Cretáceo/Terciário), Solimões (Neógeno) e Içá (Plio/Pleistocênico), variando apenas a escala de grandeza em relação à proporção dos escorregamentos e/ou deslizamentos. A geometria das margens desse rio em determinados trechos possui formato de falésia fluvial¹⁶, sendo altas e íngremes devido aos efeitos do solapamento, chegando a atingir 45° e até 90° o ângulo de sua declividade.

Pelas suas características e dimensões, a erosão lateral desse rio apresenta-se de forma complexa e chega a deslocar faixas quilométricas da margem em um curto espaço de tempo (figura 6). Devido essas condições, a literatura regional também apresenta diferentes posições quanto as suas causas.

¹⁶ O termo falésia fluvial foi consagrado na literatura acadêmica por Pierre Gourou (1946), em “Observações geográficas na Amazônia”. É um conceito litorâneo adaptado para a Amazônia para designar feições marginais escarpadas.

Figura 6: Erosão lateral em talude fluvial holocênico do rio Amazonas.



Foto: NASCIMENTO, D. G. 2015.

Meis (1968) realizando estudos no médio Amazonas em uma excursão via fluvial que percorreu as cidades de Manacapuru, Borba, Faro e Santarém, observou a ocorrência de deslizamentos nas barrancas dos canais dos rios de águas brancas e nas encostas de lagos de águas pretas represados contra a “terra firme”. Durante a expedição, a autora identificou que esses processos estão associados à ação das vagas do rio, pois as “costas” onde o solapamento se faz sentir com maior intensidade coincidem com os trechos do rio que, por sua direção, são atingidos pelo “vento geral”, ou seja, pelos alísios que penetram no vale em sentido oposto ao da corrente do Amazonas. No decorrer das expedições de campo pelos rios Amazônicos observou ainda que:

A erosão lateral é mais vigorosa nos locais onde o canal atinge larguras consideráveis e, conseqüentemente, oferece maior superfície de atrito às correntes atmosféricas. A navegação torna-se difícil nestes trechos de alta turbulência e a ocupação das margens diminui consideravelmente em densidade. Ocorrem fortes vagas, conhecidas regionalmente como “banzeiros” (MEIS, 1968, p. 17).

Assim, os deslocamentos laterais do Amazonas fazem com que sua ação erosiva atinja as várzeas e níveis da terra firme, sendo que as baixas barrancas formadas pelos terrenos argilosos da várzea alta sofrem geralmente deslocamento ao longo de um plano de cisalhamento próximo à vertical.

Mesmo buscando formular interpretações acerca do fenômeno observado nas margens dos rios, a autora reconhece que esse processo necessita de estudos mais aprofundados, porém reconhece que estes resultam da mecânica de dois conjuntos de força: a força de cisalhamento ligada à dinâmica do curso d'água e a resistência oferecida pelos materiais das margens. Essa resistência, por sua vez, é função das propriedades físico-químicas do material constituinte das barrancas e do grau de encharcamento que apresenta (MEIS, 1968).

Por outro lado, Tricart (1977), estudando os tipos de planícies aluviais e de leitos fluviais na Amazônia brasileira, associou as terras caídas às fortes variações de descarga durante a subida das águas, o que acaba favorecendo o processo de solapamento basal nas margens côncavas. Considera ainda os efeitos da pressão hidrostática sobre os depósitos das margens holocênicas, onde a água infiltrada e retida no pacote sedimentar compromete os constituintes do solo, favorecendo a instabilidade do material e a posterior quebra do equilíbrio que se verifica por meio de escorregamentos e demais processos atuantes no recuo das margens.

Sioli (1985) em breve passagem, considera o fenômeno como resultado da ausência de estabilidade do material das margens dos rios de água branca, pois oferecendo pouca resistência, o caudal estará constantemente a remodelar o seu leito. Observa ainda que a intensa erosão nos trechos côncavos dos rios podem assumir a forma das temíveis terras caídas.

Sternberg (1998) por sua vez, aponta que o principal responsável pela aluição dos barrancos e conseqüente recuo das margens é o aprofundamento do álveo (leito) que se dá por uma ação vortícosa¹⁷ gerada na ascensão de uma massa d'água. Na visão do autor, trata-se de um dos mais comuns, se bem que mais importante fenômeno da macroturbulência dos rios.

Durante esse processo, observa que o escavamento do fundo produzido pela cavitação modifica a seção transversal do leito, comprometendo assim a estabilidade da mesma. Por outro lado, o restabelecimento do equilíbrio se verifica mediante o deslocamento do material aluído em direção às depressões escavadas. De acordo com o autor, o prenúncio dos escorregamentos do terreno que tendem a ocorrer segundo planos côncavos, manifestam-se por meio de feixes de fissuras que

¹⁷ O aprofundamento do álveo por sucção vortícosa também recebe a denominação de ação de *kolks* (STERNBERG, 1998).

se estendem paralelos à margem e com maior ou menor violência, desencadeiam sucessivos deslocamentos de material para dentro do canal (figura 7).

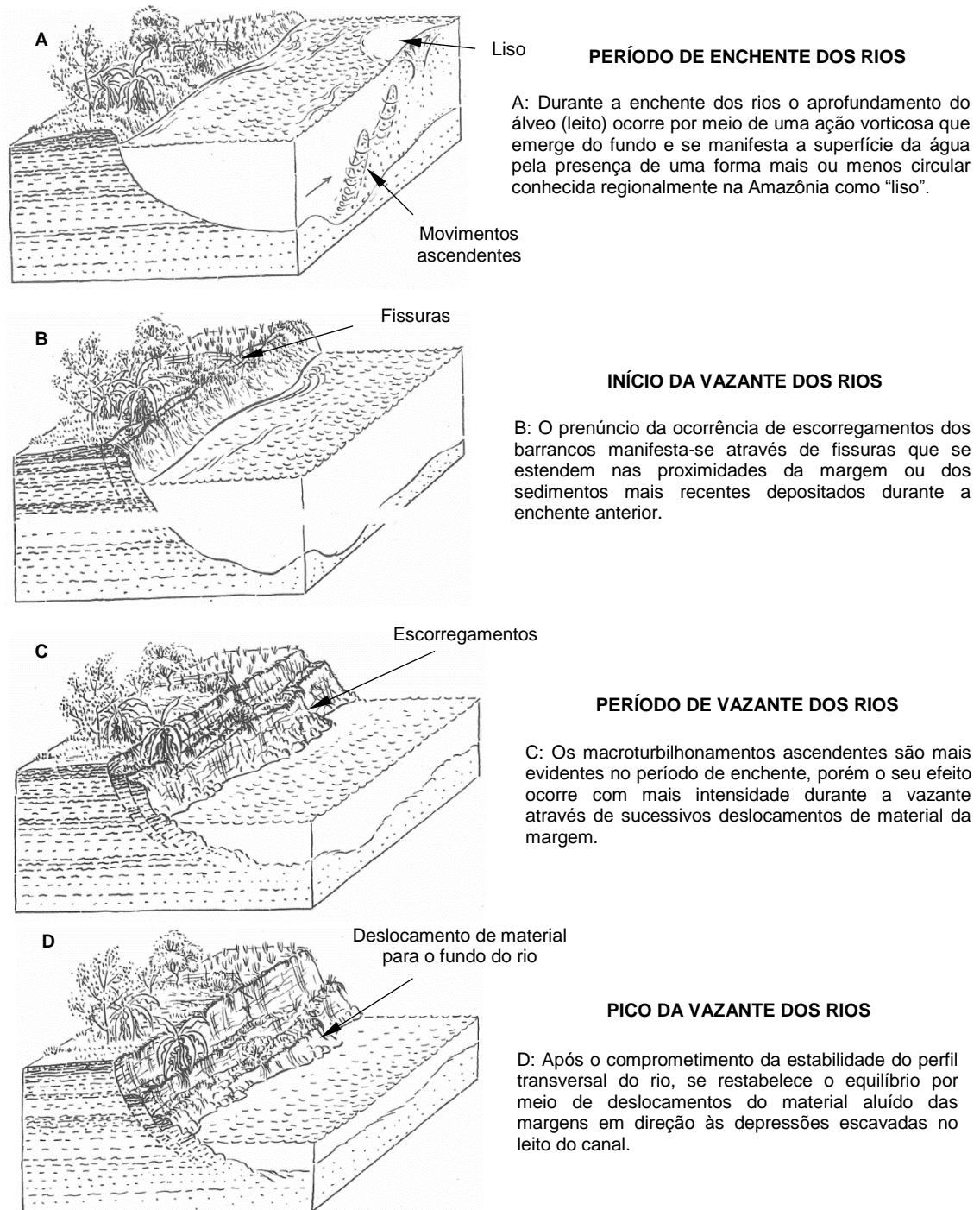
Figura 7: Feixe de fissura indicando a posterior ocorrência de escorregamentos.



Foto: MARQUES, R. O. 2015.

Segundo Sternberg (op. cit.) os deslocamentos turbilhonares ascensionais podem ser observados quando o movimento rotatório se dissipa na superfície do espelho d'água, onde chegam a apresentar forma quase circular. Enquanto que no entorno predomina o choque de correntes contrárias, em seu interior forma-se uma zona de calma conhecida como "liso" devido à ascensão da corrente (figura 8). Na Amazônia brasileira este fenômeno da macroturbulência dos rios, juntamente com outras manifestações vorticosas, recebe a denominação de "rebojo".

Figura 8: Interpretação apontada por STERNBERG, H. para o recuo das margens.



Fonte: STERNBERG (1998). Desenhos: Percy Lau.

As correntes turbilhonares ascendentes possuem ainda a capacidade de remover material do fundo do rio, geralmente partículas finas, e transportá-las até a superfície onde as mantém em suspensão até a diminuição da turbulência do fluxo. Sternberg (1998) observa que a ocorrência do macroturbilhonamento verifica-se, principalmente, quando as águas se encontram no período da enchente, porém, os

seus efeitos sobre a desagregação do material das margens ocorre frequentemente no período de vazante.

Mais recentemente em trabalhos sistematizados, Carvalho (2006, 2012) não deixando de considerar as contribuições de Meis (1968); Tricart (1977), Sioli (1985) e Sternberg (1998), propõe em seus estudos que o processo de erosão de margem vai ocorrer por meio da ação conjugada dos seguintes fatores: pressão hidrodinâmica; pressão hidrostática; neotectônica; fatores climáticos; composição do material das margens; e fatores humanos. Abaixo considera-se as principais características desses fatores:

a) *Pressão hidrodinâmica*: é a pressão da água corrente imprimida pela velocidade e por uma descomunal descarga fluvial que varia de 90.000m³/s na vazante, a mais de 250.000m³/s na enchente. Além da pressão hidráulica, considera ainda a turbulência do fluxo que ocorre em determinados trechos do rio.

b) *Pressão hidrostática*: é a pressão da água retida na planície de inundação (holocênica) e nos terraços fluviais (pleistocênicos). A retenção de água de transbordamento no pacote sedimentar desempenha papel importante no processo erosivo. A importância dessa pressão acontece devido a sua imensa área de transbordamento, cuja planície é formada por uma complexa rede flúvio-lacustre com grande capacidade de retenção de água na superfície e no seu interior.

c) *Neotectônica*: a interpretação mais recente sobre a depressão amazônica é que os aspectos fisiográficos dos rios, suas anomalias de drenagem, a formação das ilhas, o processo de deposição dos sedimentos na bacia e a erosão acelerada do rio Amazonas são processos influenciados pela neotectônica.

d) *Fatores climáticos*: a chuva desempenha um papel importante no processo de erosão nas margens do rio Amazonas. Observações mostram que quanto maior e mais concentradas forem as chuvas, maior é o desmonte do material das margens, principalmente onde o material depositado é composto predominantemente de areia solta. O vento também desempenha um papel importante no processo de erosão das margens ao produzir ondas de altura e intensidade elevadas, que, solapando continuamente as margens provoca o abatimento do pacote sedimentar.

e) *Composição do material das margens*: a composição do material depositado na planície de inundação dos rios de água branca é constituída basicamente por areia, silte e argila inconsolidada, oferecendo pouca resistência. A

composição do material que se encontra nas margens de um rio é um elemento importante no processo de erosão, pois de certa forma, a competência do rio em retirar material depende muito do tipo e do grau de coesão do material que constituem as mesmas.

f) *Fatores humanos*: a erosão das margens do rio Amazonas é um processo natural de ajuste do canal, no entanto, a participação humana como um fator antrópico é recente. Aponta-se duas situações em que o homem, ainda que em escala diminuta, vem contribuindo com a erosão das margens: o desmatamento das margens do rio Amazonas e os banzeiros provocados por embarcações que, cada vez mais numerosas e mais potentes, estão deslocando um volume de água cada vez maior e com mais intensidade, e com isso aumentando o solapamento e a erosão das margens.

Em interpretações realizadas no Alto rio Solimões, Carneiro (2009) observou que a dinâmica fluvial associada ao processo de erosão e deposição, resulta da interação da natureza inconsolidada do embasamento por onde o rio flui, composto por sedimentos pouco consolidados, arenosos, areno-siltosos e areno-argilosos (Formação Solimões) e totalmente inconsolidados (Sedimentos Aluvionares) que interagem com uma vazão específica de 34 a 50 $l.s^{-1}.km^2$ (litros por segundo por km^2), justificando a capacidade de modificação do canal em curto espaço de tempo, o que caracteriza este ambiente como extremamente frágil e susceptível aos processos fluviais.

No Médio rio Solimões, Freitas (2009), concluiu que a fragilidade do tipo do material das margens acaba produzindo as saliências que se projetam sobre os sedimentos coesos e friáveis. Considera ainda que a erosão das margens raramente resulta de um único processo, mas de uma correlação de fatores controladores que, dependendo do grau de ocorrência, poderá gerar consequências de grande ou pequena magnitude no ambiente como também às comunidades ribeirinhas.

Ampliando a escala de observação, nota-se que na Amazônia o regime climático possui certa influência na ocorrência e distribuição das terras caídas ao longo do ano. Por apresentar essas condições, Igreja; Carvalho; Franzinelli (2010, p. 135-136) comentam que:

Sobretudo no mês de março, quando se verifica a maior potência (líquida) do ciclo hidrológico na Amazônia, crescendo-se à progressiva eliminação da floresta equatorial, intensificam-se os processos cíclicos das terras

caídas. Assim, em março e abril essencialmente ocorrem terras caídas cíclicas pluviais, outubro/ novembro e junho terras caídas cíclicas de seca e de enchente respectivamente. Para os demais meses – terras caídas acíclicas – os fatores climáticos não são tão importantes quanto os hidrológicos (erosão fluvial), litológicos, neotectônicos e antropogênicos, embora eventualmente uma chuva torrencial possa constituir-se na causa principal (inclusive urbana).

Para os autores o processo de terras caídas na região Amazônica se apresenta como um fenômeno bastante complexo, cujas causas podem variar, havendo situações em que aparentemente ocorre “somente” a participação de fatores hidrodinâmicos nos deslocamentos de massa, já em outros, pode-se notar a influência da neotectônica, com desmonte de material ao longo de falhamentos ativos. Por sua vez, não são raros os seguimentos fluviais onde a pressão hidrostática juntamente com o refluxo subterrâneo pós-enchente desmonta grandes áreas da planície de inundação.

Pelo exposto, verifica-se que o processo de erosão de margem nos mais diversos ambientes fluviais se dá de forma conjunta, e no caso do rio Amazonas, pela sua intensa dinâmica fluvial, o fenômeno além de complexo, torna-se acelerado à medida que as ações humanas como a ação das embarcações e o desmatamento das margens intervêm cada vez mais sobre os seus mecanismos. Contribuindo de forma significativa no recuo linear das margens, esse fenômeno tem causado inúmeros problemas sociais aos moradores ribeirinhos, chegando em alguns casos a ocorrer perdas humanas.

Dentre a pluralidade de interações existentes no sistema fluvial, a erosão das margens, na escala amazônica, é um dos problemas que historicamente sempre preocupou a população ribeirinha, pois, deriva de inúmeros fatores e estes atuam em diferentes escalas de intensidade, necessitando, portanto, de novas abordagens e estudos em diferentes situações, incluindo áreas urbanas atingidas.

CAPÍTULO 2: CONTEXTO FLUVIAL E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

1. Origem e evolução da bacia hidrográfica Amazônica

A Amazônia enquanto região natural possui uma rede de drenagem composta por rios, lagos, furos, igarapés e paranás. É o maior e um dos mais complexos e dinâmicos sistemas fluviais do planeta, destacando-se não apenas por possuir o maior e mais imponente rio do mundo, o Amazonas, mas também pela sua importância como recurso natural e uso pelas populações ribeirinhas. Interpretações atuais apontam que o sistema fluvial amazônico é marcado, principalmente, por fatores estruturais, tectônicos, oscilações climáticas e pelas flutuações do nível de base oceânico. Assim, a ideia que predomina é de que tais fatores desempenharam papel fundamental na geomorfogênese e na configuração dos vales atuais.

Para o entendimento do atual sistema fluvial amazônico, faz-se necessário retomar, mesmo que de forma breve, alguns dos principais eventos geológicos ocorridos nos últimos 200 milhões de anos, pois a origem e o processo de evolução da bacia Amazônica estão associados, principalmente, aos movimentos continentais que condicionaram à Orogenia Andina e as mudanças climáticas, sobretudo as oscilações de nível dos oceanos ocorridas durante o Quaternário.

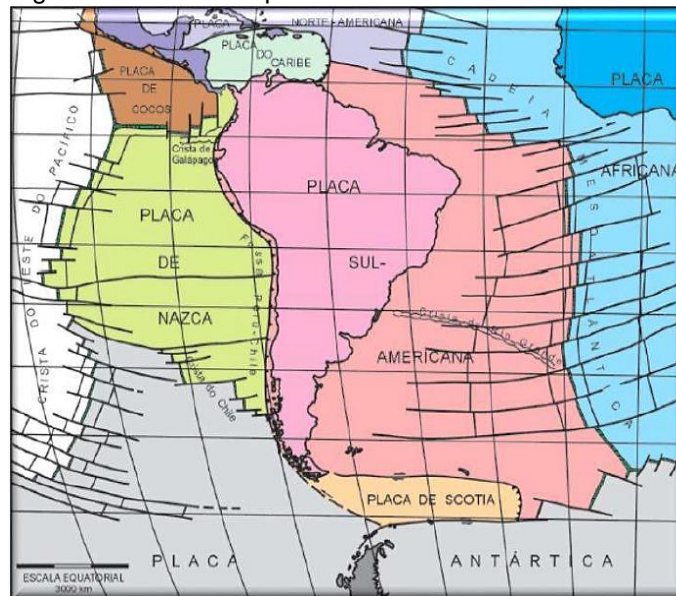
Alecrim et al. (2002) afirmam existir fortes evidências de que o mais recente episódio global de movimento continental tenha sido iniciado há aproximadamente 200 milhões de anos com o fraturamento e a posterior separação do supercontinente Pangea¹⁸. Por sua vez, Geraldés (2007) destaca que o Pangea teria se formado assim como outras massas continentais (Rodínia, Gondwana, Laurentia, etc.), ainda no pré-cambriano, em decorrência de colisões anteriores.

Para Miranda (2007), antes da separação do Pangea, o rio Amazonas deslocava-se de leste para oeste em direção ao oceano Pantalássico, na atual direção em que hoje encontra-se o oceano Pacífico, porém, com o movimento da placa Sul-Americana para oeste em direção à placa de Nazca (figura 9), surge o

¹⁸ Nome proposto pelo cientista alemão Alfred Wegener, onde Pan significa “todo”, e Gea “terra”. Este autor considerou que a fragmentação do Pangea teria iniciado há cerca de 230 milhões de anos, durante o Triássico e teria prosseguido até os dias atuais. O Pangea teria se fragmentado em dois continentes, sendo o setentrional chamado de Laurásia e o austral de Gondwana.

oceano Atlântico e, posteriormente, a colisão entre as duas placas fez surgir a Cordilheira dos Andes.

Figura 9: Limites das placas Sul-americana e Nazca.



Fonte: SCHOBENHAUS; NEVES (2003).

Rozo (2004) aponta que o soergimento da Cordilheira do Andes teve seu início no final do Cretáceo, estendendo-se por todo o terciário e início do Quaternário, causando, principalmente, no noroeste da Amazônia, mudanças significativas referentes às suas condições climáticas, padrões de drenagem, proveniência de sedimentos, direção de transporte e paleoambientes. O autor acrescenta ainda que pelo menos quatro fases evolutivas se procederam até o novo estabelecimento do curso do rio Amazonas em direção ao Atlântico:

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 Sanzama que alcançava o golfo de Guayaquil, com cabeceiras na região do Arco do Purus; o interflúvio direcionava o antigo Amazonas para leste. Nesta fase o geossinclinal andino começava seu soergimento.

2° Neo-Oligoceno e início do Meso-Mioceno: a Cordilheira Central (Andes colombianos) balizava um sistema fluvial com migração para o leste. Porções da Cordilheira Oriental começavam seu soergimento. Simultaneamente, as drenagens desenvolvidas sobre as bacias intracratônicas do Solimões-Amazonas, à leste, apresentavam baixa sinuosidade com direções de transporte para noroeste, com o

Escudo das Guianas como principal fonte de sedimentos. Esta drenagem formava os afluentes do antigo sistema do rio Orinoco, com seu curso direcionado para norte, e configurava um delta no atual lago de Maracaibo.

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

4° Entre o Neo-Mioceno e o Holoceno: a parte oriental da cadeia montanhosa e os Andes venezuelanos foram ainda mais soerguidos e nas depressões marinhas do Caribe foram depositadas sucessivas camadas de sedimentos pós-orogênicos. Dessa forma, a conexão do Amazonas com o Caribe foi fechada pelos soerguimentos finais e relativa queda do nível do mar. Assim, o sistema fluvial amazônico estava estabelecido com uma nova configuração, desta vez com migração para o Atlântico.

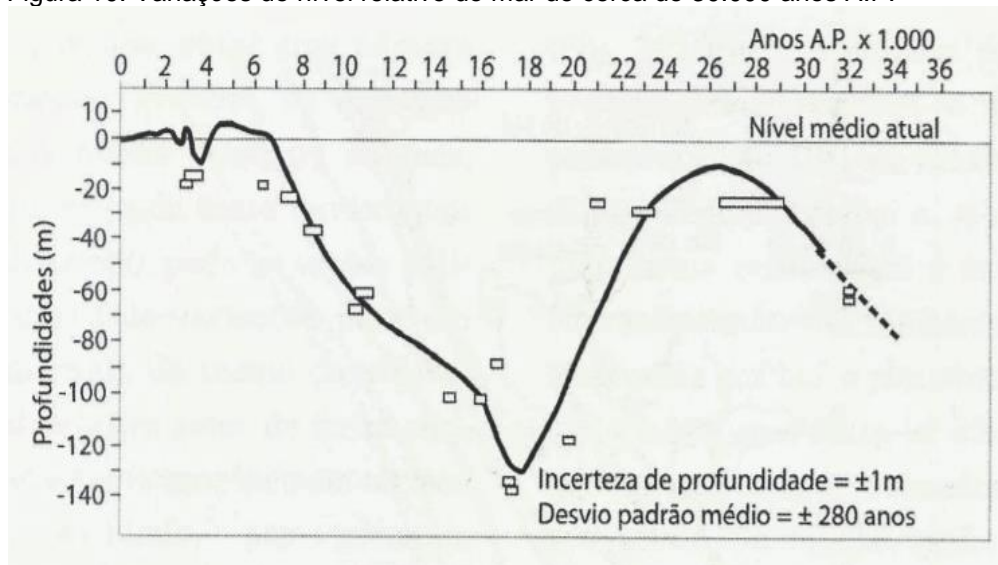
Mesmo tendo definido seu curso para o Atlântico, o sistema de drenagem da bacia Amazônica continuou a sofrer alterações em função das mudanças climáticas que ocorreram no início do Quaternário. Em decorrência da variação do clima em nível global nos hemisférios norte e sul, os oceanos e mares sofreram ampla variação de nível ao longo dos glaciais e interglaciais.

Tricart (1977) aponta que as oscilações do nível oceânico são de grande importância para o entendimento da atual configuração do sistema fluvial do rio Amazonas e de seus afluentes em virtude da combinação de três fatores principais: a grande extensão ao longo dos cursos d'água das formações neógenas que foram facilmente entalhadas; os débitos elevados dos cursos d'água; e o fraco declive do curso médio e inferior da bacia.

Assim, durante as glaciações os oceanos e mares sofreram diminuição do seu volume em decorrência da formação de grandes depósitos de gelo nas altas latitudes do norte e do sul, fazendo com que o nível dos mesmos ficasse dezenas de metros abaixo do atual. O recuo do mar e o efeito da gravidade fez com que o rio Amazonas passasse a erodir e encaixar seu leito, operando erosão regressiva nos terraços da "terra firme", e favorecendo o aumento do gradiente ao longo do perfil longitudinal.

Há cerca de 18 mil anos durante o Último Máximo Glacial (figura 10), a quantidade de gelo retida sobre os continentes perfazia 5 a 6% da água total da Terra, isto é, mais de o dobro da quantidade atual que é de cerca de 2%. Conseqüentemente os níveis dos oceanos, em escala global, encontrava-se 80 a 130 metros abaixo do atual e porções mais rasas do fundo oceânico, denominadas atualmente de Plataforma Continental estavam quase totalmente emersas, pois a sua profundidade média é de 130 metros (SUGUIO, 2010).

Figura 10: Variações do nível relativo do mar de cerca de 30.000 anos A.P.



Fonte: SUGUIO (2010).

Nos interglaciais o aumento da temperatura da Terra e a elevação do nível dos oceanos e mares fez com que o processo fosse inverso. Sobre essas condições, ocorreu a diminuição da velocidade dos rios e o afogamento das bacias exorréicas que passaram a encher seus vales afogados com seus próprios sedimentos, elevando, assim, seu nível de base e aumentando sua área de transbordamento.

Junk (1983) menciona que estes processos se realizaram em dependência da carga de sedimentos de cada rio em velocidades diferentes. Rios com baixas quantidades de sedimentos, como o Tapajós, Xingu e Negro, até hoje ainda não conseguiram colmatar completamente seus vales afogados. Por isso eles possuem nos seus cursos inferiores, largura e profundidade que não correspondem à quantidade de água transportada.

Por outro lado, rios que transportam elevada carga de sedimentos, como o Amazonas, Purus e Madeira, encheram os seus vales quase completamente. A largura e a profundidade de seus leitos correspondem à quantidade de água a ser transportada. Seus antigos leitos, erodidos no último glacial há cerca de 18 mil anos e colmatados há cerca de 15 mil anos, viraram planícies inundáveis, que somente durante as grandes enchentes são completamente inundadas (JUNK, op. cit.).

Nos dias atuais, é nessa unidade geomorfológica composta por solos com materiais de granulometria reduzida e de baixa coesão que os processos fluviais ocorrem com maior intensidade. Portanto, considera-se que dentre os processos fluviais, a erosão de margem e os processos deposicionais, dado a capacidade de transformação, contribuem de forma significativa com a atual evolução holocênica do rio Amazonas.

2. Os tipos de rios da Amazônia

Um dos principais aspectos do ambiente fluvial da bacia Amazônica são os diferentes tipos de rios. Sioli (1985), considerou que segundo a composição química, a cor e a origem, os rios podem ser classificados em rios de águas pretas, rios de águas claras e rios de águas brancas.

Os rios de águas pretas nascem no Planalto das Guianas e rios menores que nascem dentro da floresta na área deprimida da bacia, sendo rio Negro o principal representante. Os locais por onde drena são menos propícios a erosão, por esse motivo transportam poucas frações de material em suspensão. A coloração ocorre devido à presença de ácidos oriundos da decomposição de matéria orgânica e da formação geológica. Esses rios apresentam acidez em suas águas, com pH variando de 4 a 5, possuem perfil longitudinal acentuado no curso superior e médio, chegando a formar cachoeiras e corredeiras (JUNK, 1983). No curso inferior, possuem baixa declividade, e tem como característica principal a foz em forma de ria fluvial. Os principais representantes dos rios de água preta são os rios Negro, rio Preto da Eva e rio Urubu.

Os rios de água clara são cristalinos e caracterizam-se pela transparência e cor esverdeada de suas águas. Suas nascentes encontram-se nos sedimentos terciários da bacia Amazônica e nas elevações do Planalto Central Brasileiro, aos

quais, em virtude do relevo mais regular, possuem baixa capacidade de erosão (JUNK, op. cit.).

Sioli (1985), comenta que a localização de suas nascentes apresentam estações seca e chuvosa bem marcadas, o que favorece que esses rios só transportem quantidades apreciáveis de material em suspensão no período das chuvas, podendo, então, as profundidades limites de visibilidade reduzirem-se até cerca de 80 cm; já durante o longo período de estiagem, os referidos rios apresentam clareza cristalina e coloração verde clara. Os rios de água clara são maiores em extensão e volume que os de água preta e possuem pH com valores que variam de 4,5 a mais de 7 (JUNK, 1983). Seus principais representantes, os rios Tapajós e Xingu, nascem no cristalino antigo e deságuam em sedimentos da planície quaternária.

Os rios de água branca possuem suas nascentes nas elevações Andina e pré-andina, regiões geologicamente recentes que estão sujeitas a intenso processo erosivo, por esse motivo são rios que apresentam forte gradiente no curso superior e transportam ao longo do seu curso elevada carga detrítica e dissolvida em suspensão, atribuindo tonalidades amareladas, barrentas e turvas.

As elevações onde se encontram as nascentes desses rios são formadas em sua maior parte por sedimentos do Cretáceo, que são materiais relativamente ricos em sais minerais, fazendo com que a composição química da água seja quase neutra, com pH variando de 6,5 a 7 (JUNK, 1983).

Seus principais representantes, os rios Amazonas, Madeira, Purus e Juruá, possuem margens instáveis, particularmente quando são margeados por depósitos fluviais Holocênicos. O caudal desses rios, ao combinar volume e carga transportada, promove intensa migração lateral dos canais.

Embora todos os tipos de rios tenham importância, os rios de água branca se revestem de importância ainda maior, pois esses rios apresentam uma dinâmica fluvial superior aos demais rios. Por esse motivo, faz-se necessário caracterizar o regime hidrológico do rio Amazonas, em seu curso médio, e verificar a dinâmica e suas tendências próximo à área de estudo.

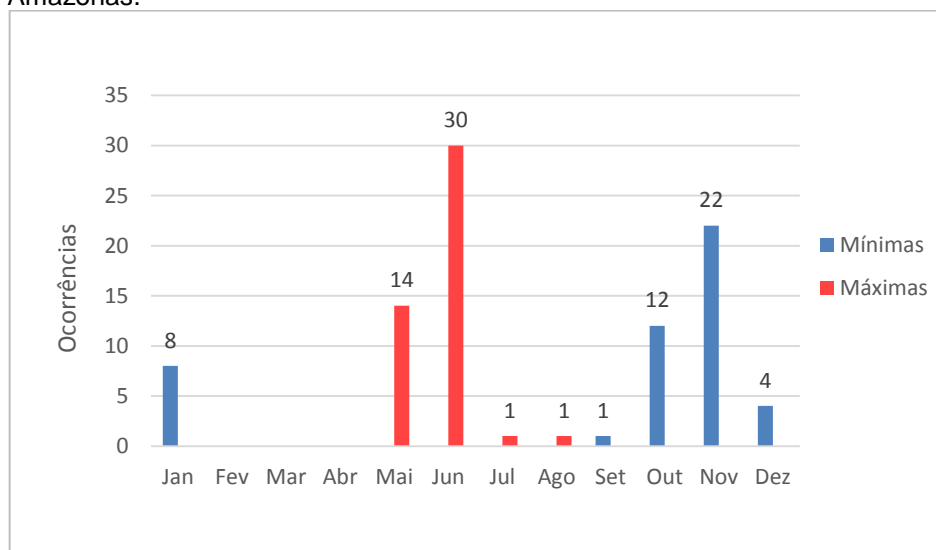
3. Regime hidrológico do médio rio Amazonas

O comportamento hidrológico do médio rio Amazonas foi considerado a partir de dados fluviométricos disponíveis pela Agência Nacional de Águas – ANA, cuja estação de monitoramento está localizada na cidade de Parintins. A série histórica dispõe de dados de cotas médias diárias entre 1967 e o primeiro semestre de 2016, que permitem verificar a distribuição mensal dos níveis máximos e mínimos anuais, como também realizar projeções sobre a ocorrência de grandes enchentes e vazantes na referida estação.

Os dados de vazão do rio Amazonas, assim como de material em suspensão, foram obtidos a partir das expedições realizadas pelo programa HiBAm – Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica, e foram utilizados para fins comparativos com os aspectos encontrados em outros rios da região.

Com relação à distribuição mensal de cotas máximas e mínimas, o rio Amazonas atingiu por 30 vezes o valor máximo anual de enchente no mês de junho, 14 vezes em maio e apenas em uma ocasião as cotas máximas foram registradas nos meses de julho e agosto. Com relação aos valores mínimos, 22 vazantes atingiram pico no mês de novembro, 12 em outubro, 8 em janeiro, 4 em dezembro e somente uma vez a mínima foi atingida em setembro (figura 11).

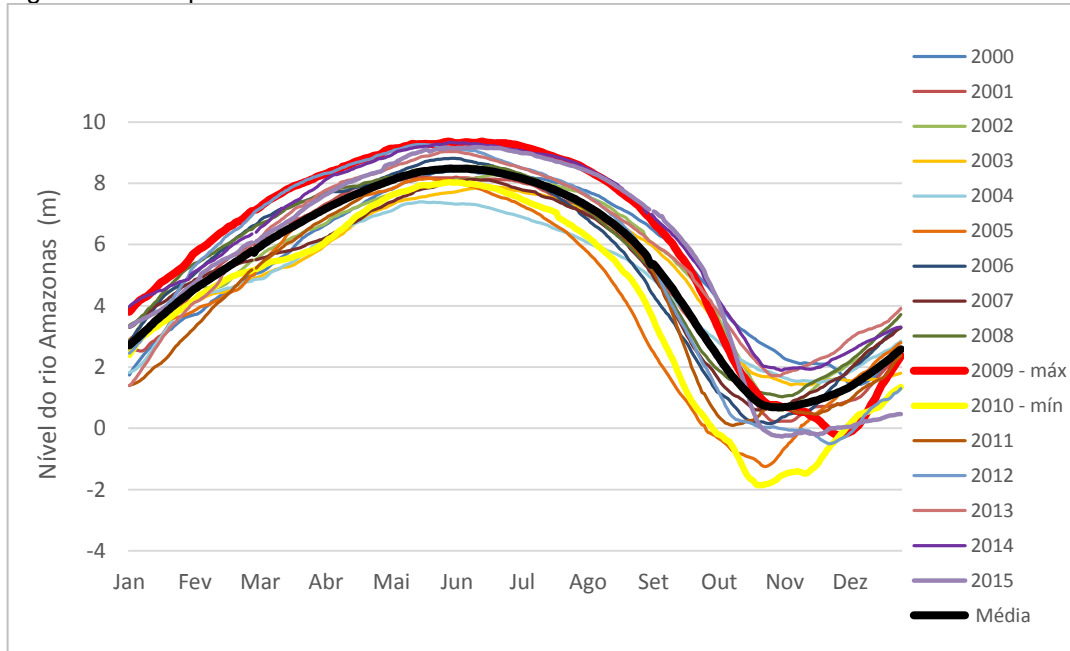
Figura 11: Ocorrências mensais de cotas máximas e mínimas do rio Amazonas.



Fonte: Agência Nacional de Águas (1967-2015). Org. MARQUES, R. O. 2017.

Desde o início do século, a frequência de enchentes e vazantes com níveis extremos têm sido constante e com intervalo de poucos anos entre um evento e outro. Durante os últimos 15 anos, as maiores cotas ocorreram nos anos de 2009, 2012, 2014 e 2015, todas ficando com nível acima dos 9m, enquanto que as menores atingiram valores negativos e ocorreram em 2005, 2012 e 2015 (figura 12).

Figura 12: Comportamento fluviométrico do rio Amazonas entre 2000 e 2015.

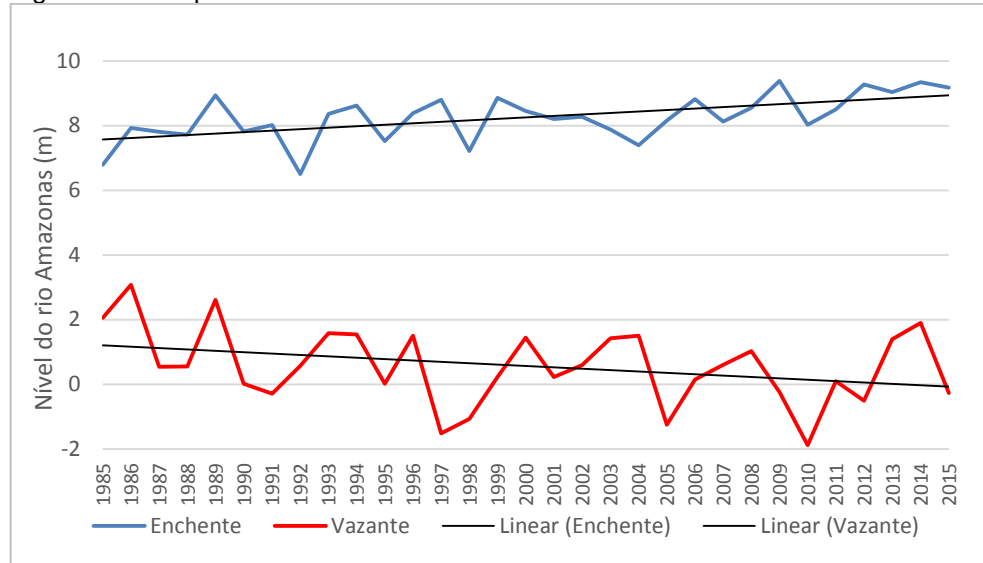


Fonte: Agência Nacional de Águas. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Os registros diários mostram que o rio Amazonas começa a subir em novembro/dezembro e vai até junho/julho. Já a vazante começa em julho/agosto e se estende 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.

O comportamento hidrológico dos últimos trinta anos projeta uma tendência crescente ao aumento de enchentes acima da cota dos 9 metros, característica observada nas duas últimas décadas. A linha de tendência mostra ainda um ligeiro aumento relacionado a ocorrência de vazantes (figura 13). Nos anos de 1997, 2005 e 2010, registrou-se as maiores vazantes dos últimos trinta anos, causando implicações não somente em Parintins, mas em vários municípios do Estado do Amazonas, dificultando a navegabilidade e deixando várias comunidades e vilas isoladas.

Figura 13: Comportamento das enchentes e vazantes e suas linhas de tendência.



Fonte: Agência Nacional de Águas (1985-2015). Org. MARQUES, R. O. 2017.

Com relação ao regime de vazão, o rio Amazonas, assim como outros rios de água branca, supera os valores apresentados pelos rios de água preta e clara. Medições de vazão realizadas pelo programa HiBAm - Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica, mostram que, dentre outros dados, o volume de água do rio Amazonas, mesmo no período de vazante, é bem superior as medidas de vazão dos demais rios da região (quadro 2).

QUADRO 2: DADOS DE VAZÃO E MATERIAL EM SUSPENSÃO EM RIOS AMAZÔNICOS.

Rio	Localidade	Data/ano Enchente	Vazão (m ³ /s) Enchente	Data/ano Vazante	Vazão (m ³ /s) Vazante	MES (mg/l) 12/2003
Solimões ¹	Manacapuru	17/05/2000	117.342	08/12/2003	75.285	167,5
Negro ²	Paricatuba	16/05/2000	45.709	09/12/2003	17.547	6,6
Madeira ¹	Foz	18/05/2000	33.450	11/12/2003	12.354	96,5
Amazonas ¹	Itacoatiara	03/06/2005	192.167	11/12/2003	107.845	87,0
Amazonas ¹	Parintins	17/06/2005	192.262	12/12/2003	107.393	81,7
Trombetas ²	Oriximiná	20/05/2000	17.447	13/12/2003	148	7,0
Amazonas ¹	Óbidos	21/05/2000	206.117	16/12/2003	117.916	98,1

1 – água branca; 2 – água preta. Medições de vazão realizadas em 05/2000, 12/2003 e 06/2005.

Fonte: HiBAm – Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Observa-se que mesmo durante a vazante, a descarga do rio Amazonas varia de 107.393 m³/s na estação de Parintins a até 117.916 m³/s na estação de Óbidos. Embora a contribuição dos afluentes seja importante nessa variação, os técnicos do HiBAm indicam que nesse mesmo período, os rios Negro e Madeira contribuem apenas em 26% da vazão total do rio Amazonas na estação de Óbidos.

O conjunto de dados sobre o comportamento hidrológico do rio Amazonas é importante, pois mostra que no período em que o mesmo atinge cotas máximas de enchente, aumenta simultaneamente sua vazão líquida e esse volume, associado a outros fatores do sistema fluvial, atua em conjunto no processo de erosão das margens que se verifica em grande parte do curso médio da bacia Amazônica.

4. A constante ameaça da erosão de margem à cidade de Parintins

Pelo censo demográfico realizado pelo IBGE em 2010, o município de Parintins possui uma população de 102.033 habitantes, sendo 69.890 residindo na área urbana e 32.143 na área rural. A densidade demográfica do município é de 17,14 habitantes/km² e na atualidade é a segunda maior cidade do Estado do Amazonas em termos populacionais, ficando atrás apenas da capital, Manaus.

A área de estudo na cidade de Parintins compreende uma extensão de aproximadamente 3,5 km na margem direita do rio Amazonas que vai do bairro São José (02°28'08" S e 56°45'24" W) ao bairro Santa Clara (02°37'31" S e 56°43'34" W). Este trecho engloba ainda os bairros São Benedito, Centro e Francesa que possuem áreas com propriedades, ruas e praças ameaçadas pela erosão de margem. Parte dessa extensão não possui muro de arrimo, o que a deixa mais vulnerável a ação dos agentes erosivos, principalmente a ação da correnteza e dos banzeiros produzidos pelo vento, oferecendo assim mais risco aos moradores, a circulação de veículos e aos pedestres.

Os locais da cidade mais atingidos pela erosão estão localizados nos bairros São Benedito, Centro e Santa Clara. Dentre estes, encontram-se em constante ameaça parte da rua Armando Prado, a área da praça do Comunas e adjacências da rua Caetano Prestes, uma propriedade a jusante do Porto da cidade, e toda a extensão da rua Portugal, única via de acesso ao matadouro frigorífico da cidade (figura 14).

Figura 14: Planta dos bairros situados na margem do rio Amazonas.



Fonte: IBGE, 2010; Imagens Google Earth, 2016. Org. MARQUES, R. O. 2017. A, B, C, D – Pontos críticos atingidos pela erosão lateral.

O que se tem observado ultimamente é que o Município e o Estado não têm disponibilizado recursos para se construir uma obra de contenção mais duradoura (figura 15). Para minimizar o problema, o governo tem utilizado medidas alternativas como a alocação de sacos de areia e cimento, tornando-o paliativo, pois não resistem por muitos anos a ação dos agentes erosivos.

Figura 15: Situação da frente da cidade em função da erosão lateral.



Foto: MARQUES, R. O. 2016. A – Área da praça do Comunas, B – Parte da rua Caetano Prestes, C – Propriedade ao lado do Porto da cidade, D - Rua Portugal.

Por conta do risco de novos desabamentos da estrutura do muro de arrimo, parte da orla da rua Caetano Prestes encontra-se interditada para embarcações. As ruas Cordovil e Senador Álvaro Maia que dão acesso à praça do Comunas também foram interditadas em setembro de 2015 pela Defesa Civil do município. A área foi restrita apenas para pedestres, enquanto que a passagem de veículos passou a ser impedida pelo isolamento de uma área de aproximadamente 200 metros.

Um trecho da rua Armando Prado, bairro São Benedito, próximo a Colônia dos Pescadores, também foi interditado em cerca de 150 metros, e assim como no local de interdição da rua Caetano Prestes, este foi violado para a passagem de veículos. As propriedades localizadas nesta rua, tiveram vários metros reduzidos

pela erosão e a rua Portugal que está localizada no bairro Santa Clara, teve que ser reconstruída alguns metros em relação à antiga via. A intensidade com que a erosão atinge a parte jusante da cidade, fez com que a referida rua voltasse novamente a ser ameaçada e os moradores precisaram se mudar para outros bairros da cidade.

Recentemente, o Serviço Geológico do Brasil, através da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais - CPRM, fez um levantamento sobre os riscos provocados pela erosão de margem na frente da cidade de Parintins. Os levantamentos com aproximadamente 20 recomendações de intervenções foram entregues à prefeitura do município em 2011. Uma das principais recomendações aponta que sejam construídos, urgente, muros de contenção nas áreas mais críticas com pilares de sustentação e fundações, respeitando o contorno natural dos taludes e o curso do rio. Em relatório os técnicos da CPRM, em caráter preventivo, recomendaram a retirada de moradores de alguns trechos mais críticos.

5. Aspectos geológicos

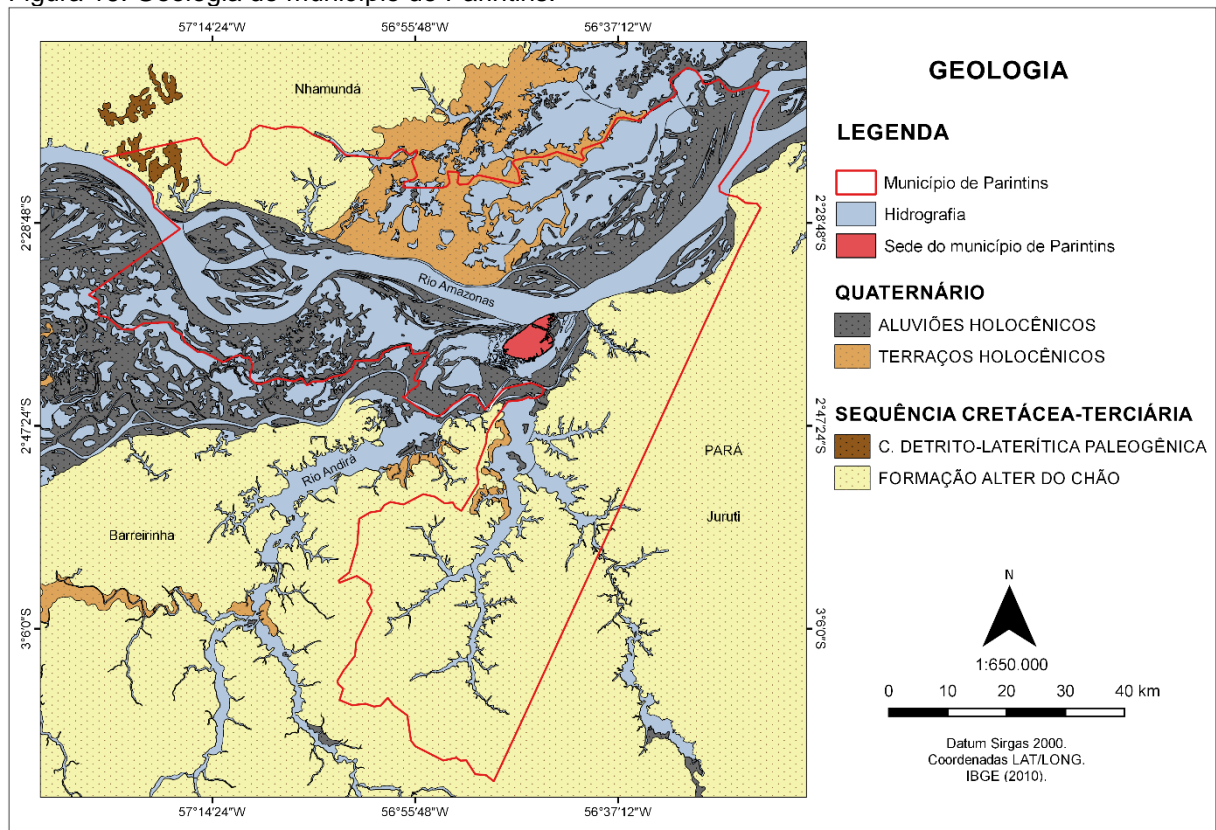
A bacia sedimentar amazônica é composta por uma subdivisão de bacias que delimitam-se por arcos estruturais. Sua área é subdividida em bacia do Acre, bacia do Solimões, bacia do Amazonas e bacia do Marajó.

O município de Parintins está inserido no contexto geológico da bacia Paleozoica do Amazonas, uma bacia intracratônica formada em uma depressão dentro da plataforma continental, com cerca de 500.000 km², na porção norte do Brasil. A bacia do Amazonas tem como limites os arcos de Purus (direção N-S) e Gurupá (direção NNW-SSE), respectivamente a oeste e leste, que a individualiza das bacias do Solimões e Marajó. Nela estão inseridas sequências sedimentares continentais, marinhas, marinhas rasas e fluviais, e rochas intrusivas, cujo ciclo de sedimentação encerrou-se no Cenozoico (SILVA, 2005).

A superfície da Bacia é composta em grande parte por duas unidades morfoestruturais que se destacam: a Formação Alter do Chão, de idade Cretácea/Terciária, representada por uma grande variedade de arenitos e argilitos, incluindo caulins; e os depósitos fluviais holocênicos do Quaternário, situados sobre essa formação e distribuídos ao longo da calha do rio Amazonas e de seus afluentes (EIRAS, et al. 1994).

Em Parintins, os Aluviões Holocênicos predominam as margens do rio Amazonas e de seus afluentes. A sede do município de Parintins é classificada como Formação Alter do Chão pelos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2013), embora, possivelmente, tenha características mais próximas de um terraço Plio/Pleistocênico. A partir das bases cartográficas do banco de dados do IBGE (2013), pode-se observar a extensão das formações Cretácea/Terciária e Quaternária no município (figura 16).

Figura 16: Geologia do município de Parintins.



Fonte: IBGE (2013). Org. MARQUES, R. O. 2017.

Com relação à neotectônica regional, Costa et al. (2008) mostraram que a região amazônica é composta principalmente por estruturas, sequências sedimentares, padrões de rede de drenagem e sistemas de relevo, cujas características vêm aos poucos sendo desvendadas. Analisando a calha do rio Amazonas, no trecho compreendido entre a confluência dos rios Negro e Solimões até a foz do rio Amazonas, os autores observaram que há registro de elementos estruturais e geomorfológicos que resultaram de movimentos tectônicos do Mioceno-Plioceno e do Quaternário.

De acordo com Costa et al. (op. cit.) na região onde encontra-se o município de Parintins ocorrem meso-estruturas com falhas de direção NE-SW compondo dois feixes que configuram um grande lineamento, o Lineamento Tupinambarana, e elas se ligam através de falhas normais de direção E-W; estas falhas formam um romboedro transtensivo que acolhe extensos depósitos do Quaternário, controla o traçado do rio Amazonas e encaixa o rio Madeira.

6. Aspectos geomorfológicos

O município de Parintins tem sua área como parte do Domínio Morfoclimático Amazônico das Terras Baixas (AB'SABER, 2003), com uma pequena área situada no Planalto da Amazônia Oriental e com maior parte de sua extensão na Planície do rio Amazonas (ROSS, 2004).

De acordo com Nascimento, Mauro e Garcia (1976), as unidades geomorfológicas contidas na folha SA-21-Santarém e compartimentada na folha SA-21-Z-A, que abrange o município de Parintins, compreende as seguintes compartimentações: Planície Amazônica, Planalto Dissecado Rio Trombetas - Rio Negro, e o Planalto Rebaixado da Amazônia.

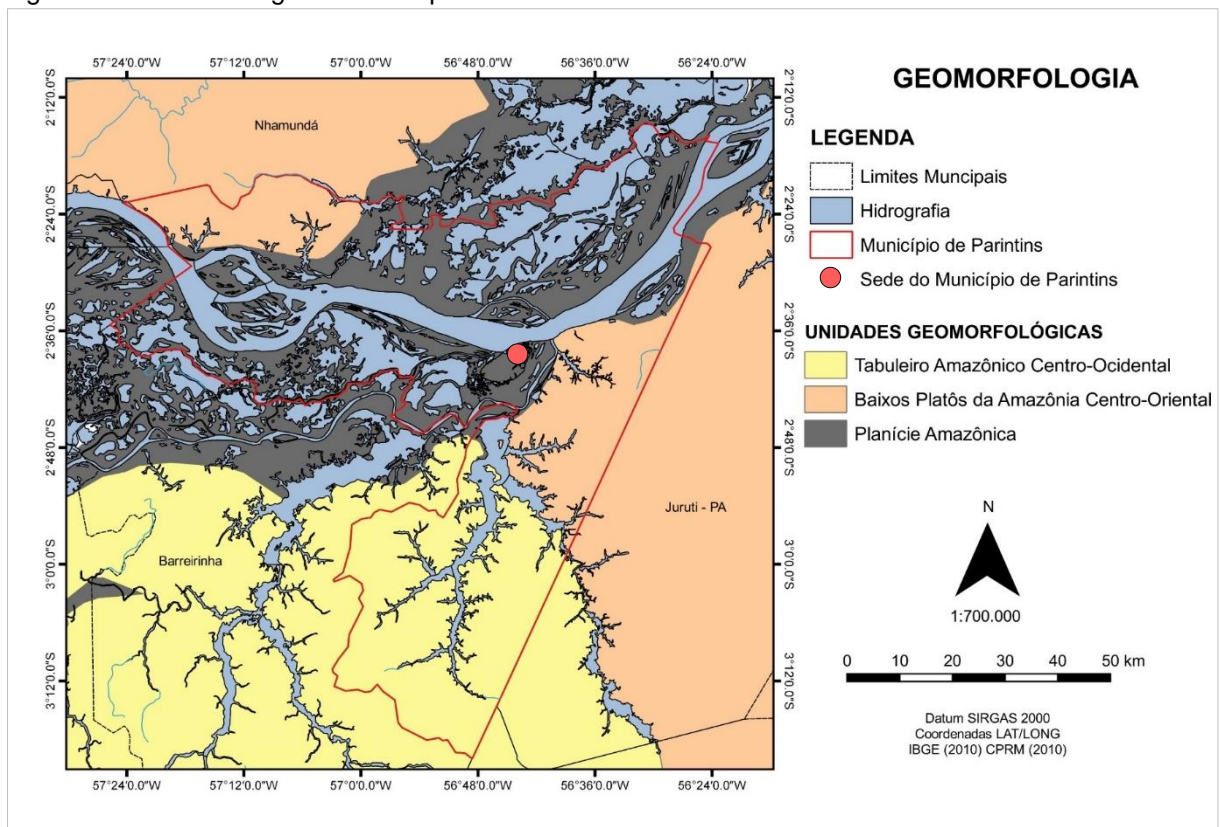
A Planície Amazônica constitui-se de uma área alongada que se estende na Folha SA-21-Z-Parintins no sentido E-W, tendo o rio Amazonas o seu principal eixo. A área urbana de Parintins encontra-se na parte limítrofe da Planície com outras unidades morfoestruturais mais elevadas altimetricamente, oferecendo maior segurança no período de enchente do rio Amazonas.

O Planalto Dissecado Rio Trombetas - Rio Negro, compreende o trecho que passa pelo baixo curso desses dois rios, e se estende pelo norte do município de Parintins até o Estado do Pará. As condições geomorfológicas dessa unidade, refletem a intensa atuação dos processos erosivos, resultando numa grande faixa de interflúvios com encostas ravinadas, interflúvios tabulares, interflúvios tabulares com drenagem densa, colinas e ravinas (NASCIMENTO; MAURO; GARCIA, 1976).

O Planalto Rebaixado da Amazônia estende-se pelos dois lados da Sinéclise do Amazonas com altimetria de aproximadamente 100m. O contato entre o Planalto Rebaixado da Amazônia e a Planície Amazônica ocorre eventualmente falha (NASCIMENTO; MAURO; GARCIA, op. cit.).

No estudo realizado pela Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais - CPRM (2010), sobre a Geodiversidade do Estado do Amazonas, o território foi compartimentado em nove domínios geomorfológicos. Destes, apenas três unidades encontram-se nos limites do município de Parintins: a Planície Amazônica e as duas unidades limites: ao norte, o Baixo Platô da Amazônia Centro-Oriental, e ao sul, o Tabuleiro da Amazônia Centro-Occidental (figura 17).

Figura 17: Geomorfologia do município de Parintins.



Fonte: CPRM (2010), IBGE (2010). Org. MARQUES, R. O. 2017.

Os Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental, recobertos por Mata de Terra Firme, ocupam expressivas extensões da porção oriental do Estado do Amazonas e são caracterizados por terrenos baixos (em cotas inferiores a 200 m), com solos espessos, pobres e bem drenados (em geral, Latossolos Amarelos). Em certas porções, os platôs, embasados por rochas sedimentares da Formação Alter do Chão, são dissecados em um relevo de colinas tabulares (CPRM, 2010).

Os Tabuleiros da Amazônia Centro-Occidental constituem o mais amplo domínio geomorfológico do Estado do Amazonas, ocupando mais da metade de sua superfície. Esse domínio é representado por extensos tabuleiros de baixa amplitude

de relevo (invariavelmente inferiores a 30 m). Frequentemente, são observados também cotovelos de drenagem e lagos gerados por antigas rias barradas pela sedimentação holocênica (CPRM, op. cit.).

A planície Amazônica é representada por planícies de inundação e terraços fluviais muito amplos, por vezes com dezenas de quilômetros de largura, que ocorrem ao longo dos principais canais.

Com base no critério hidrológico, Nascimento, Mauro e Garcia (1976) classificaram a planície quaternária do rio Amazonas em “planície fluvial alagada” e “planície inundável”. Assim, consideraram a várzea baixa como “planície fluvial alagada”, que em condições consideradas normais do regime hidrológico do rio Amazonas, começa a ser transbordada nos três primeiros meses do ano, enquanto que a várzea alta foi classificada como “planície inundável”, cujo transbordamento total pelas águas do rio só acontece durante as grandes enchentes.

A sede do município é localizada em um terraço fluvial mais elevado que a planície quaternária e possui forma alongada e topo plano (figura 18). Quanto à forma, é aceito que os terraços tenham sido entalhados pela erosão regressiva do rio Amazonas durante o rebaixamento do nível do mar no último glacial pleistocênico.

Figura 18: Vista parcial do terraço fluvial da cidade de Parintins.



Foto: Defesa Civil de Parintins, 2012.

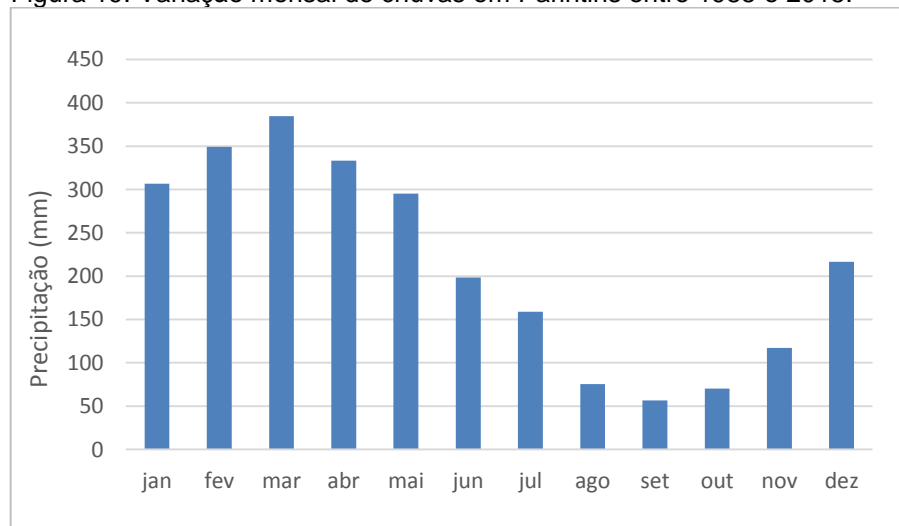
O terraço fluvial possui ainda uma crosta laterítica, com pelo menos dois metros de espessura observada próximo à base. Esse estrato laterítico se estende em alguns trechos abaixo da superfície do rio Amazonas, o que dificulta a infiltração natural e a erosão lateral do canal em profundidade.

7. Regime climático e hidrológico

Devido sua localização na América do Sul, o clima da Amazônia caracteriza-se como equatorial Quente e Úmido e Quente Super Úmido, pois, observa-se que a região encontra-se nos limites do domínio equatorial úmido, sendo controlado pelas oscilações da zona de convergência intertropical, a ação dos alísios e as áreas de baixas pressões. O clima equatorial abrange boa parte do território nacional, englobando principalmente a região da Floresta Amazônica, onde chove quase diariamente e faz muito calor (IBGE, 2010).

Os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, com estação localizada na cidade de Parintins, mostram que o município possui uma precipitação média superior a 2.000 mm/ano. Na série histórica entre 1985 e 2015, nota-se que o período chuvoso inicia-se em novembro e intensifica-se de janeiro a abril, tendo o máximo observado em março, quando se registra médias superiores a 300 mm/mês, enquanto que o período com baixos índices inicia-se em maio e alcança a mínima durante o mês de setembro/outubro, quando se registram valores com média em torno de 70 mm/mês (figura 19).

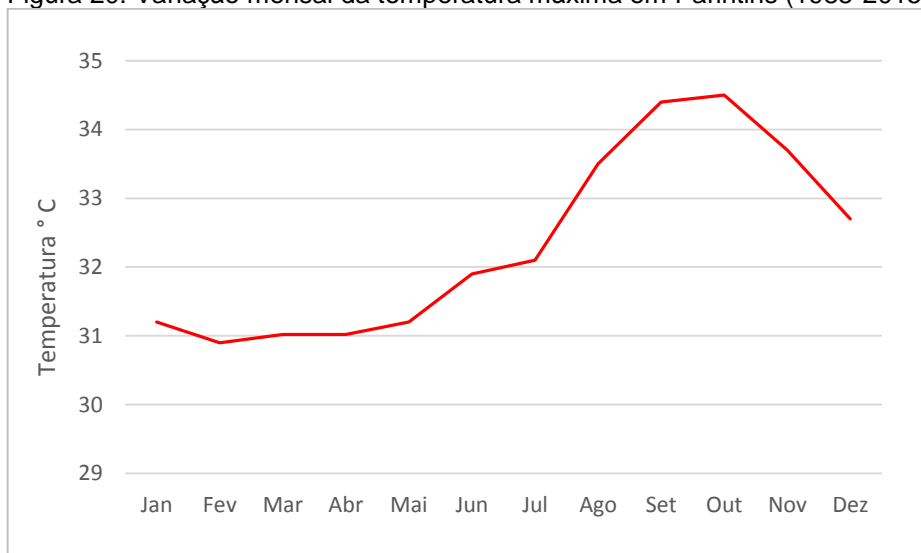
Figura 19: Variação mensal de chuvas em Parintins entre 1985 e 2015.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Para esta mesma série histórica, a média das máximas de temperatura do ar foi de 32,3°C, com os maiores valores registrados nos meses de setembro e outubro, quando se observa também as maiores horas máximas de insolação (figura 20). Nesse intervalo, foi constatado que os anos de 1997, 1998 e 2007, anos de El Niño, alcançaram os maiores valores de temperatura. Esse fenômeno decorrente do aquecimento anômalo das águas do Oceano Pacífico Equatorial, ocasiona redução de chuvas no leste da Amazônia, que acaba sendo menor que nos anos considerados normais (MOLION, 2006).

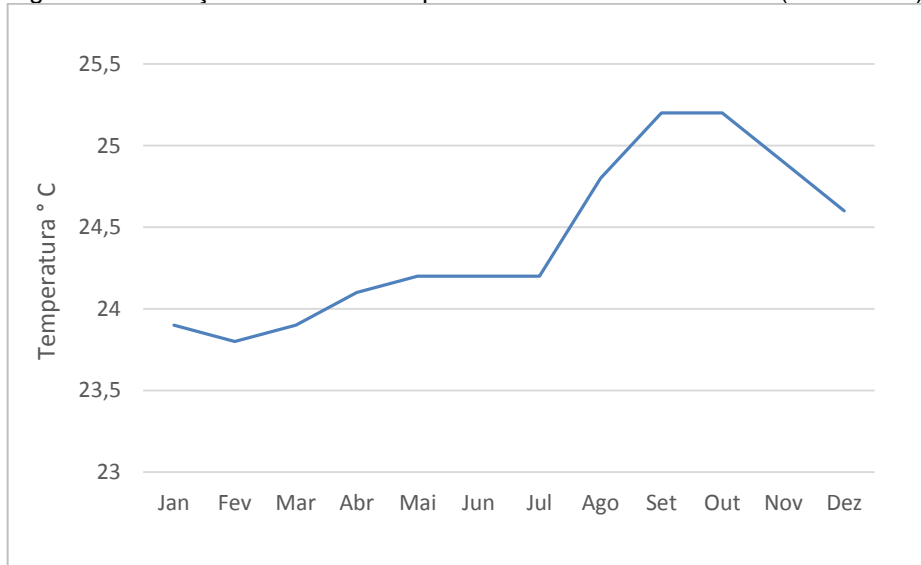
Figura 20: Variação mensal da temperatura máxima em Parintins (1985-2015).



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Org. MARQUES, R. O. 2017.

No intervalo mencionado, a temperatura média das mínimas foi de 24,4°C, com os menores valores observados nos meses de fevereiro, março e abril (figura 21). Os anos que registraram as menores temperaturas anuais foram 1989 e 1995, com 23,45°C, e 24,14°C, respectivamente.

Figura 21: Variação mensal da temperatura mínima em Parintins (1985-2015).

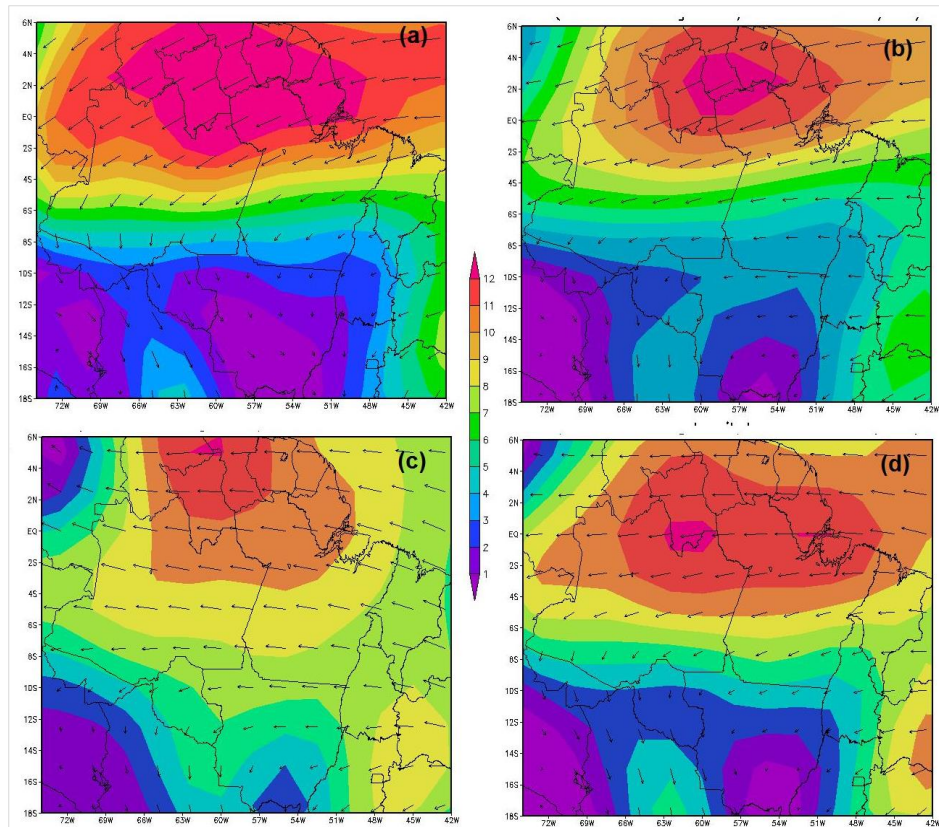


Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Quanto a circulação na baixa troposfera, ocorre a predominância dos alísios oriundos do Atlântico equatorial que penetram na Amazônia e então se movem em sentido anti-horário para o leste da Cordilheira dos Andes em direção ao sul e sudeste, onde o fluxo torna-se ciclônico nas partes centrais do continente (NOBRE, et al. 2009).

A distribuição espacial e sazonal da circulação atmosférica sobre a bacia mostra que quando os ventos alísios encontram os Andes, são desviados para outra direção (figura 22). A ação desses ventos ao promover o deslocamento de nuvens para oeste até o seu barramento pela cordilheira andina, justifica os elevados índices de pluviosidade no oeste da bacia Amazônica.

Figura 22: Distribuição da circulação atmosférica sobre a bacia Amazônica.



Legenda: (a) dez, jan, fev. (b) mar, abr, mai. (c) jun, jul, ago. (d) set, out, nov.
Fonte: NCEP/NCAR.

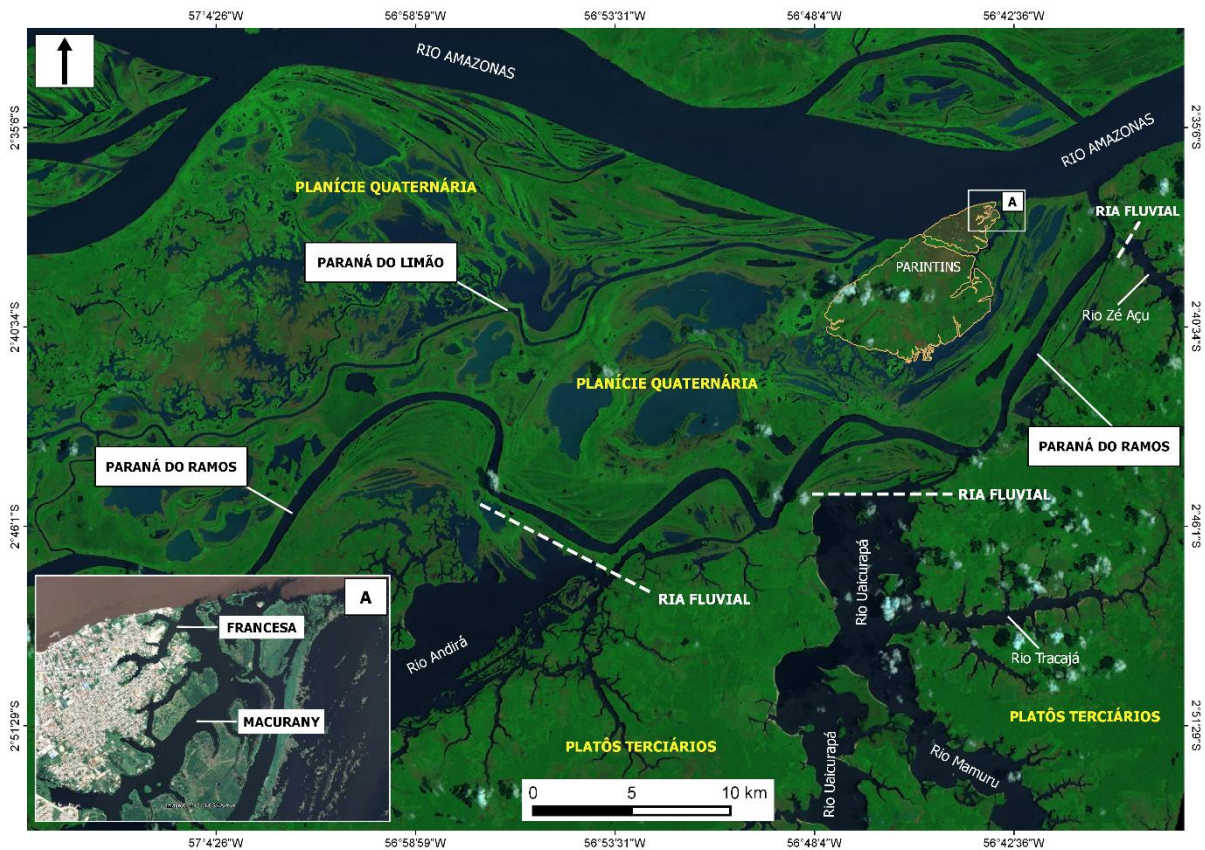
A convergência de nuvens carregadas de umidade para o centro-oeste da bacia forma uma nova massa de ar denominada de Massa Equatorial Continental – mEc. Essa massa de ar carregada de umidade e possuindo alta temperatura, forma-se sobre a região de baixa pressão da Amazônia ocidental e é responsável pela incidência de fortes chuvas nos meses de março e abril sobre a região da Amazônia Central.

A circulação na baixa troposfera indica, portanto, que nos primeiros seis meses do ano, os ventos que adentram o município de Parintins possuem direção predominante de nordeste, e nos demais meses, de leste. Esses corredores de ar penetram a calha do rio Amazonas em sentido oposto a direção do fluxo do rio e são elementos importantes no entendimento da dinâmica fluvial das margens.

8. Hidrografia

O rio Amazonas delimita a partir de suas margens dois grandes sistemas fluviais que se situam ao norte e sul do município de Parintins. Pela margem esquerda, predomina a planície de inundação formada na confluência do rio Amazonas com a foz do rio Nhamundá. Pela margem direita, a planície quaternária e os platôs terciários são delimitados pelo paraná do Ramos. Ao sul, o ambiente de terra firme abrange formações terciárias que compreendem áreas drenadas pelas bacias do Uaicurapá, Mamuru, Traçajá e Zé Açu. Com direção oeste/leste encontra-se o paraná do Ramos que recebe a maior parte do volume desses rios e desagua a jusante da cidade de Parintins (figura 23).

Figura 23: Caracterização da rede de drenagem próximo a cidade de Parintins.



Fonte: LANDSAT-7: DGI, INPE, 2007; Google Earth, 2016. Org. MARQUES, R. O. 2017.

O processo de formação do paraná do Ramos, que é mais recente, acabou por cortar o curso inferior dos rios Andirá, Uaicurapá e Zé Açu, que antes desaguavam na margem direita do rio Amazonas. Próximo à cidade de Parintins, a drenagem do rio Macurany foi toda retrabalhada com esse evento. À medida que o

paraná do Ramos bloqueou o curso inferior desses canais terciários, o rio Amazonas passou a preencher parcialmente a planície com sedimentos e esses rios ficaram com sua foz em forma de ria fluvial, e por processos semelhantes a este que muitos dos rios amazônicos passaram a ser chamados popularmente de lagos.

O termo ria é utilizado para conceituar vales afogados pelo mar. No entanto, esse conceito foi adaptado e utilizado para ambientes fluviais Amazônicos afogados durante a elevação do nível do mar no último interglacial.

De acordo com Soares (1989) quem primeiro reconheceu a existência de “rias fluviais” na Amazônia foi Pierre Denis no ano de 1927¹⁹, que tentou explicar a origem das mesmas pelas oscilações eustáticas do continente. Ainda segundo Soares (op. cit.) Francis Ruellan, em 1945, apresentou na semana de Estudos Geográficos realizados em Sorocaba uma conferência intitulada “As Rias Amazônicas” que explicou a existências das mesmas pelo processo de variações “glacioeustáticas quaternárias do nível de base atlântica”.

No entanto, quem consagrou o termo ria fluvial na literatura acadêmica foi Pierre Gourou, no ano de 1949 em estudo intitulado “Observações geográficas na Amazônia”. A ria possui um leito desproporcional a largura de sua desembocadura, portanto, sua característica principal é a apresentar foz totalmente afogada.

A alteração no padrão de drenagem fez com que a “Lagoa da Francesa” e o “Lago do Macurany” passassem a ter a configuração atual com aspecto próximo ao de um lago. Portanto, do ponto de vista conceitual, Francesa e Macurany foram rios que sofreram alterações devido à interceptação do fluxo pela ação do referido paraná. Mesmo tendo seu curso intercortado, o Macurany não deixou de ser um rio, ainda que tenha sido parcialmente bloqueado, e a Francesa, que antes constituía um afluente de primeira ordem desse rio, passou a sofrer deposição próximo a sua foz pelo transbordamento do rio Amazonas.

¹⁹ Pierre Denis. L'Amérique du Sud. Le Brésil, Chap. VII, L' Amazonie, 2 ème, partie, Paris, Armand Colin, 1927.

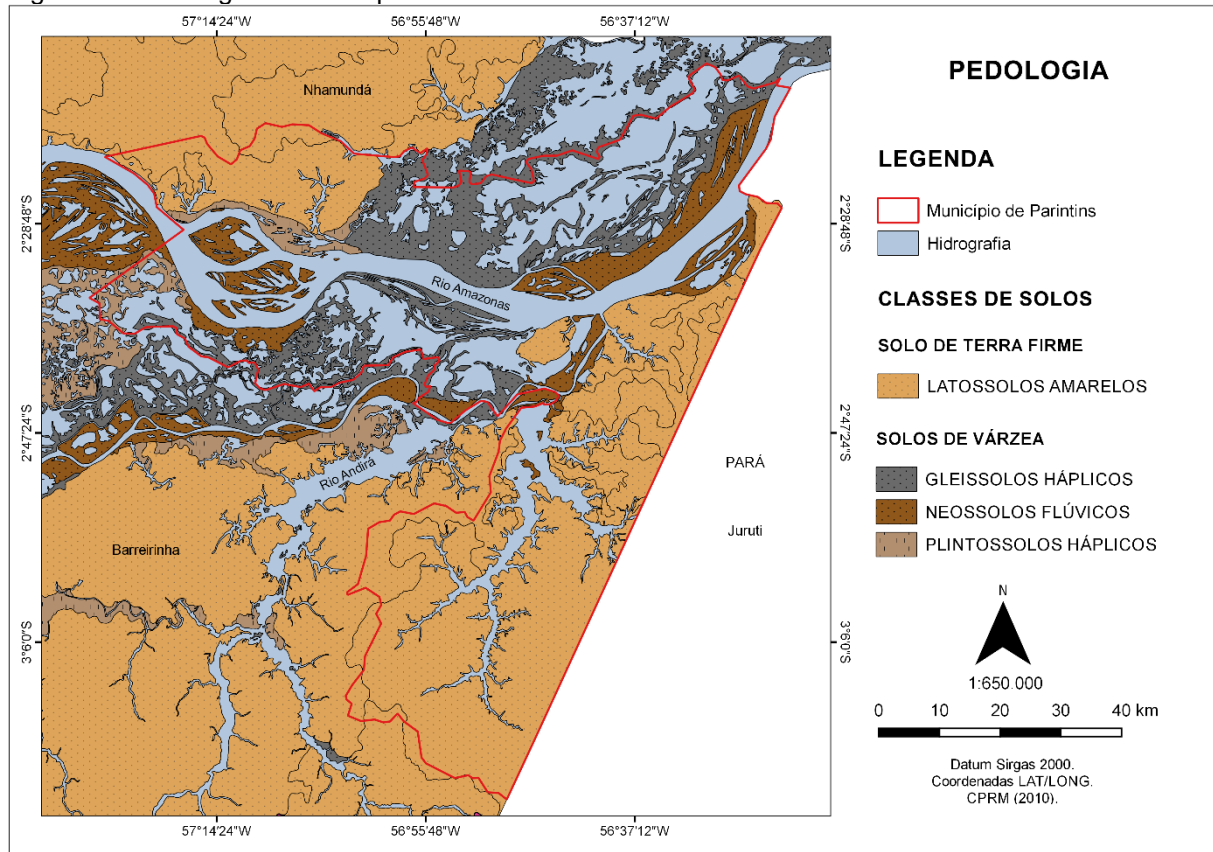
9. Aspectos pedológicos

O levantamento exploratório de solos realizado por Viana et al. (1976), no âmbito do Projeto Radam Brasil, na folha SA-21 Santarém, procurou estabelecer uma classificação para os solos da Amazônia. As classes pedológicas foram definidas através de amostragens em campo e pelos resultados de laboratório, sendo que nas áreas de difícil acesso, sem verificações de campo, foram determinadas por extrapolação, segundo os padrões interpretativos, e correlacionadas com a geologia, relevo, clima e vegetação.

A partir do levantamento, as principais unidades taxonômicas identificadas foram: Latossolo Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, Podzóico Vermelho Amarelo, Terra Roxa Estruturada Eutrófica, Areias Quartzosas Distróficas, Areias Quartzosas Hidromórficas Distróficas, Solos Hidromórficos Gleyzados Eutróficos, Laterita Hidromórfica Distrófica, Solos Aluviais Eutróficos, Solos Litólicos Distróficos e Depósito Areno Fluviais.

No estudo sobre a Geodiversidade do Estado do Amazonas, a Companhia de Pesquisas e Recursos Naturais – CPRM (2010), identificou as principais classes de solos existentes no Estado e estimou a porcentagem de área das referidas ocorrências. As principais classes de solos identificadas, com suas respectivas áreas foram: Argilosos 45%, Latossolos 26%, Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos 9%, Espodossolos 7%, Plintossolos 3,5% e as demais classes ocupam pequena distribuição em determinadas áreas do Estado (CPRM, 2010). No município de Parintins as classes identificadas foram: Latossolos Amarelos; Gleissolos Háplicos; Neossolos Flúvicos e Plintossolos Háplicos (figura 24).

Figura 24: Pedologia do município de Parintins.



Fonte: CPRM (2010). Org. MARQUES, R. O. 2017.

Os solos que predominam na cidade de Parintins são os que integram a classe dos Latossolos Amarelos. Os Latossolos no Amazonas apresentam predominantemente caráter distrófico ou álico. Os valores predominantes de pH indicam solos de reação extremamente a moderadamente ácidos. Os estudos dos horizontes superficiais dos Latossolos indicam predominância de cargas superficiais líquidas negativas e, conseqüentemente, dominância de capacidade de troca de cátions sobre a troca de ânions (CPRM, op. cit.).

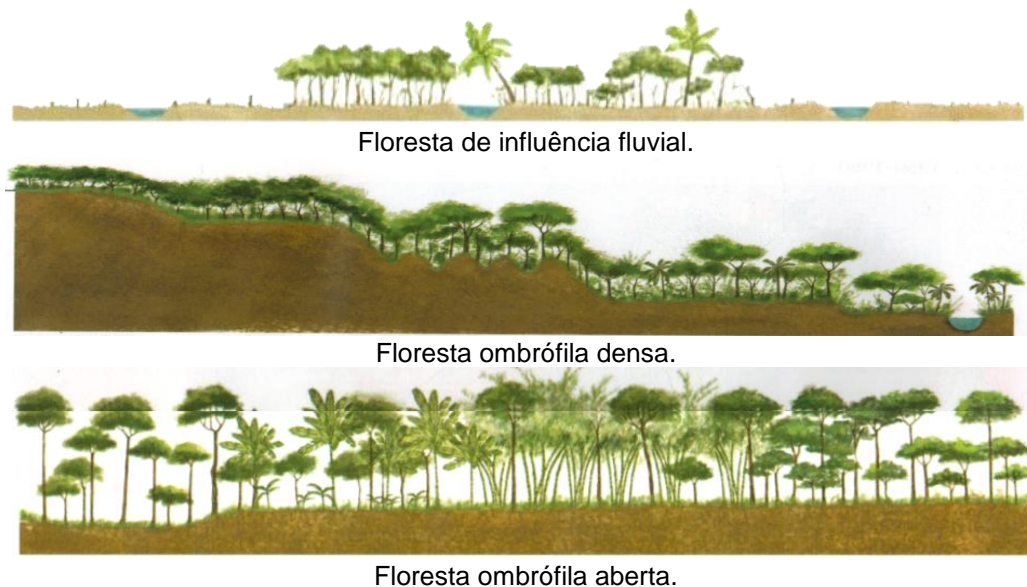
O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (2013) considera que os Latossolos possuem avançado estágio de intemperização. Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada, o que é indicativo de formação em condições atuais ou pretéritas com certo grau de gleização. São normalmente muito profundos, sendo a espessura raramente inferior a 1 metro. Têm seqüência de horizontes A, B, e C, com pouca diferenciação de sub-horizontes e transições usualmente difusas ou graduais (SANTOS, et al. 2013).

No Estado do Amazonas ocorrem, predominantemente, Latossolos Amarelos; entretanto, há ocorrência, em menor escala, de Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos.

10. Cobertura vegetal

A cobertura vegetal do município de Parintins apresenta dois tipos fisionômicos principais: a floresta existente na planície fluvial que abrange as formações holocênicas localizadas próximo às margens do rio Amazonas, compostas principalmente de espécies pioneiras de influência fluvial; e as formações de florestas de terra firme que, em geral, são ombrófilas densas ou abertas e localizam-se sobre terraços Quaternários e platôs do Terciário (figura 25).

Figura 25: Tipos fisionômicos de florestas de várzea e terra firme.



Fonte: IBGE, 2009.

O levantamento realizado pelo Projeto Radam Brasil (Folha SA.21-Santarém) apontou que as florestas de influência fluvial são edáficas e resultam da decomposição de material aluvionar, variando sua composição de acordo com o tipo do material transportado e depositado. Nas áreas com predominância de limo e argila, em consequência, estabelecem-se aí espécies mais evoluídas, em virtude da maior riqueza do solo (COÊLHO, et al. 1976).

A fisionomia da floresta densa localiza-se principalmente nos platôs Terciários e terraços antigos e recentes e apresenta-se em dois estratos distintos: um emergente e outro uniforme. As principais espécies que caracterizam o estrato emergente são: *Dinizzia excelsa*, *Bertholletia excelsa* e *Cedrellinga catanaeformis*. Quanto ao estrato dominado, é caracterizado por *Manilkara spp*, *Protuim spp* e *Pouteria spp*. Estas florestas apresentam espécies de grande valor comercial madeireiro (COÊLHO, et al. op. cit.).

Registram-se como espécies dominantes na várzea: marizeiro (*Geoffroea striata*), embaúba (*Cecropia spp.*), munguba (*Pseudobombax munguba*), taxi (*Triplaris spp.*), aninga (*Montrichardia linifera*) e canarana (*Hymenachne applexicauli*). Na terra firme, algumas das espécies mais comuns são: seringueira (*Havea brasilienses*), castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*), maçaranduba (*M. huberi*), itaúba (*Mezilaurus itauba*), andiroba (*Carapa guianenses*), copaíba (*Copaifera spp.*) e cedro (*Cedrella odorata*).

CAPÍTULO 3: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

1. Paisagem enquanto categoria de análise geográfica

Como categoria de análise dentro do campo da Geografia, optou-se pelo estudo da dinâmica fluvial a partir do conceito de Paisagem. A categoria paisagem, atualmente, é difundida em inúmeras interpretações científicas, porém à luz de princípios sistêmicos inseridos no âmbito da Ciência Geográfica, integra elementos naturais, sociais e econômicos de forma dinâmica, dialética e em constante processo de evolução.

Com o advento e a inserção dos princípios da Teoria Geral dos Sistemas durante o século XX, a paisagem enquanto objeto de estudo da Geografia adquiriu novas concepções de análise, estabelecendo uma visão mais integradora e que lançou as bases da pesquisa geossistêmica.

A concepção sobre a paisagem enquanto uma totalidade dialética de base natural foi desenvolvida principalmente na União Soviética, e posteriormente em outros países do mundo socialista. Nos anos 60 do século XX, Victor Sotchava, pela primeira vez tentou elaborar a Teoria dos Geossistemas utilizando toda a teoria sobre paisagens elaborada pela Escola Russa. Ele interpretou essa herança sob uma visão da Teoria Geral de Sistemas. Isso significa que o conceito de paisagem natural foi concebido como sinônimo da noção de geossistema. Assim, a paisagem passou a ser considerada como uma formação sistêmica, formada por cinco atributos sistêmicos fundamentais: estrutura, funcionamento, dinâmica, evolução e informação (RODRIGUEZ; SILVA, 2002).

Buscando uma definição para o conceito em questão, Bertrand (1968) propõe que a paisagem não é a 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.

Ross (2006), afirma que paisagem é mais que conceito, é uma noção, pois permite ao geógrafo acessar o mundo das representações sociais e da natureza, assegurando uma ligação de conveniência com os objetos naturais na sua dimensão

geossistêmica e segue na direção de uma relação multidirecional e interativa entre o natural e o social.

Rodriguez, Silva e Cavalcante (2007), entendem a paisagem como formação antro-po-natural, que consiste num sistema territorial composto por elementos naturais e antropotecnogênicos condicionados socialmente, que modificam ou transformam as propriedades das paisagens naturais originais.

Para Bertrand e Bertrand (2007) o conceito de paisagem se associa a uma determinada porção do espaço, resultado de uma combinação dinâmica, mas instável, que é composta de elementos físicos, biológicos e antrópicos no qual reagem dialeticamente, uns sobre os outros, e fazem a paisagem indissociável, sendo um único conjunto que está em constante evolução.

O enfoque na análise da paisagem trata ainda de questões mais profundas explorando conceitos estruturais, funcionais, evolutivo-dinâmicos entre outros. Para esta pesquisa, consideramos princípios sistêmicos como inter-relação e evolução, assim como um dos procedimentos de análise evolutiva da paisagem.

Com relação a esses procedimentos, Rodriguez, Silva e Cavalcante (2007) consideram, a partir do estudo realizado por Isachenko (1991), três grandes categorias de procedimentos que auxiliam no estudo evolutivo da paisagem: a análise paleogeográfica, análise retrospectiva-estrutural e análise espaço-temporal.

A análise paleogeográfica²⁰ tem como objetivo a interpretação histórica das propriedades principais da estrutura contemporânea das paisagens, a determinação dos fatores principais e as direções da evolução, no tempo em que se formaram os traços principais.

A análise retrospectiva-estrutural²¹ propõe-se esclarecer a idade e as condições de formação dos elementos que formam a estrutura das paisagens, ou seja, o papel dos elementos residuais na estrutura contemporânea, a influência dos mesmos na estabilidade e a dinâmica.

A análise espaço-temporal²² é um dos procedimentos de esclarecimento das tendências históricas do desenvolvimento da evolução da paisagem. Seu fundamento é determinar as etapas dinâmico-evolutivas (ou sucessivas) das paisagens.

²⁰ RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTE, 2007, p. 152.

²¹ Op. cit. p. 152.

²² RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTE, 2007, p. 152.

Com base nos conceitos apresentados e na utilização da análise espaço-temporal como procedimento evolutivo da paisagem, buscou-se nesse estudo o entendimento da dinâmica e evolução do sistema fluvial das margens do rio Amazonas. Para tal, considerou-se como instrumento teórico-metodológico o estudo integrado da paisagem a partir do uso de princípios da teoria geossistêmica.

2. Geossistema e o estudo integrado da paisagem

Antes da década de 1940, os termos “sistema” e “pensamento sistêmico” tinham sido utilizados por vários cientistas, porém foram as concepções do biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy de um sistema aberto e de uma teoria geral dos sistemas que estabeleceram o pensamento sistêmico como movimento científico de primeira grandeza (CAPRA, 1996).

Após sua formulação, parte da comunidade científica apresentou grande resistência quanto à utilização dos princípios sistêmicos, devido, principalmente, ao seu caráter revolucionário. No entanto, após inúmeras discussões, essa proposta passou a influenciar diversos campos do conhecimento, entre os quais a geografia, ao lançar as bases para a Teoria Geossistêmica.

A Teoria Geossistêmica foi proposta inicialmente na Escola Russa, tendo como precursor o cientista Victor B. Sotchava em estudo pioneiro publicado em 1960. A propagação dessa proposta no mundo ocidental ocorreu ainda na mesma década por intermédio da Escola Francesa.

A Teoria Geossistêmica proposta por Sotchava (1977) entende a natureza como um sistema dinâmico, aberto e com níveis hierarquicamente organizados. Dentre os princípios herdados da teoria geral dos sistemas, destacam-se o da articulação dos sistemas abertos e da interdependência de suas variáveis intrínsecas; o princípio bilateral, ou dual, em que se analisa, por um lado, a estrutura homogênea que caracteriza o geômero e, por outro, as qualidades integrativas, que caracteriza o geócoro; outro princípio é o da dinâmica, pela qual é possível classificar os geossistemas de acordo com seu estado ou estados sucessivos, assim como assumir ou propor hipóteses sobre a sua dinâmica futura (RODRIGUES, 2001).

Para Mendonça (2010), os maiores expoentes da tentativa de aprimoramento da Teoria Geossistêmica são franceses e, dentre eles, podem ser destacados,

Georges Bertrand e Jean Tricart. O primeiro desenvolveu com bastante propriedade a noção de paisagem proveniente dos alemães, sendo que seus artigos científicos ligados à inserção da ação antrópica como elemento da dinâmica das paisagens e do geossistema, em muito influenciaram o desenvolvimento da geografia física produzida a partir de então; o segundo, J. Tricart, desenvolveu conceitos e metodologias mais abrangentes como Ecodinâmica e Ecogeografia.

A influência da Escola Francesa é marcante no desenvolvimento desta teoria no Brasil, sobretudo a partir da fundação da Escola de Geografia da Universidade de São Paulo por franceses, em 1934, como aponta Mendonça (op. cit.).

[...] a influência dos referidos geógrafos franceses também se fez muito marcante no pensamento geográfico brasileiro, sendo que dentro desta nova perspectiva do tratamento do objeto de estudo da geografia, através da geografia física, destacam-se três importantes nomes, quais sejam, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, Aziz Nacib Ab'Saber e Orlando Valverde (MENDONÇA, 2010, p. 62).

A contribuição de Bertrand (1968) atribuiu uma melhor hierarquia das paisagens ao propor um esquema taxonômico definido em Unidades Superiores (Zona, Domínio e Região Natural) e Unidades Inferiores (Geossistemas, Geofácies e Geótopo). Assim, a paisagem se adequou a uma escala compatível à escala socioeconômica, comportando integradamente os elementos: potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica.

Na tentativa de auxiliar no distanciamento entre sociedade e natureza, Bertrand em 1997, propõe ainda um conceito mais amplo para o geossistema, o GTP (Geossistema, Território e Paisagem), onde o seu objetivo maior é a busca de uma aproximação entre esses três conceitos para que se possa analisar de forma holística o espaço geográfico e suas inter-relações (TORRES, 2003).

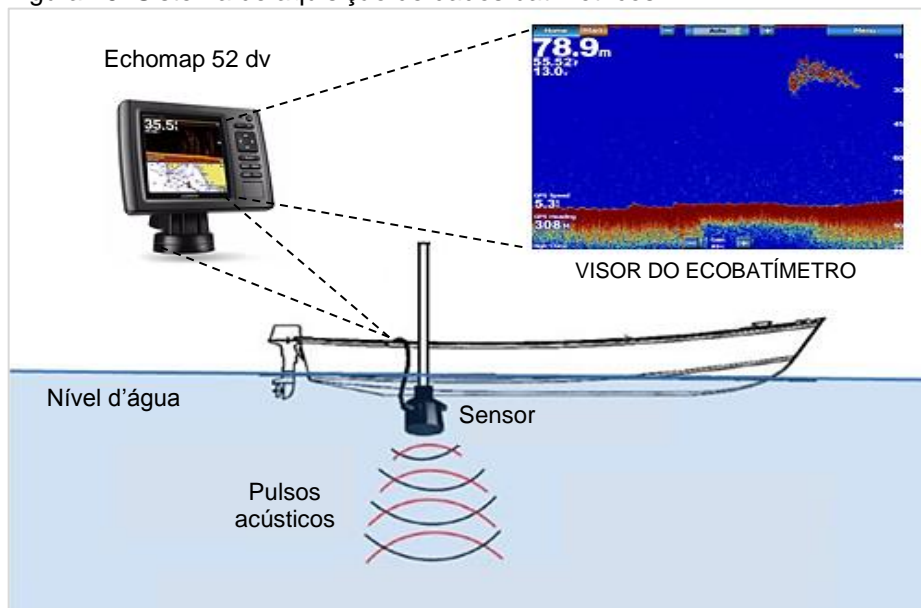
Sobre a aplicabilidade da Teoria Geral dos Sistemas em Geografia, Nascimento e Sampaio (2005) concluíram que, embora perdurem problemas e intermináveis discussões, deve-se reconhecer que essa proposição teórica, com ressonâncias na Geografia Física, tem uso corrente. E apesar das críticas, não se conseguiu desenvolver outro método que viesse a substituir o método em epígrafe, como forma de adequação metodológica, sobretudo como uma unidade sistêmica para descrever a paisagem.

3. Procedimentos técnico-metodológicos da pesquisa

3.1 Medições batimétricas transversais do rio Amazonas

Os perfis transversais do leito do rio Amazonas foram elaborados a partir dos dados de um ecobatímetro digital da marca GPS/sonar Garmin Echomap 52dv. Para a realização da metodologia foi utilizada uma embarcação de pequeno porte, onde em sua lateral foi instalada uma peça de madeira na posição vertical para que o sensor do aparelho fosse submerso a uma profundidade de aproximadamente 40 cm (figura 26). A velocidade de deslocamento da embarcação de uma margem à outra durante os trabalhos de campo era de aproximadamente 5 a 6 Km/h e a cada 10 segundos se registrava em uma caderneta de campo um dado do visor do aparelho correspondente à profundidade do rio.

Figura 26: Sistema de aquisição de dados batimétricos.



Org. MARQUES, R. O. 2017.

Durante a batimetria o sensor do aparelho emite um pulso acústico que é refletido e captado novamente, fazendo o registro da profundidade. Ao emitir os pulsos de forma contínua, obtém-se o registro linear da geometria do rio a partir do percurso levantado durante a navegação.

3.2 Dados hidrológicos do rio Amazonas

Os dados referentes à hidrologia do rio Amazonas como vazão, velocidade da corrente e material em suspensão foram obtidos a partir dos relatórios das expedições de campo realizadas pelo Programa HiBAm – Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica. Esse programa tem como principal órgão responsável a ANA - Agência Nacional de Águas e como instituições participantes a CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais e o IRD – Institut de Recherche Pour le Développement – Hydrologie – França.

Os dados de vazão levantados pelo referido programa foram obtidos por meio de um correntômetro acústico de efeito Doppler, conhecido como ADCP - Acoustic Doppler Current Profiler. Com esse equipamento é possível fazer medições de vazão em menor tempo e com alta precisão. A vantagem do uso da tecnologia ADCP está na possibilidade de se medir vazões praticamente em qualquer tipo de seção, assim como praticamente em qualquer tipo de regime.

Os dados de cota fluviométrica foram obtidos no sistema hidroweb da Agência Nacional de Águas. A estação de Parintins (código 16350002) possui dados de variação do nível do rio Amazonas entre 1967-2016.

3.3 Coleta de material da margem e análise granulométrica

As amostras de sedimentos foram coletadas em três perfis, sendo o primeiro no limite montante, o segundo no limite médio e o terceiro no setor jusante do terraço fluvial da cidade de Parintins. As amostras foram coletadas a cada metro de profundidade a partir da face exposta da margem (figura 27). A análise granulométrica foi realizada no Laboratório de Geografia Física da Universidade Federal do Amazonas e o método utilizado para o cálculo do teor granulométrico foi o da pipeta proposto pela EMBRAPA (1997) – ver anexo 1.

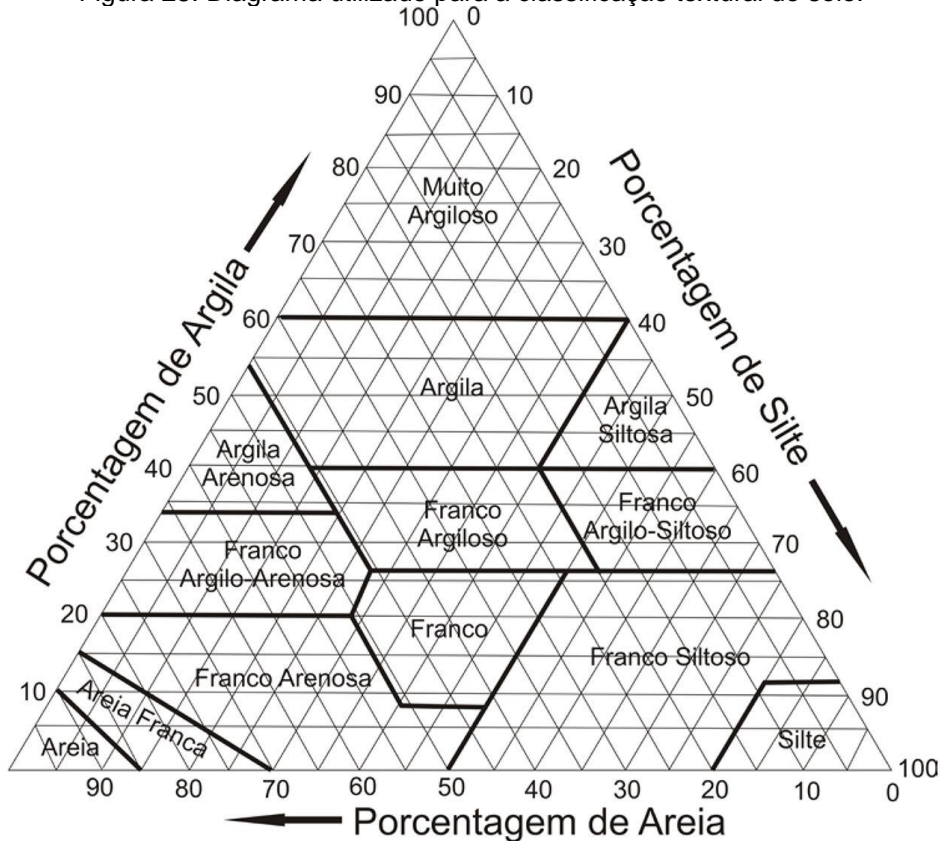
Figura 27: Coleta e identificação de sedimentos em frente à cidade de Parintins.



Foto: SOUZA, C. G. 2016.

Após os cálculos de identificação percentual das frações de areia, silte e argila, foi utilizado o diagrama triangular de Atterberg para a classificação textural do solo (figura 28). A escolha desse diagrama se deu pelo nível de detalhamento que o mesmo possui em relação aos demais.

Figura 28: Diagrama utilizado para a classificação textural do solo.



Fonte: LEMOS; SANTOS (1996).

Amostras de sedimentos também foram coletadas na barra de sedimentação longitudinal surgida em outubro de 2016 a montante da cidade de Parintins (figura 29). O trado utilizado na coleta possui compartimentações que variam de 50 centímetros a 1,5 metros de comprimento. A coleta foi feita em topossequência e o objetivo foi identificar a possível presença de material grosseiro como cascalho e seixo.

Figura 29: Coleta de amostras de solo da barra de sedimentação.



Foto: MARQUES, R. O. 2016.

Para a medição da altura e declividade do depósito sedimentar foi utilizado um nível de mangueira de água semelhante ao da engenharia civil. Esse procedimento consiste em utilizar uma mangueira transparente com água de modo a transportar cotas métricas a outro ponto, utilizando o nível da água.

3.4 Dados pluviométricos e de velocidade do vento

Os dados referentes à pluviometria, velocidade e direção do vento foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. A Estação de monitoramento do referido instituto na cidade de Parintins possui o código 82240 e está localizada na latitude 02.38 (S) e longitude 56.44 (W).

A metodologia para observação da ação dos ventos na formação de ondas e turbulências no rio baseou-se no uso em campo de uma biruta com anemômetro instalado próximo à margem do rio Amazonas. O equipamento utilizado nesse

procedimento é composto por seis unidades: A – biruta; B – suporte de arco da biruta; C – Mastro superior; D – mastro central; E – mastro inferior e; F - anemômetro digital. Cada mastro possui 60 cm de comprimento e a função desse suporte foi de elevar a altura da biruta para melhor verificação da direção do vento.

3.5 Análise multitemporal por sensoriamento remoto

A utilização de dados de sensoriamento remoto em estudos realizados no rio Solimões/Amazonas como de Rozo (2004); Rozo, Nogueira e Carvalho (2005); Carneiro (2009); Freitas (2009); Marinho e Melo (2009); Teixeira e Maia (2009); Passos e Soares (2015); Mertes, Dunne e Martinelli (1996) entre outros, têm mostrado resultados bastante satisfatórios. Rozo (2004) concluiu que a análise espaço-temporal mostrou ser uma boa ferramenta para identificar as mudanças dos sistemas fluviais desde que os dados adquiridos sejam nas mesmas condições, na mesma época em relação ao período do ano e que possuam mínimas variações entre as cotas do corpo d'água.

O levantamento das imagens para a análise multitemporal foi realizado de forma gratuita no acervo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, e no acervo do Instituto U.S. Geological Survey. Para este trabalho foram utilizadas imagens Landsat 5 e 8 dos anos de 1985, 1998 e 2015 na órbita/ponto 229/62 e com 30 m de resolução espacial. A área de interesse do estudo é recoberta por uma única cena Landsat e as imagens utilizadas foram selecionadas com a mínima cobertura de nuvens e datas de aquisição coincidente com período de vazante, para evitar possíveis interferências da variação do nível do rio (tabela 2).

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

Série Landsat	Data de passagem	Órbita/ ponto	Cota (m)	Diferença de cota (cm)
LANDSAT 5	09/08/1985	229/ 62	5,77	-
LANDSAT 5	13/08/1998	229/ 62	6,08	31
LANDSAT 8	13/09/2015	229/ 62	6,55	47

Fonte: INPE; U.S. Geological Survey. Org. MARQUES, R. O. 2017.

3.5.1 Pré-processamento das imagens

A etapa de pré-processamento consistiu na aplicação da correção geométrica para evitar possíveis erros de ajuste entre as imagens. O georreferenciamento e o recorte das imagens foi realizado no software ArcGIS 10.3 a partir de uma imagem Landsat TM-5 de referência que possuía projeção métrica UTM, datum SIRGAS 2000 e zona 21S.

3.5.2 Classificação e vetorização das imagens

As imagens foram classificadas no software ENVI 5.1 por meio do classificador Isodata. Posteriormente, realizou-se a combinação de classes de forma a deixar apenas as classes terra e água. Após esse procedimento, foi feita a vetorização das imagens classificadas, selecionando ao final apenas o vetor de interesse, no caso o vetor terra.

3.5.3 Análise multitemporal

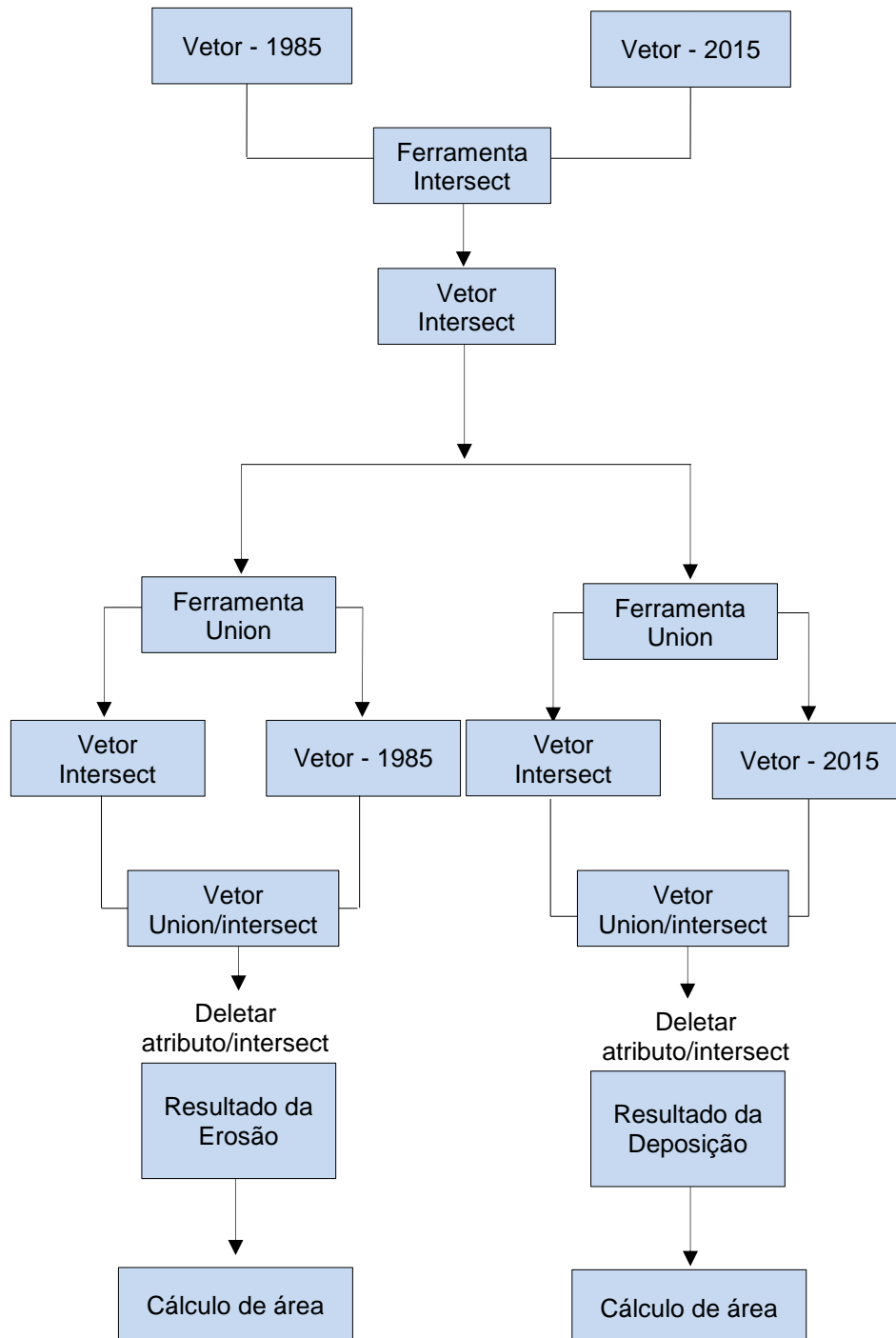
Na etapa de análise multitemporal, os vetores dos anos de 1985 e 2015 foram organizados e processados em um plano de informação dentro do ArcGIS 10.3. Inicialmente, criou-se a partir da junção destes um terceiro vetor com a ferramenta de geoprocessamento Intersect. Esse novo vetor, denominado intersect, é gerado com base nas áreas comuns ou de interseção entre os dois períodos. Posteriormente, criou-se na tabela de atributos desse vetor uma coluna com o nome intersect com a informação 1985-2015.

No segundo momento, utilizando a ferramenta de geoprocessamento Union, juntou-se os vetores de 1985 e de 2015 ao vetor intersect, dando origem a um quarto vetor, denominado union/intersect, que agrega dados de áreas de interseção e áreas de erosão e deposição.

No terceiro momento, utilizando a tabela de atributos do vetor union/intersect, deletou-se a coluna intersect, deixando apenas os vetores que representam as mudanças observadas por erosão e deposição. Ressalta-se que este mesmo procedimento foi feito para os períodos de 1985-1998 e 1998-2015.

Definida essa etapa, foi realizado o cálculo das áreas e estimaram-se as taxas de erosão e deposição no período de tempo estudado. A obtenção das taxas anuais foi feita a partir da divisão do total das áreas erodidas e acumuladas pelo número de anos de cada período e para o período total. A síntese dos procedimentos pode ser observada na figura 30.

Figura 30: Fluxograma da análise multitemporal no ArcGIS.

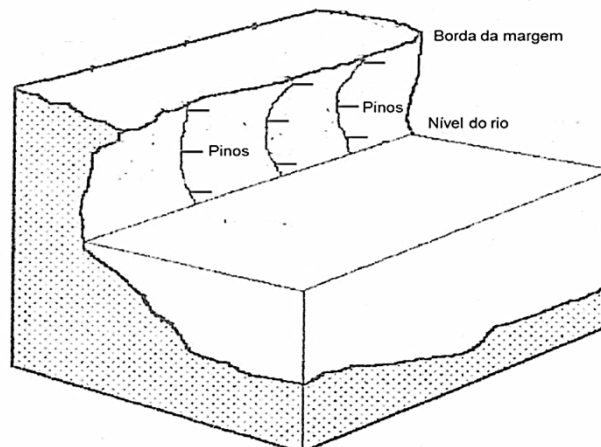


3.6. Monitoramento da margem com pinos de erosão

Os pinos são varões de ferro orientados horizontalmente na face íngreme de uma margem de erosão. O objetivo é medir a taxa de erosão através da superfície de exposição dos pinos (THORNE, 1981).

Os pinos utilizados na pesquisa possuem 1 m de comprimento e 5/16 mm de diâmetro, sendo 85 cm soterrados na instalação e 15 cm deixados expostos na margem. Segundo Thorne (op. cit.), indicasse que dois ou mais pinos sejam instalados ao longo de uma seção vertical (figura 31). O ideal é que o monitoramento seja feito após cada evento de inundação, chuvas e/ou variação do nível do rio, mas isso pode ser restringido de acordo com os compromissos do investigador.

Figura 31: Representação da instalação dos pinos.



Fonte: Modificado de FERNANDEZ (1995).

Inicialmente, foram distribuídos três pinos em seção vertical ao longo dos perfis da margem coincidentes com os locais onde se coletou as amostras de sedimentos para análise granulométrica. Devido ao pouco tempo da pesquisa e a baixa velocidade da erosão no terraço fluvial da cidade, os pinos foram instalados em fevereiro de 2016 e as medições realizadas após a enchente desse mesmo ano.

Depois do primeiro monitoramento, mais pinos foram instalados em outras localidades para futuras medições e acompanhamento da erosão em longo prazo.

3.7. Entrevistas com moradores e instituições públicas

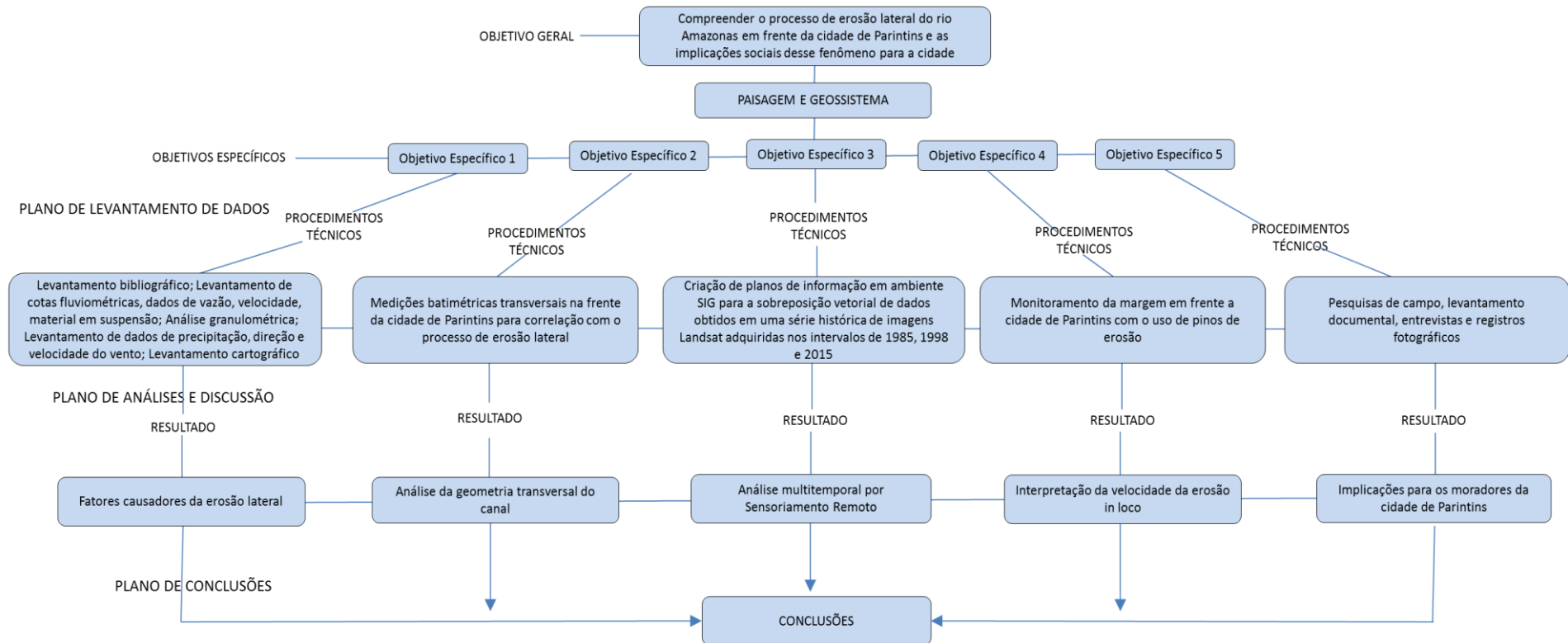
3.7.1 Entrevistas com moradores

Como técnica de levantamento de informações sobre os problemas vividos pelos moradores e a concepção que os mesmos têm sobre dinâmica fluvial, foram aplicadas entrevistas com os moradores das áreas mais atingidas pela erosão na cidade de Parintins. O questionário (Apêndice 2) utilizado na pesquisa foi elaborado com perguntas abertas e fechadas e o critério para responder as questões teve como base a idade e a vivência na localidade. Assim, as informações foram obtidas com os moradores mais antigos. Durante as entrevistas foi utilizado ainda um gravador para o registro dos depoimentos. No total foram aplicados questionários com dez moradores que eram proprietários dos referidos terrenos.

3.7.2 Levantamento de informações em instituições e órgãos públicos

O levantamento de informações foi realizado ainda em entrevistas informais na Secretaria Municipal de Obras, Defesa Civil do município e Agência Fluvial de Parintins, órgão vinculado à Marinha do Brasil. A obtenção de reportagens e documentos antigos sobre a erosão do rio Amazonas e os problemas que esta tem causando à cidade de Parintins, foi realizado mediante pesquisa no acervo da Rádio Alvorada de Parintins. A figura 32 mostra um fluxograma síntese dos objetivos e procedimentos metodológicos que levaram aos resultados e conclusões desde trabalho.

Figura 32: Fluxograma dos procedimentos metodológicos.



Org. MARQUES, R. O. 2017.

CAPÍTULO 4: O PROCESSO DE EROSÃO DE MARGEM E AS IMPLICAÇÕES PARA A CIDADE DE PARINTINS

1. O processo de erosão nas margens do rio Amazonas

Na Amazônia brasileira os desbarrancamentos das margens são comuns e frequentes na maioria dos cursos fluviais, fazendo parte do cotidiano e impondo, em certos casos, inúmeros desafios aos moradores ribeirinhos. O que vai diferenciá-los, no entanto, é a escala de grandeza com que o fenômeno ocorre. Em rios de água preta e clara, localizados em ambiente de “terra firme”, os processos vão ocorrer de forma esporádica, sendo por vezes relatado como um acontecimento raro, disperso e com poucos prejuízos sociais. Seus efeitos sobre o recuo linear das margens são observados somente durante a passagem de dezenas de anos.

Nos rios de água branca, esse fenômeno vai destacar-se pela grandeza, magnitude e pelos inúmeros prejuízos sociais e econômicos. É comum, em locais mais dispersos, a sua associação ao “imaginário amazônico”, sendo frequentemente relacionado, quando ocorre de forma catastrófica, com seres lendários e/ou mitológicos. Por isso, ainda hoje chega a ser comum e até folclórico algumas das explicações do ribeirinho para o fenômeno.

Embora aconteça em todos os rios amazônicos, o termo “terras caídas” é mais utilizado para se referir aos processos erosivos que se manifestam nas margens dos rios de água branca. Para Carvalho (2012, p. 17) o fenômeno pode ser definido como:

[...] 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 e que acontece às vezes em escala quase imperceptível, pontual, recorrente e não raro acontece de forma catastrófica, afetando em muitos casos extensões quilométricas das margens (CARVALHO, 2012, p. 17).

Os fatores causadores, a temporalidade e a amplitude das terras caídas variam ao longo do sistema fluvial do rio Amazonas. Nos mais diversos casos, no entanto, é notório que dificilmente um único fator seja responsável pelos mecanismos erosivos que atuam sobre um determinado segmento fluvial. Igreja,

Carvalho e Franzinelli (2010) ao observar o tempo de ocorrência e a amplitude do fenômeno na região Amazônica, consideraram a seguinte classificação:

[...] Terras Caídas Lentas – ocorrências alinhadas, pequenas (áreas e blocos métricos) e contínuas, que podem alcançar grandes áreas, mas somente percebidas no decorrer de dezenas de anos (sismos humanamente imperceptíveis); Terras Caídas Moderadas – deslocamentos médios (áreas e blocos de dezenas de metros), localizados, distribuição esparsa, destruição progressiva facilmente observável ao longo de dois anos; Terras Caídas Rápidas – deslocamentos destrutivos catastróficos, em geral localizados, quilométricos, perceptíveis em alguns dias (inclusive sismos), nas margens dos rios, associados aos macroturbilhonamentos das correntes fluviais; Terras Caídas Abruptas – são de ocorrência rara, instantâneas, repentinas, destrutivas e catastróficas, atingem áreas de dimensões quilométricas da margem do rio e estão nitidamente associadas a um evento sísmico (e estrutura geológica de fragmentação), amplamente perceptível – farto registro histórico, geológico e/ou mitológico. (IGREJA; CARVALHO; FRANZINELLI, 2010, p.143 – 144).

Em função da amplitude e do tempo de ocorrência, diversos problemas e prejuízos são observados na vida do morador ribeirinho que precisa se adaptar as novas condições impostas, num contínuo viver e conviver com a dinâmica fluvial. Ao se navegar pelo rio Amazonas, observa-se em ambas as margens, diversas situações onde é possível constatar prejuízos como perda de plantações e pastagens, dificuldades de acesso ao rio, perda e mudança de residências, e perda de materiais e utensílios de pesca como canoas e malhadeiras.

O problema, por sua vez, não se restringe as populações dispersas nas margens dos rios. Recentemente, inúmeras cidades da região Amazônica estão sendo afetadas e os prejuízos chegam a atingir ruas inteiras, casas, comércios e colocar em risco um número ainda maior de pessoas. Em área urbana, o investimento em recuperação ou contenção é alto e, na maioria das vezes, não chega a ser executado.

Na seção seguinte, apresentam-se alguns dos principais eventos e situações registradas nas cidades ribeirinhas amazônicas. Em sua maioria, estas ainda se encontram em situação de risco devido às dificuldades na construção de obras de contenção.

1.1 Implicações da erosão de margem para as cidades ribeirinhas

Embora seja um problema recente em algumas cidades, causando consequências de diversas ordens, esse fenômeno não pode ser considerado como desconhecido pelas autoridades governamentais, pois nos últimos anos órgãos como o Serviço Geológico do Brasil, através da Companhia de Recursos Minerais - CPRM, assim como diferentes meios de comunicação, têm divulgado a situação e os episódios constantes que vêm ocorrendo nesses núcleos urbanos.

Entre os anos de 2008 e 2009 o Serviço Geológico do Brasil por meio da CPRM fez um primeiro levantamento dos problemas causados pelas terras caídas na calha do rio Solimões onde identificaram que 11 municípios apresentavam áreas de risco, sendo a situação da cidade de São Paulo de Olivença (AM) a mais crítica. No final do ano de 2010, o Serviço Geológico do Brasil fez um novo diagnóstico sobre os riscos provocados pelas terras caídas no médio Amazonas, onde identificaram que as cidades de Parintins (AM), localizada na margem direita do rio Amazonas e a cidade de Barreirinha (AM) que está situada na margem direita do paraná do Ramos, apresentaram-se como as cidades com maiores indícios de ocorrências.

Em junho de 2011 o Governo do Estado do Amazonas, por meio do comando de aoes da Defesa Civil, divulgou um relatório técnico dando conta de que 18 sedes de municípios estavam sendo afetadas pelas terras caídas. Entre os municípios que possuem suas sedes ameaças estão: Anam, Barreirinha, Benjamin Constant, Boca do Acre, Borba, Canutama, Careiro da Várzea, Eirunepé, Guajará, Humaitá, Iranduba, Jut, Manacapuru, Parintins, São Paulo de Olivença, Santo Antnio do Içá, Tonantins e Urucurituba. Neste diagnóstico, os técnicos classificaram ainda a situação das cidades de Parintins e São Paulo de Olivença como de alto risco.

Dessas cidades, todas estão situadas nas margens de rios de água branca e a maioria encontra-se localizada em trechos côncavos dos rios (figura 33). As margens côncavas segundo Souza (2004) são mais propícias  atuação dos processos erosivos devido  altura e verticalidade, além de receber o impacto hidráulico de forma quase frontal.

Figura 33: Vista parcial dos taludes fluviais de cidades atingidas por erosão lateral.



A – Boca do Acre em 2012; B – Juruti em 1985; C – Jutai em 2009; D – São Paulo de Olivença em 2010. Fonte: CPRM; Jornal A Crítica; Secretaria Municipal de Planejamento de Juruti.

Apesar do interesse recente de órgãos e pesquisadores por conhecimentos sistematizados sobre as terras caídas, a literatura e os meios de comunicação regional são ricos de registros históricos e até mitológico sobre o fenômeno e suas consequências.

Um dos primeiros casos registrados em área urbana que se tem notícia ocorreu sobre a ação da neotectônica há mais de 30 anos na área de confluência do rio Içá com o rio Solimões, destruindo um bairro da Vila de Santo Antônio do Içá (AM). Segundo Igreja; Carvalho e Franzinelli (2010), antes do colapso apareceram feixes de fendas com cerca de 10 cm de largura e centenas metros de comprimento, paralelos à direção do canal do rio Içá, que possuía seu terraço com aproximadamente 30 metros de altura. As 12 famílias que moravam na área tiveram somente o tempo de desmanchar suas casas e transferi-las para outro lugar mais seguro. Depois de poucos dias, o comprometido terraço, formado por sedimentos silto-argilosos e arenosos vermelhos da Formação Içá, colapsou com grande estrondo, sendo rebaixado à altura de cerca de 2 metros acima do nível do rio Içá.

De todos os casos de terras caídas que ocorreram nas cidades da calha do rio Solimões/Amazonas, nenhum foi tão catastrófico quanto o que ocorreu em Juruti, no Estado do Pará, na década de 1980. Carvalho (2012) aponta que a cidade, inicialmente construída sobre a Formação Alter do Chão, teve ao longo dos anos sua frente acrescida por sedimentos holocênicos depositados pelo rio Amazonas. Com o nível do depósito se elevando a cada ano, a prefeitura e os moradores passaram a fazer construções sobre o local. Porém em 1980, com a possível mudança no fluxo do rio e o aumento significativo do peso sobre o depósito, ocorreu o abatimento da área e o rio Amazonas retomou praticamente os 200 metros acrescidos na frente da cidade em um curto espaço de tempo.

A área urbana de Jutaí, na margem esquerda do rio Solimões, devido à declividade e à constituição litológica dos taludes fluviais sobre os quais se assenta, é muito suscetível à ocorrência de “terras caídas”. Nesse caso, o fenômeno erosivo, registrado em novembro de 2008, atuou sobre sedimentos arenosos da Formação Içá e a ruptura do barranco foi do tipo planar (CPRM, 2010).

Recentemente, diversos meios de comunicação têm noticiado os episódios que tem ocorrido com frequência em algumas cidades ribeirinhas. Segundo Carvalho (op. cit), o caso de maior repercussão na imprensa aconteceu em outubro de 2010 na cidade de São Paulo de Olivença, Estado do Amazonas, situada na margem direita do rio Solimões, que durante o período de vazante do rio foi atingida por uma sequência de três eventos, levando ruas, porto e desabrigando centenas de famílias, forçando a prefeitura do município a decretar situação de emergência.

O custo financeiro liberado pelo Governo Federal para o reparo dos prejuízos foi de R\$17 milhões para a construção de 150 casas atingidas, porto, reconstrução de uma avenida e implantação de meios de contenção.

De acordo com o diagnóstico da CPRM e em função da proporção desse episódio, São Paulo de Olivença apresenta-se como uma das cidades com margem mais instável do interior do Amazonas e é no período de vazante que esses eventos são mais constantes. A ação quase frontal do rio Solimões, associado à instabilidade da margem, estão entre os principais fatores causadores desses eventos.

Embora os danos causados pelas terras caídas sejam de maior proporção em São Paulo de Olivença, a cidade de Boca do Acre (AM), localizada na confluência dos rios Purus e Acre, os prejuízos ocasionados ao longo dos últimos anos afetam grande parte da frente da cidade. A sua posição em zona de confluência e em

margem cônica de rio com padrão meândrico estão entre os principais responsáveis pelo desaparecimento de ruas, sendo que boa parte do que era a sede do município ainda encontra-se ameaçada.

A sede do município de Careiro da Várzea, Estado do Amazonas, localizada na margem esquerda do paraná do Careiro, também decretou situação de emergência no dia 13 de março de 2016 após os sinistros que aconteceram no início do ano. Os escorregamentos com maiores proporções ocorreram no dia 26 de fevereiro, que associado a forte chuva, a turbulência do fluxo e a fragilidade do solo, atingiram as estruturas físicas da feira José Panza Filho e da Escola Municipal Francisca das Chagas da Fonseca Pinto, na Avenida José Ribamar.

Segundo a prefeitura do município, o escorregamento da margem (figura 34), ocorreu numa área de aproximadamente 1,2 mil metros quadrados, atingindo redes de águas pluviais, rede hidráulica, de distribuição de água e de energia elétrica, além de passeios públicos, meios fios, proteção de bueiro, caixas de passagens, entre outros. Na ocasião foi ainda levantada à hipótese da possibilidade do sinistro, que levou parte da Avenida José Ribamar, ter contribuído com o rebaixamento do aterro do piso da escola e também da feira do município.

Figura 34: Escorregamento da margem em frente à cidade de Careiro da Várzea.



Foto: MARJORYE, C. N. 2016.

Após o acontecimento em frente à feira municipal no dia 26 de fevereiro de 2016, a prefeitura não disponibilizando recursos apresentou um estudo preliminar a Defesa Civil do Estado do Amazonas juntamente com a estimativa de custo da obra, que foi em torno de R\$ 2,8 milhões. Porém, dias depois um novo escorregamento ocorreu em frente à Escola Municipal Francisca das Chagas da Fonseca Pinto, obrigando o poder público municipal a rever o projeto. Contudo, em abril do mesmo ano a obra de revitalização da rua foi realizada e ampliou-se o serviço de construção do muro de arrimo em frente à cidade.

Em Parintins, o problema é antigo e vem sendo notificado, conforme os registros das atas da Câmara Municipal, desde a 7ª Legislatura de vereadores do município (1973-1976). A preocupação dos poderes executivo e legislativo municipal aumentou até que durante a 8ª Legislatura de vereadores (1977-1982), foi solicitado e obteve-se junto ao Governo do Estado recursos para a construção do muro de arrimo em um trecho na frente da cidade. Durante as décadas de 1990 e 2000, esse muro foi sendo ampliado de forma fragmentada e a pressão do rio Amazonas, associada a outros fatores como as fortes chuvas e infiltrações das águas pluviais na estrutura do muro, fizeram com que a construção, além de comprometida, sofresse constantes desabamentos.

Os registros de episódios provocados pelas terras caídas em Parintins não se restringem aos dias atuais e são constatados em inúmeras matérias publicadas, documentos e registros fotográficos que retratam a ocorrência do fenômeno em décadas passadas.

No final da década de 1990, sucessivos eventos foram registrados nas ruas da frente da cidade. Em janeiro e abril de 1997, a intensidade dos sinistros chegou a destruir o aterro e parte do muro de arrimo da rua Faria Neto, obrigando a prefeitura a interditar a rua e a desapropriar as casas próximas (figura 35).

Figura 35: Situação da rua Faria Neto em janeiro de 1997.



Foto: Jornal Novo Horizonte.

Em função dos problemas causados, a estrutura de contenção da cidade passou por algumas reformas durante o final da década de 1990. Em novembro de 1997, com investimento do Governo do Estado, foi reconstruído o trecho do muro de arrimo que vai da rua Senador Álvaro Maia até a rua Coronel José Augusto, no Centro, no entanto, essa obra não foi finalizada e em janeiro e fevereiro de 2000 novos eventos ocorreram em locais onde o trabalho de reconstrução não havia sido concluído²³ (figura 36). A partir de então não se teve mais registros do acompanhamento avaliativo das condições de segurança do muro de arrimo e o mesmo continuou na década seguinte a sofrer novos desabamentos.

²³ Matérias do jornal Novo Horizonte publicadas em janeiro e março de 2000.

Figura 36: Problemas causados pela erosão do rio Amazonas em 2000.



Fonte: Jornal Novo Horizonte. A - matéria publicada em 23 de janeiro de 2000. B - matéria publicada em 13 de fevereiro de 2000.

Historicamente, ruas, propriedades e áreas importantes da cidade vêm sendo perdidas a cada ano pela erosão do rio Amazonas. Mais recentemente um projeto de engenharia foi elaborado com o objetivo de construção dos trechos que não possuem proteção, porém, por erros técnicos no projeto e possivelmente por insuficiência financeira, que na maioria das vezes depende de recurso estadual e federal, essa proposta não chegou a ser executada. Com isso a dinâmica fluvial relacionada aos fatores causadores da erosão lateral do rio Amazonas continua causando diversos problemas que constantemente ameaçam a população local.

2. Fatores causadores da erosão de margem em frente à cidade de Parintins

2.1 A geometria do rio Amazonas em frente à cidade de Parintins

A forma do canal é resposta que reflete ajustamento aos débitos fluindo através de determinada seção transversal. 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).

Para se compreender a relação entre geometria do canal e erosão lateral, foram realizados quatro perfis batimétricos transversais do rio Amazonas em frente à cidade de Parintins (figura 37). Os perfis foram elaborados a partir de medições batimétricas de diferentes trechos da frente da cidade para a margem oposta (Ilha do Espírito Santo). As expedições de campo ocorreram no período de vazante dos anos de 2014, 2015 e 2016.

Figura 37: Batimetrias realizadas no rio Amazonas em frente à cidade de Parintins.



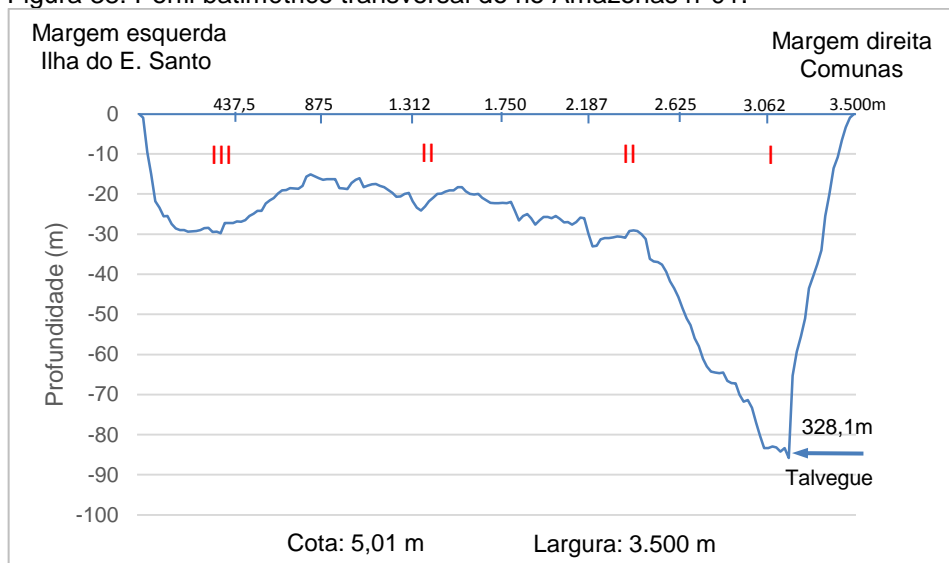
Fonte: LANDSAT-7: DGI, INPE, 2007. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Legenda: 1 - Perfil batimétrico transversal nº01; 2 - Perfil batimétrico transversal nº02; 3 - Perfil batimétrico transversal nº03; 4 - Perfil batimétrico transversal nº04.

O perfil batimétrico transversal nº 01, foi realizado a partir da praça do Comunas (margem direita: 2° 37' 30''S e 56° 44' 21''W) para o limite médio da ilha do Espírito Santo (margem esquerda: 2° 35' 36''S e 56° 44' 21''W). Nesse ponto o rio Amazonas possui cerca de 3.500m de largura. A seção transversal mostra o canal com leito assimétrico e com maior profundidade junto à margem direita. Essa assimetria de fundo é resultado da diferença na distribuição de energia dentro do canal, que é maior nas proximidades da margem direita em função da forma sinuosa do rio (figura 38).

A seção transversal indica, portanto, que a área do Comunas está seriamente ameaçada pelos ajustes do canal, pois a relação entre forma, direção do fluxo e posição do talvegue, que chega a atingir 85,8m a uma distância de 328,1m da margem, promovem condições para a ocorrência de erosão lateral e vertical acelerada nas proximidades dessa área.

Figura 38: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº01.

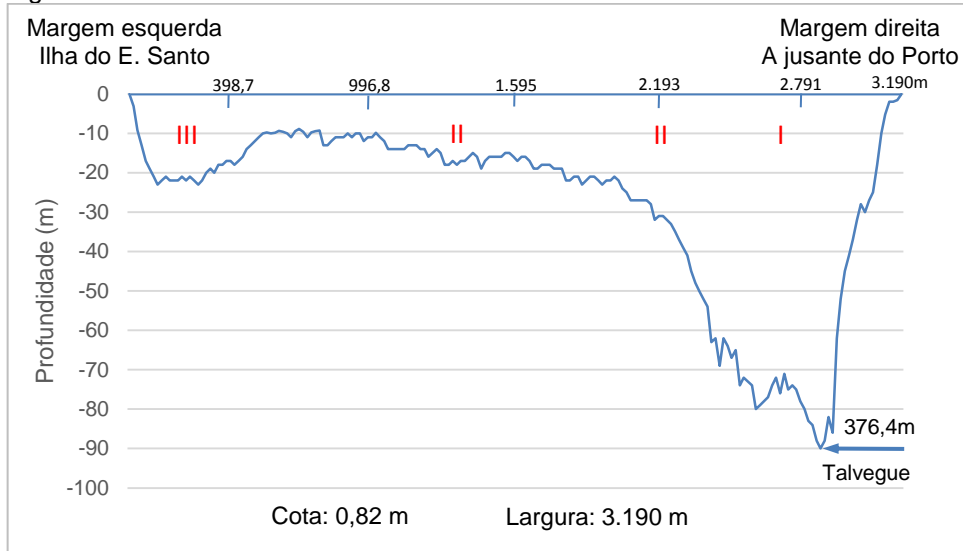


Fonte: Trabalho de campo, 28/09/2014. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Legenda: I – eixo de alta velocidade; II – intensa turbulência e velocidade moderada; III – áreas laterais de turbulência e velocidades baixas.

O perfil batimétrico nº 02 encontra-se localizado a partir do setor jusante do Porto da cidade de Parintins (margem direita: 2° 37' 23''S e 56° 44' 1''W), e se estende transversalmente até à ilha do Espírito Santo (margem esquerda: 2° 35' 39''S e 56° 44' 0''W). A largura alcançada pelo rio Amazonas neste ponto é de 3.190m e o talvegue encontra-se encaixado na margem direita (figura 39).

Figura 39: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas n°02.



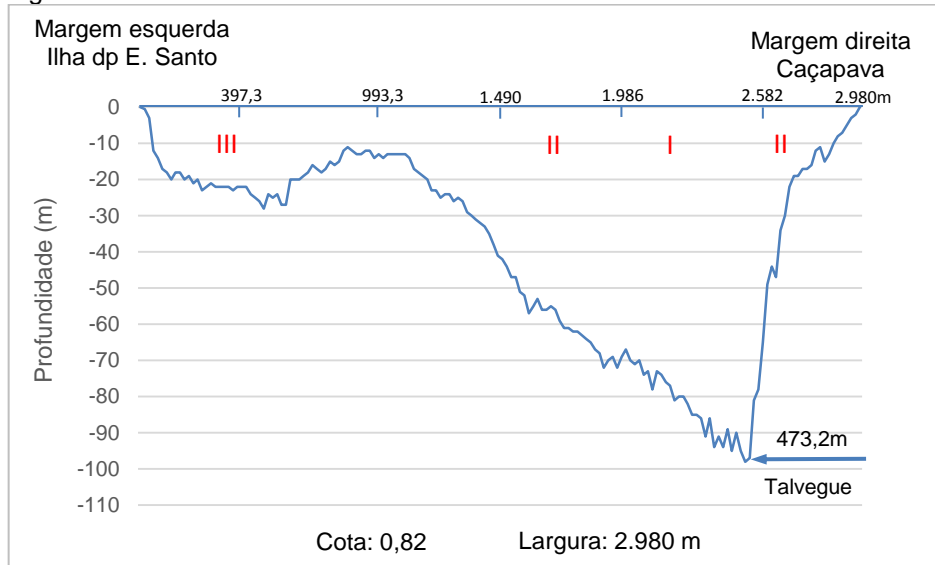
Fonte: Trabalho de campo, 16/10/2016. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Legenda: I – eixo de alta velocidade; II – intensa turbulência e velocidade moderada; III – áreas laterais de turbulência e velocidades baixas.

Embora exista diferença de cotas fluviométricas entre um período e outro de realização das batimetrias, observou-se um ligeiro aumento de energia na margem direita em relação ao perfil anterior, pois o talvegue, nesse ponto, apresentou profundidade de até 88m a uma distância de 376,4m da margem direita. Nota-se ainda que enquanto há aumento de pressão hidráulica próximo à cidade, há diminuição de energia na margem esquerda, pois o canal nesse ponto passa de 29,4m no perfil n°01 para apenas 23m no perfil n°02.

A maior profundidade e assimetria do canal, no entanto, é observada no perfil batimétrico transversal n° 03, realizado entre a Caçapava (margem direita: 2° 37' 17''S e 56° 43' 49''W) e a ilha do Espírito Santo (margem esquerda: 2° 35' 39''S e 56° 43' 49''W). Nesse ponto o canal inicia um estreitamento e atinge 2.980m, o que possivelmente causa aumento da velocidade da corrente a jusante desse trecho (figura 40).

Figura 40: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas nº03.



Fonte: Trabalho de campo, 16/10/2016. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Legenda: I – eixo de alta velocidade; II – intensa turbulência e velocidade moderada; III – áreas laterais de turbulência e velocidades baixas.

A geometria do canal permite observar que nesse ponto o talvegue do rio Amazonas torna-se largo e profundo, chegando a atingir 98m a uma distância de 473,2m da margem direita. Próximo à margem esquerda, a seção transversal aponta a existência de um canal mais raso com regularidade de 20m.

Enquanto o rio descreve maior pressão rente à margem direita, observa-se do meio do canal até próximo à margem esquerda, uma deposição sedimentar com aspecto morfológico assimétrico. Os dados de campo confirmam que nesse ponto, durante o período de vazante, surgia há algumas décadas a antiga “praia do meio”, depósito que se expandia longitudinalmente por uma faixa aluvial até jusante da cidade de Parintins (figuras 41).

Observações históricas mostram que essa barra de sedimentação longitudinal foi sendo erodida gradativamente pela ação das correntes do rio Amazonas. Os relatos de moradores mais antigos da cidade de Parintins descrevem que o local era muito visitado por banhistas para práticas de lazer e que o mesmo teria surgido pela última vez no final da década de 1980.

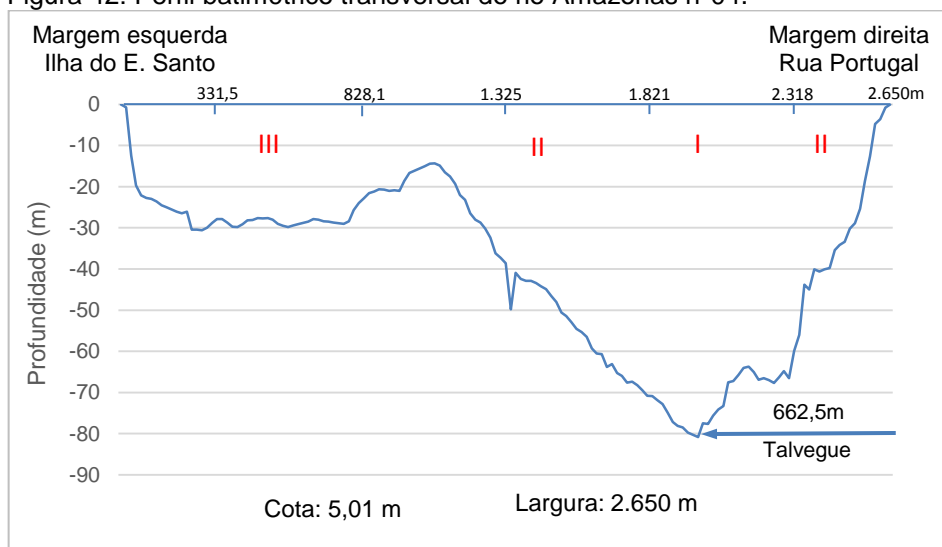
Figura 41: Antigo depósito formado no rio Amazonas próximo à cidade de Parintins.



Foto: MARTINS, O. 09/1958. Arquivo pessoal de José Camilo Ramos de Souza.

No limite inferior da seção delimitada, o levantamento batimétrico realizado entre o trecho final da rua Portugal (margem direita: $2^{\circ} 37' 9''\text{S}$ e $56^{\circ} 43' 14''\text{W}$) e a ilha do Espírito Santo (margem esquerda: $2^{\circ} 35' 43''\text{S}$ e $56^{\circ} 43' 12''\text{W}$) mostra que para jusante o canal fica mais estreito e a área ocupada pelo talvegue torna-se mais extensa, aumentando conseqüentemente áreas de maior velocidade e turbulência (figura 42).

Figura 42: Perfil batimétrico transversal do rio Amazonas n°04.



Fonte: Trabalho de campo, 28/09/2014. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Legenda: I - eixo de máxima velocidade; II - intensa turbulência e velocidade moderada; III - áreas laterais de turbulência e velocidades baixas.

Sundoborg (1956 apud Suguio e Bigarella, 1990) consideram que cada zona de máxima velocidade de um rio é acompanhada por duas zonas de máxima turbulência. Assim, observou-se que a zona I do perfil batimétrico nº 04, é caracterizada por correntes onde a velocidade é mais acentuada, as quais transportam quaisquer sedimentos em suspensão difundidos em seu interior. Na zona II observou-se intensa turbulência e velocidade moderada. E na zona III considera-se o local para onde a turbulência pode migrar, ocasionando a deposição do material em suspensão difundido na zona II.

Para fins de análise comparativa entre as características da geometria das formas de fundo do rio Amazonas em frente à cidade de Parintins, a tabela 3 mostra uma síntese dos principais dados obtidos.

TABELA 3: GEOMETRIA DO RIO AMAZONAS EM FRENTE À CIDADE DE PARINTINS.

Perfis Transversais	Largura do canal	Largura do talvegue a 30m de profundidade	Profundidade do talvegue
Perfil nº 01	3.500m	875m	85,8m
Perfil nº 02	3.190m	837m	90m
Perfil nº 03	2.980m	1.311m	98m
Perfil nº 04	2.650m	1.242m	80,8m

Org. MARQUES, R. O. 2017.

A geometria transversal do rio Amazonas mostrou que as forças hidráulicas deslocam-se em direção ao terraço fluvial onde está a cidade, pois a forma sinuosa da margem e o estreitamento do canal que varia de 3.500m de largura no limite superior para apenas 2.650m no limite inferior, contribui para que ocorra pressão comprimida do volume de água no trecho mais jusante da cidade, tornando esse setor mais suscetível a sofrer erosão.

2.2 A pressão e as forças hidráulicas atuantes no canal

Vários fatores hidráulicos afetam a estabilidade das margens, no entanto, a sua maioria depende das propriedades específicas da água que se relacionam com as forças hidráulicas atuantes dentro do canal.

Carvalho (2006) considera que no rio Amazonas os principais fatores que atuam dentro do canal e que se aponta como os principais responsáveis pela erosão

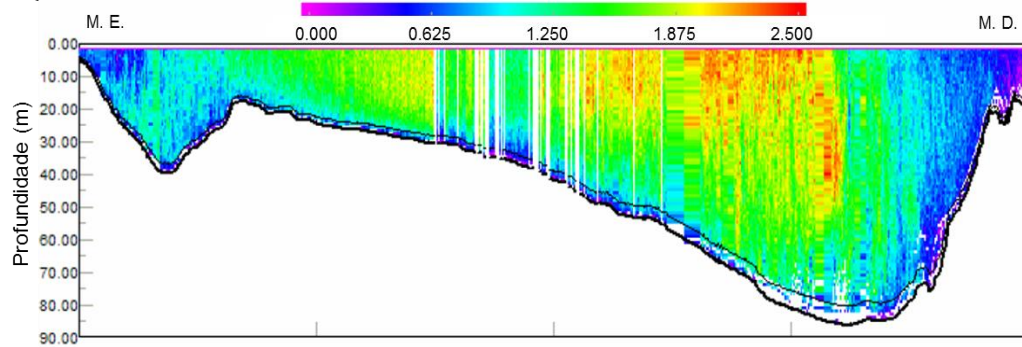
lateral acelerada é a grande energia contida em seu descomunal volume de água, associado às “macroturbulências” com que os fluxos se deslocam dentro do canal e o peso que esse volume de água exerce dentro do mesmo.

Os dados de medições hidrológicas realizadas logo a jusante da cidade de Parintins pelo Programa HiBAm, mostram que em 12 de dezembro de 2003, quando o rio Amazonas está em período de vazante, a vazão média medida foi de 107.393 m³/s. Em abril de 2005, quando o rio está enchendo, a expedição encontrou uma vazão média de 182.180 m³/s. E em junho do mesmo ano, quando o rio atinge a cota máxima de cheia, a vazão média foi de 192.262 m³/s. Ou seja, o volume de água que passa na frente da cidade varia de 107.000 a 190.000 m³/s. É sem dúvida, o ataque desse descomunal volume de água, associado com a forma turbulenta com que se desloca dentro do canal e atinge a margem que sem dúvida atua como o principal responsável pela erosão vertical e lateral, comprometendo a frente da cidade.

Em função da baixa declividade em seu perfil longitudinal, a velocidade do fluxo do rio Amazonas, ao contrário da vazão, possui pouco poder abrasivo. A velocidade média alcançada em frente à cidade durante as expedições realizadas pelo programa HiBAm em junho de 2005, foi de 1.466m/s, o equivalente a 5.27km/h. Esse dado, mesmo quando relacionado ao valor médio de 81,7 mg/l de material transportado em suspensão, atua apenas na ação corrosiva do material da margem.

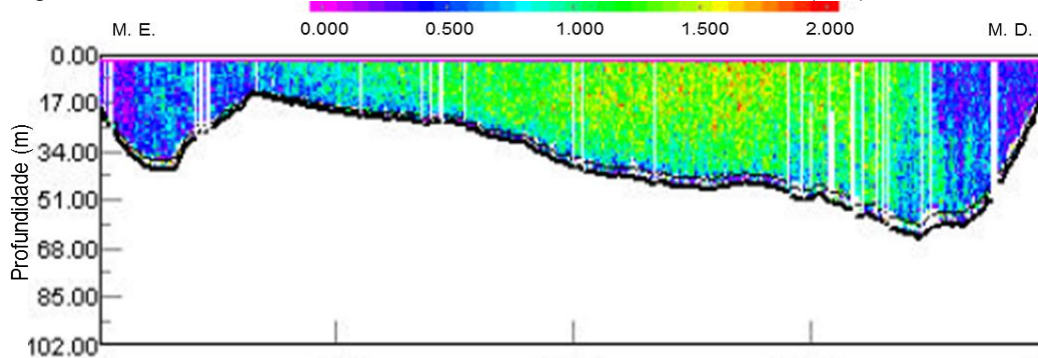
O perfil da magnitude da velocidade do rio Amazonas em frente à cidade mostra que as maiores velocidades atuantes no período da enchente ocorrem no meio do canal e se estendem até próximo a margem direita onde o talvegue está sendo encaixado (figura 43). Observou-se ainda que no período de vazante a magnitude da velocidade diminui consideravelmente (figura 44).

Figura 43: Perfil da velocidade do rio Amazonas durante a enchente (m/s).



Fonte: Projeto HiBAm – Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica. As maiores velocidades correspondem às cores quentes (amarelo ao vermelho) e os menores valores às cores frias (azul escuro ao azul claro). Data: 22/03/2005.

Figura 44: Perfil da velocidade do rio Amazonas durante a vazante (m/s).

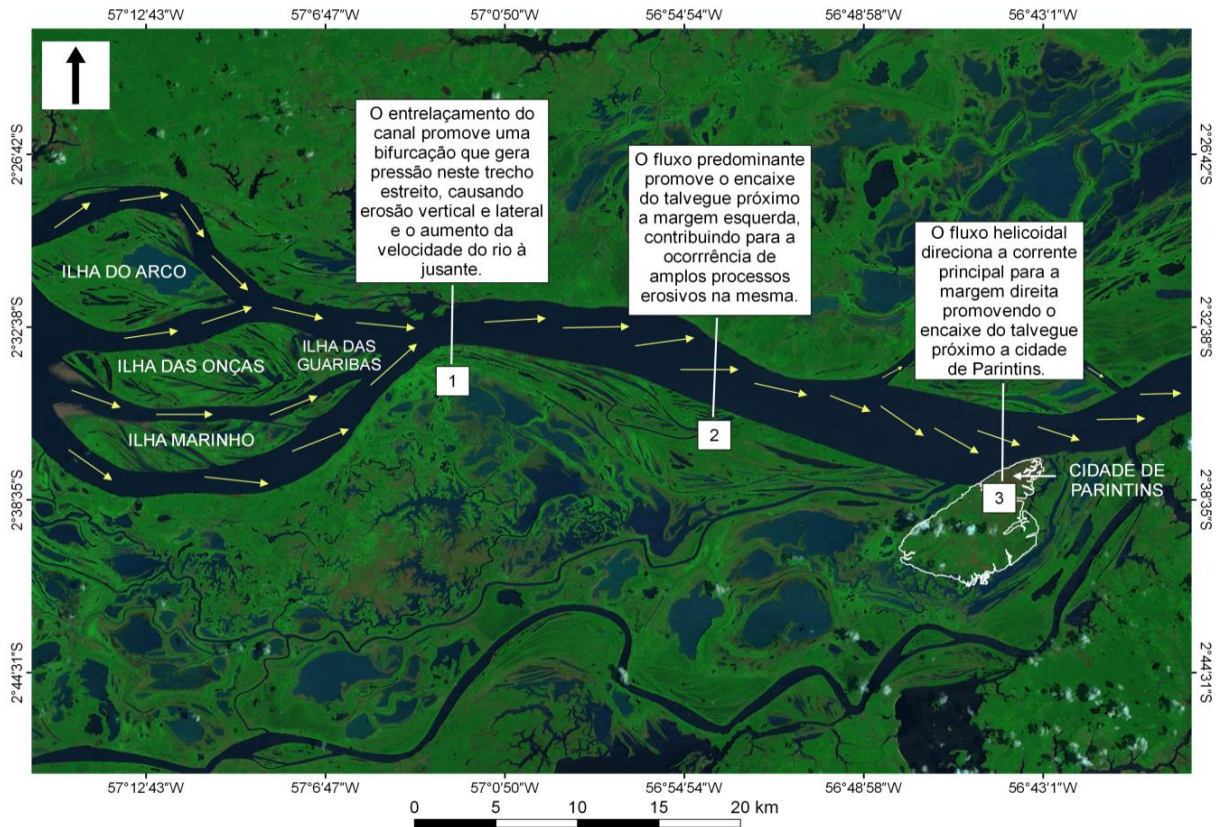


Fonte: Projeto HiBAm – Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica. As maiores velocidades correspondem às cores quentes (amarelo ao vermelho) e os menores valores às cores frias (azul escuro ao azul claro). Data: 12/12/2003.

Os locais onde o fluxo principal do rio Amazonas fica aderente ou próximo à margem, a velocidade da corrente aumenta substancialmente, causando inclusive turbulência no fluxo. Fontes (2002) considera que essa situação provoca um aumento do poder abrasivo da corrente, principalmente no lado côncavo das curvas.

A localização da cidade em um ponto de inflexão do canal favorece que a corrente seja deslocada por meio do fluxo helicoidal (figura 45). Suguio e Bigarella (1990) apontam que esse movimento atua de forma tridimensional e ataca mais as margens côncavas aumentando a sinuosidade das curvas.

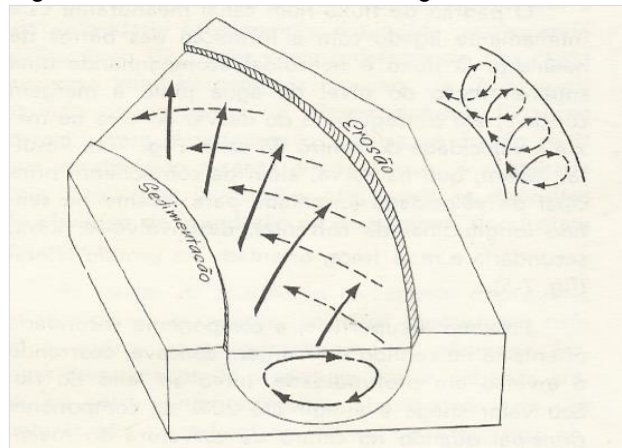
Figura 45: Padrões de fluxo e sua relação com a forma e geometria do canal.



Fonte: LANDSAT-7: DGI, INPE, 2007. Org. MARQUES, R. O. 2017.

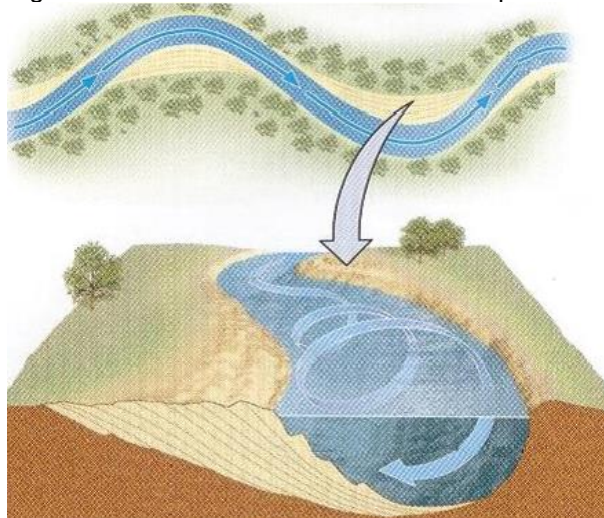
O fluxo helicoidal sempre é acompanhado da superelevação do nível da água junto à margem côncava em consequência do desvio do eixo de máxima velocidade do centro do canal. Nas figuras 46 e 47, pode-se observar a manifestação desse fluxo por meio do sentido do movimento da água tanto na superfície (seta cheia), quanto no fundo (seta interrompida).

Figura 46: Fluxo helicoidal em margem côncava.



Fonte: SUGUIO; BIGARELLA (1990).

Figura 47: Detalhe do fluxo helicoidal em perfil.



Fonte: PRESS et al. (2006).

Próximo à superfície, o máximo da intensidade do fluxo helicoidal orienta-se no sentido da margem côncava, ocorrendo o inverso em profundidade junto ao leito do canal. Na acurva seguinte o eixo de máxima velocidade desvia-se no sentido inverso, completando assim, a ação do movimento. A aceleração radial do fluxo dá origem ao excesso de pressão sobre o banco côncavo, onde se processa a erosão, e um déficit de pressão do lado oposto onde ocorre sedimentação.

Outro fator hidrodinâmico atuante no rio Amazonas são os constantes movimentos ascendentes em forma lisa e semicircular (rebojo) que se propagam, principalmente, no limite jusante da cidade. Embora essa hidrodinâmica desempenhe um importante papel na desagregação do material das margens, como verificou Sternberg (1998), os efeitos desse processo são mais acentuados na margem esquerda, cuja composição do material é menos coesa se comparado com a composição do material presente na margem direita.

2.3 A composição do material da margem

Para relacionar a erosão lateral com a composição do material foram coletadas amostras de sedimentos em três perfis da margem em frente à cidade. Por meio da análise do material foi possível quantificar a porcentagem das frações de areia, silte e argila e enquadrar o solo em determinada classe textural, bem como correlacioná-los aos processos erosivos atuantes em cada um dos três compartimentos.

O primeiro perfil onde foi feito a coleta do material da margem possui 4,2 metros de altura e encontra-se no limite superior da área de estudo, em um trecho localizado na rua Armando Prado, bairro São Benedito (2° 37' 47''S e 56° 44' 48''W), onde a erosão de margem já atingiu há alguns anos a parte lateral dessa via.

A análise granulométrica realizada no Laboratório de Geografia Física da UFAM mostrou que a classe textural do perfil é constituída de forma predominante por material franco argilo-arenoso, com as frações de areia superiores às de silte e argila em todas as amostras do pacote (tabela 4). A média do total de areia encontrado foi de 62,6%, enquanto que de silte foi de 14,8% e argila 22,5%.

TABELA 4: COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA E CLASSE TEXTURAL DO PERFIL N° 01.

Profundidade (m)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe textural
0-1	62,3	14,88	22,82	Franco argilo-arenosa
1-2	62,3	13,9	23,8	Franco argilo-arenosa
2-3	63,6	14,73	21,67	Franco argilo-arenosa
3-4	62,3	15,95	21,75	Franco argilo-arenosa

Fonte: Trabalho de Campo/2016. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Embora o pacote sedimentar possua maior concentração de material arenoso, a atual velocidade da erosão é lenta e apresenta tendência à estabilidade, evidência que se confirma pelo desenvolvimento de vegetação na margem. A erosão ocorre por meio do processo de corrasão, no entanto, é dificultada devido à presença de um estrato laterítico em profundidade, pelo acúmulo de rochas (lateríticas) soltas próximo à margem e também pela presença de material orgânico em decomposição na base do perfil (figura 48).

Figura 48: Processos erosivos verificados no perfil nº 01.



Foto: MARQUES, R. O. 18/02/2016.

O segundo perfil onde foi realizada coleta de material, localiza-se a jusante do porto, no Centro da cidade, em um trecho da margem que possui 4 metros de altura em forma de falésia fluvial devido à exposição da margem com a queda do muro de arrimo ($2^{\circ} 37' 23''S$ e $56^{\circ} 44' 01''W$).

Nesse perfil os dados granulométricos mostram que o pacote sedimentar possui frações francas arenosas intercaladas por uma camada franca argilo-arenosa, e à medida que se aprofunda até a base da margem, o percentual de argila diminui consideravelmente, favorecendo o solapamento (tabela 5).

TABELA 5: COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA E CLASSE TEXTURAL DO PERFIL Nº 02.

Profundidade (m)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe textural
0-1	60,2	19,3	20,5	Franco argilo-arenoso
1-2	61,75	18,9	19,35	Franco arenosa
2-3	59,1	15,5	25,4	Franco argilo-arenosa
3-4	60,1	38,375	1,525	Franco arenosa

Fonte: Trabalho de Campo/2016. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Em função do alto percentual de areia e da baixa concentração de argila na base, associados à verticalidade e altura da margem, a erosão ocorre principalmente por solapamento e é mais acelerada em relação ao perfil anterior (figura 49). Verifica-se ainda, em certos pontos, a formação de fissuras de direção vertical

causadas pelo ressecamento do material argiloso. De acordo com Souza (2004, p. 116) isso acontece pois.

[...] A concentração de argila faz com que os solos sejam muito plásticos e muito pegajosos quando estão úmidos, ao passo que, quando secos são extremamente duros, propiciando a formação de fendas, que os tornam vulneráveis à erosão, provocando o desmoronamento em blocos (SOUZA, 2004, p. 116).

Figura 49: Processos erosivos verificados no perfil nº 02.

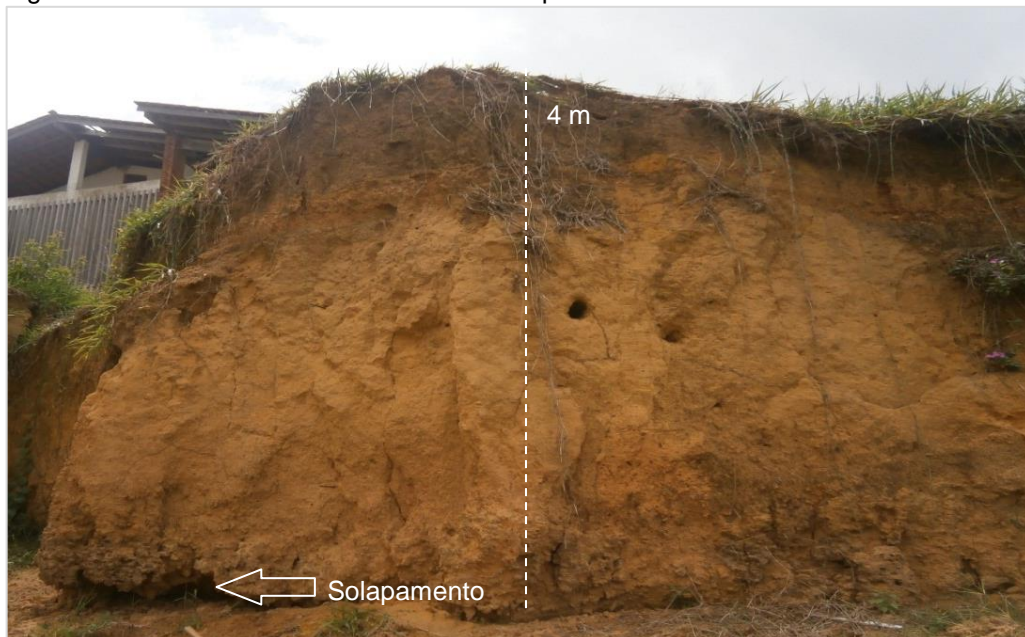


Foto: MARQUES, R. O. 18/02/2016.

O terceiro perfil encontra-se localizado na rua Portugal, bairro Santa Clara, limite mais a jusante da área de estudo ($2^{\circ} 37' 09''S$ e $56^{\circ} 44' 19''W$). A margem apresenta forma de falésia fluvial e possui 4,1 metros de altura, sendo que nesse mesmo trecho há uma variação de altura do terraço, chegando em alguns pontos a medir até 8 metros.

No primeiro metro de profundidade a classe textural do material é argilosa e há certo equilíbrio entre areia e silte, com ligeiro predomínio de silte. A partir do primeiro metro até a base, o pacote sedimentar torna-se predominantemente muito argiloso, com uma concentração de argila que chega atingir o valor médio de 64,5% do total do perfil (tabela 6).

TABELA 6: COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA E CLASSE TEXTURAL DO PERFIL N° 03.

Profundidade (m)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe textural
0-1	21	26,93	52,07	Argilosa
1-2	12,5	14,98	72,52	Muito argilosa
2-3	17,3	16,43	66,27	Muito Argilosa
3-4	19,25	13,43	67,32	Muito Argilosa

Fonte: Trabalho de Campo/2016. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Em decorrência da acentuada presença de material argiloso, a erosão lateral acontece, assim como no perfil anterior, pelo ressecamento do pacote que faz com que durante o período de vazante do rio, fissuras apareçam e se desprendam em grandes blocos que em alguns casos chegam a atingir mais de um metro (figura 50).

Figura 50: Deslocamento a partir de fissuras verticais na face da margem.



Foto: MARQUES, R. O. 18/02/2016.

A diferença de frações entre materiais ao longo do perfil possibilita ainda à ação corrosiva tanto na base quanto próximo à altura da rua (solo construído), o que permite considerar essa área da cidade como de alto risco para a circulação de pessoas e veículos de carga (figura 51).

Figura 51: Superfícies de abrasão no limite jusante da cidade de Parintins.



Foto: MARQUES, R. O. 2016. A – próximo à base. B - próximo à via.

Recentemente, Motta e Garcia (2016) realizaram uma descrição de 4 seções verticais que apontam que o principal ponto de vulnerabilidade geológica, principalmente do trecho abaixo do porto da cidade, está ligado diretamente a uma camada de arenito friável. Os perfis realizados pelos autores medem aproximadamente 10m de espessura e estão estruturados da base para o topo por:

- a) 1m de arenito amarelo a laranjado suportado por grãos grossos a fino, subangulosos a subarredondados, apresenta esfericidade baixa a média, matriz argilosa moderada, estratificação cruzada tabular com *foresets* mostrando granodecrescência ascendente;
- b) 3m de material argiloso a siltoso, maciço, mosqueado e endurecido manchas de óxi-hidróxido de Fe;
- c) 6m de material argiloso com areia disseminada (areia muito fina a silte, subarredondada a subangular com esfericidade média), maciço, levemente mosqueado e apresenta zonas endurecidas com fraturas verticais;
- d) no ponto próximo ao porto da cidade, acima da camada mosqueada, há formação de crosta ferruginosa, cavernosa, pouco matura, onde ainda se observa material argiloso e arenoso (MOTTA; GARCIA, 2016, p. 01).

Diante da estrutura vertical apresentada, a atuação das forças hidrodinâmicas diretamente na camada de arenito friável promove erosão do substrato, gerando uma feição negativa na base do perfil, fazendo com que o pacote acima desmorone.

As observações realizadas ao longo de várias campanhas e sua relação com a granulometria dos materiais presentes em profundidade a partir da face do terraço fluvial permitiu identificar a ocorrência de dois processos erosivos principais: corrasão e desmoronamento.

O processo de corrasão acontece de forma lenta e geralmente no período de cheias (SOUZA, 2004). Segundo Fernandez (1995) este processo é favorecido pelas agressivas condições do fluxo nas proximidades da margem e constitui-se no principal processo quando as mesmas possuem alta percentagem de silte e argila.

O desmoronamento ocorre por efeito da gravidade a partir das fáceis verticais das margens. Estando de acordo com Fernandez (1995) e Souza (2004), foram observados em frente à cidade dois tipos de desmoronamentos que se diferenciam pelo seu mecanismo de atuação: desmoronamento por cisalhamento e desmoronamento por basculamento.

O desmoronamento por cisalhamento está relacionado principalmente à composição granulométrica do sedimento que promove erosão na parte inferior da margem durante o período de cheias. No período de vazante, o excesso de peso na parte superior provoca o abatimento do pacote sedimentar.

O desmoronamento por basculamento ocorre quando existe maior concentração de material de granulometria mais fina (silte e argila), com alternância entre um período e outro de estiagem, provocando contínua saturação e ressecamento dos sedimentos, o que favorece a formação de fendas as quais deixam as margens propícias ao desmoronamento no início do período de cheias.

A análise granulométrica em frente à cidade mostrou que existe uma diferença na composição do material que varia do sentido montante para jusante. Os dados indicam que no perfil 01, o material é mais arenoso, no entanto, um estrato laterítico, a presença de rochas próximas à base e a vegetação contribuem para a estabilidade da área, ao passo que a jusante, no perfil 02, não tendo estas condições e apresentando frações de areia superiores as de silte e argila, a erosão é mais acelerada. No limite inferior (perfil 03), a elevada concentração de argila e suas propriedades fazem com que a erosão seja mais acentuada, pois condiciona a

ocorrência de fissuras verticais que promovem o desmoronamento de blocos da parte superior e média da margem.

2.4 Os fatores climáticos e seus efeitos

A atuação dos fatores climáticos na desagregação do material das margens é amplamente observada e considerada no conjunto de mecanismos que envolvem a erosão marginal dos canais fluviais. No rio Amazonas, Carvalho (2006) e Meis (1968) apontam que as chuvas e, sobretudo, os ventos com direção predominante ao sentido oposto da corrente do rio estão entre os fatores que contribuem mais diretamente com esse processo.

Na região Amazônica, Tricart (1977) observou que a grande concentração de chuvas em determinados meses do ano provoca infiltração do pacote sedimentar e conseqüente desmonte do material das margens por excesso de peso e desagregação do material saturado. Embora se verifique com mais intensidade sobre formações holocênicas em função das propriedades do material, a concentração de fortes chuvas também atua de forma significativa em terrenos mais antigos, inclusive em área urbana.

A estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, localizada na cidade de Parintins, mostra que o período chuvoso começa a se intensificar a partir dos meses de novembro/dezembro e se estende até final de março/abril. Observa-se que nos primeiros quatro meses do ano o índice médio é superior a 300 mm e chega a mais de 380 mm no mês de março, quando se verifica a maior potência líquida nessa estação (tabela 7).

TABELA 7: MÉDIAS MENSAIS PLUVIOMÉTRICAS DA ESTAÇÃO DE PARINTINS: 1985-2015.

Mês	Média pluviométrica (mm)
Janeiro	306,8
Fevereiro	349,3
Março	384,6
Abril	333,2
Maiο	295,3
Junho	198,4
Julho	158,9
Agosto	75,3
Setembro	56,6
Outubro	70,3
Novembro	117,1
Dezembro	216,6
Total	2.562,4

Fonte: INMET. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Apesar da concentração de chuvas no local não ser responsável pela subida do nível do rio Amazonas, e sim as precipitações que ocorrem no curso superior dos seus afluentes, o período de maior índice pluviométrico registrado em Parintins coincide com a subida de nível do rio Amazonas e assim, associa-se o efeito erosivo causado pelas chuvas ao aumento da velocidade do fluxo e o conseqüente aumento da pressão do volume de água sobre as margens.

Os dados do INMET mostram que no ano de 2013, quando se registrou a maior média pluviométrica dos últimos 15 anos na estação de Parintins, as maiores médias ocorreram em janeiro, quando atingiu 709,2 mm precipitados durante 25 dias desse mês e em março quando a média alcançou 666,9 mm, sendo que só no dia 24 choveu 128,9 mm (tabela 8). Essa concentração de chuva tem a capacidade de acelerar o processo erosivo sobre as margens por meio da infiltração do pacote sedimentar, como também contribui com o processo de erosão superficial sobre as mesmas.

TABELA 8: COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO DA ESTAÇÃO DE PARINTINS EM 2013.

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA: PARINTINS-AM				
MESES:	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM 2013			
	Altura Total (mm)	Máxima em 24 Horas		Dias de chuva
		Altura (mm)	Data	
Janeiro	709,2	109	24	25
Fevereiro	179,1	49,5	25	15
Março	666,9	128,9	24	24
Abril	213	28,6	9	21
Maio	339	114,2	17	22
Junho	210,8	47,1	9	20
Julho	291,5	80	24	17
Agosto	194,5	40,3	17	14
Setembro	74,5	31,6	3	9
Outubro	73,1	23,4	20	6
Novembro	60,9	21,5	12	8
Dezembro	213,7	51,2	28	16
Total:	3.226,2			197

Fonte: INMET. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Em Parintins a concentração de chuvas no início do ano foi considerada pela Defesa Civil do município como responsável pelos sinistros que ocorreram em 09 e 27 de março de 2016 no trecho da margem que compreende a rua Caetano Prestes, bairro Centro, quando no primeiro evento a escadaria e um trecho do muro de arrimo com mais de 20 metros cederam. Dezesete dias depois a erosão causada pela precipitação e infiltração das águas pluviais atingiu parte da referida rua ficando a poucos metros das residências.

Registros que se tem sobre a erosão em frente à cidade publicados em matérias da década de 1990 e início de 2000 também se reportam ao evento associando o mesmo as pesadas chuvas que precipitam no início do ano. Portanto, considera-se que a concentração de fortes chuvas que acontecem nos quatro primeiros meses, associadas à pressão da água corrente que se acentua com a subida das águas, atua de forma significativa no processo de erosão das margens.

Com relação à ação dos ventos, Fontes (2002, p. 199) considerou que este fator atua de forma indireta na erosão das margens, pois “eles são em parte responsáveis pela formação das ondas e estas, sim, atuam diretamente na remoção de partículas das margens”.

O efeito da ação dos ventos na formação de ondas com poder abrasivo fica claro em trabalhos como de Fernandez (1995) que, dentre outros fatores, concluiu

que o principal agente erosivo das margens do Lago da Usina Hidrelétrica de Itaipu são as ondas formadas por corredores de vento.

O vento exerce uma força de arraste sobre a superfície do espelho d'água e esta força é responsável pela geração das ondas. Simons (1982, apud Fontes, 2002) aponta que a magnitude e frequência destas ondas superficiais geradas pelo vento são dependentes de variáveis como velocidade, duração, distancia atingida em função da sua direção, orientação, dimensões da superfície de água exposta a ação do vento, profundidade e outras variáveis menores.

As condições relacionadas à velocidade e direção predominante do vento que adentram em sentido oposto ao fluxo (ventos de nordeste), bem como as características do rio Amazonas em frente à cidade de Parintins, que possui uma calha larga e pouco sinuosa, variável entre 3.500m de largura no limite superior e 2.650m no limite inferior e com profundidade máxima que chega a uma média de 87m, apresenta condições favoráveis à ação dos ventos e a formação de corredores de vento que atuam na formação de ondas.

De acordo com os dados disponíveis na estação meteorológica do INMET em Parintins, as maiores incidências de tempestades acompanhadas de rajadas de vento acontecem no meio do ano com máximas que variam entre 51 a 60 km/h (tabela 9). O uso de biruta e anemômetro em campo mostrou que rajadas com essa intensidade são capazes de formar sequências de ondas e turbulências no rio Amazonas, colocando em risco a navegação.

TABELA 9: RAJADAS MÁXIMAS DE VENTO REGISTRADAS EM PARINTINS (k/h).

Meses	2012	2013	2014	2015
Janeiro	41,7	47,5	39,9	NULL
Fevereiro	48,2	51,48	43,2*	NULL
Março	41,7	47,5	NULL	46,8
Abril	43,2	40,3	40,6	44,6
Mai	60,1	39,2	59,0	45,7
Junho	60,1	51,1	56,5	52,9
Julho	53,2	59,4	NULL ***	24,4**
Agosto	53,6	59,7	NULL	NULL
Setembro	40,6	48,6	NULL	NULL
Outubro	39,6	48,2	NULL	NULL
Novembro	35,6	47,5	NULL	NULL
Dezembro	46,8	46,8	NULL	NULL

Fonte: INMET. Org. MARQUES, R. O. 2017. *Dados disponíveis até dia 14. **Dados disponíveis até o dia 04. ***Horário sem dados disponíveis por problemas técnicos.

Devido possíveis falhas decorrentes de problemas (pane) nos sensores ou sinais de satélite, os dados representados com o código NULL não estão disponíveis no sistema do INMET, no entanto, pelos dados que se tem é possível observar que a frequência de máximas acima 50 km/h ocorre entre os meses de maio e agosto. Isto mostra que a formação de corredores de vento com maior intensidade coincide com o período em que rio atinge seu pico de enchente e se estende até o momento em que o mesmo passa descer com maior velocidade.

2.5 A ação humana na aceleração do processo

A erosão lateral do rio Amazonas é um processo de origem natural que resulta dos ajustes do canal e que chega a envolver uma ação conjunta de fatores, no entanto, a participação humana na aceleração do processo é recente e atua em menor escala do que os demais fatores envolvidos (CARVALHO, 2012).

Dentre as ações humanas que potencializam a erosão lateral na cidade de Parintins, considera-se que a sinuosidade da margem pode estar sendo forçada pela construção e elevação de duas vias sobre um canal que antes fluía por entre a cidade e que no período de enchente se ligava as águas do rio Amazonas.

A elevação do nível da rua Paraíba no bairro Itaúna I, e principalmente a construção do trecho da rodovia Odovaldo Novo, no bairro São José, possivelmente tiveram implicações no direcionamento do fluxo do rio Amazonas nas proximidades da cidade.

Estas vias que foram construídas transversalmente sobre a extensão do referido canal, podem estar contribuindo para a intensificação do processo de erosão lateral em frente à cidade, pois durante o período de cheia, o mesmo poderia amenizar a pressão hidráulica do rio Amazonas, no entanto, ao ser alocado o aterro, criou-se condições para o aumento da pressão hidráulica a jusante que pode tornar a margem ainda mais sinuosa.

Outro fator que possui relação com o processo de erosão lateral foi a retirada de rochas do extrato laterítico da base da margem na frente da cidade, o que contribuiu para a aceleração dos processos erosivos dos trechos que não possuem muro de arrimo. Essa formação laterítica consiste em uma proteção natural, no entanto, em alguns locais como na rua Armando Prado, próximo a Colônia dos

Pescadores, essas rochas foram sendo retiradas por administrações públicas passadas e também por moradores para a construção de residências.

A canalização da rede do esgoto doméstico e pluvial da cidade também contribui para o processo de desbarrancamento da margem. O sistema de esgoto da cidade no início da década de 1980 atingia aproximadamente 10 ou 20% das áreas que necessitavam desse serviço. Parte desse sistema foi construído na década de 1960 e em alguns locais o mesmo já precisava de reparos. Segundo o livro de Atas Câmara Municipal de Parintins, a partir da década de 1980 esse sistema começou a ser ampliado para toda cidade, no entanto, nas “ruas da frente” a rede de esgoto foi em sua maior parte direcionada para o rio Amazonas e a mesma passou a escoar as águas pluviais e das residências sobre a zona de erosão do rio.

Atualmente o escoamento superficial da água esgoto, bem como sua infiltração, também tem contribuído para o comprometimento de alguns trechos da estrutura do muro de arrimo, como é o caso da praça do Comunas no centro da cidade (figura 52).

Figura 52: Situação do muro de contenção em frente à praça do Comunas.



Foto: A – CARVALHO, J. A. L. 2014. B – SOUZA, I. M. A. 2014.

Outro fator de ordem antrópica que acelera o processo é a formação de ondas geradas pelo deslocamento de barcos regionais, lanchas expressos e navios pelo rio Amazonas. O efeito desse processo na desagregação das margens do rio Amazonas foi observado nas obras de Carvalho (2006; 2012). No entanto, Christofolletti (1981, p. 235 a 236), chama atenção para o fato que o registro da sua ação erosiva nas margens dos rios nem sempre são conservados.

Nos trechos aluviais, todavia, as marcas e as formas topográficas erosivas são facilmente obliteradas pela sedimentação posterior ou pela intensa movimentação detrítica [...]. Ao contrário, as marcas erosivas e as formas topográficas em leitos rochosos são mais perenes, facilmente percebidas e criam a imagem falsa de que a erosão só é atuante nesses trechos.

O registro erosivo dos banzeiros sobre as margens, embora difícil de reconhecer e quantificar, não pode ser desconsiderado enquanto agente que atua de forma direta na erosão lateral, pois, mesmo possuindo pouco poder abrasivo quando deslocado em baixa intensidade, sua ação acontece a quase todo momento devido ao contínuo fluxo de embarcações pelo rio Amazonas.

A ação conjunta dos fatores de ordem humana associados às causas naturais é amplamente observada pelos moradores dessas áreas que, cotidianamente, ao conviver com o fenômeno, passam também a conhecer sua forma de atuação.

Quando chove, eu tenho medo, eu não durmo a noite todinha, eu fico acordada pensando, eu abro a janela e fico olhando. Eu digo assim: quando é nesses tempos de chuva, os ventos vêm tudo para cá, e quando tá cheio que esses navios passam que o banzeiro dá, ele dá muito forte, chega a gente sente ele bater, a terra treme, e outra, que as pedras, porque na verdade, quando aqueles tratores fizeram tipo uma rua aqui, eles arrancaram todas as pedras, aí é por isso que agora só tem quase barro e aí quando chove, cai tudinho esses barranco (relato de uma moradora da rua Armando Prado).

Além dos barcos regionais, os navios também têm contribuído com o aumento do solapamento das margens. Segundo Carvalho (2006 p. 84) “o aumento no trânsito dessas grandes embarcações de carga foi intensificado no rio Amazonas a partir da década de 1970, em função do desenvolvimento da Zona Franca de Manaus”. Como Parintins encontra-se no rio Amazonas a jusante de Manaus, as grandes embarcações de carga vindas a partir do Atlântico para a capital do Estado, inevitavelmente precisam passar em frente à cidade, e embora, na maioria das vezes reduzam sua velocidade, a onda formada ainda chega a deslocar um grande volume de água contra as margens.

3. Evolução multitemporal do rio Amazonas no município de Parintins

3.1 A dinâmica fluvial no período de 1985 a 1998

O primeiro período da sobreposição corresponde a um intervalo de treze anos e as imagens utilizadas para essa análise datam de 09/08/1985 e 13/08/1998, sendo as cotas fluviométricas de 5,77 m e 6,08 m, com variação de 31 cm.

Com relação ao processo erosivo, observa-se que este foi mais intenso nos trechos sinuosos localizados na margem esquerda do paraná do Arari e na margem direita do rio Amazonas, entre a localidade Borrvalho e Saracura, locais onde possivelmente o talvegue está sendo encaixando devido o desvio do fluxo principal pela presença das ilhas. Verifica-se ainda que, devido ao impacto hidráulico, a face lateral esquerda das ilhas do Arco e das Onças sofreu erosão de forma que a mudança do fluxo promoveu alargamento dos paranás entre as mesmas.

Entre o complexo de ilhas até a jusante da cidade de Parintins, o processo erosivo foi predominante pela margem direita e se estende com maior intensidade da localidade Águia até a foz do paraná do Limão. Quando atinge o terraço fluvial da cidade de Parintins em ponto de inflexão do canal, a erosão torna-se menos intensa devido à composição litológica ser mais resistente.

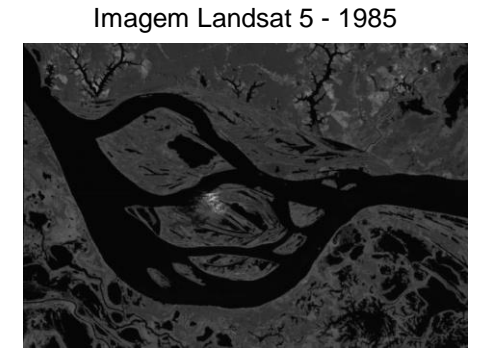
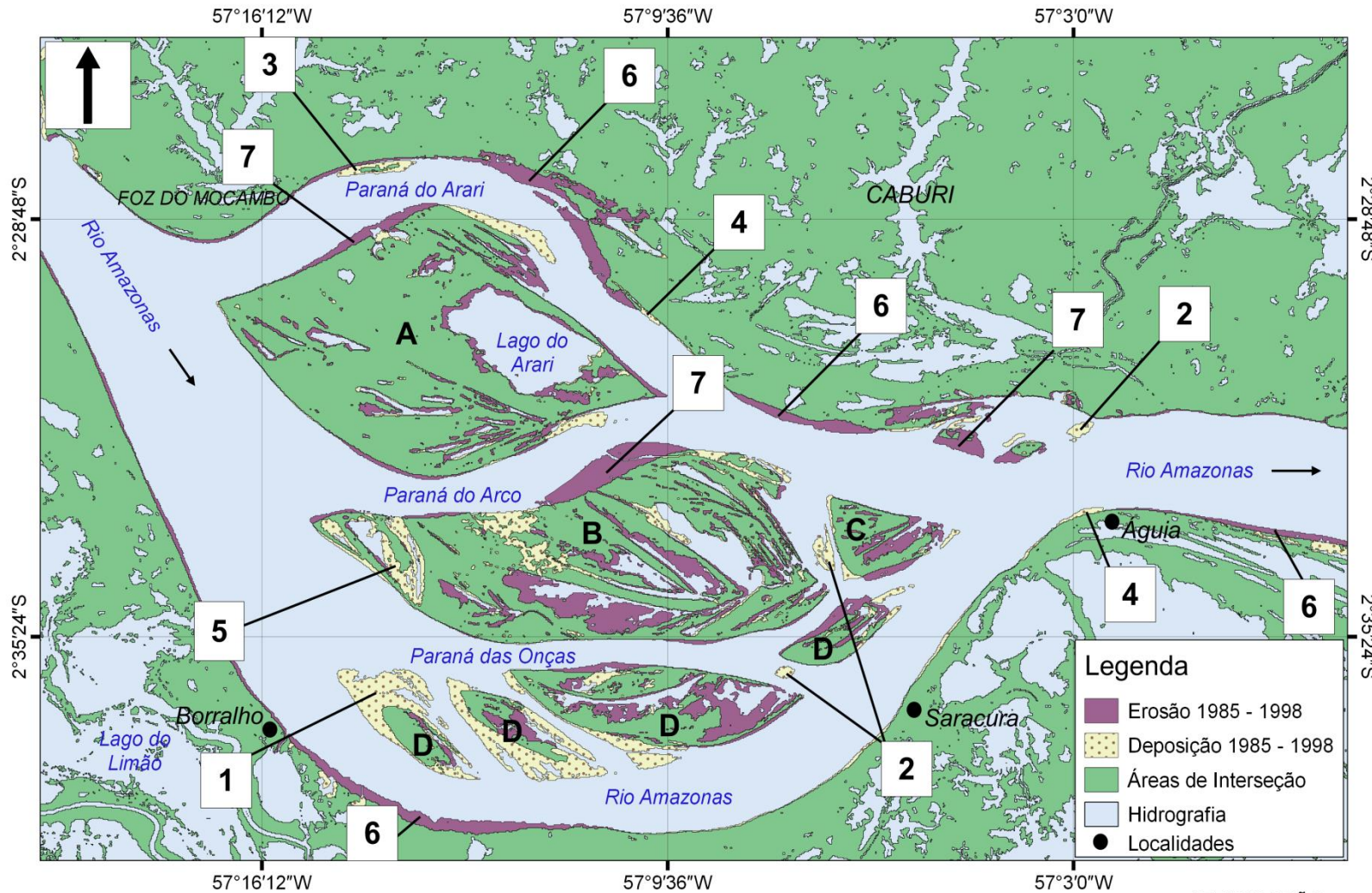
Pela margem esquerda a erosão foi visualmente menor, exceto na ilha do Espírito Santo, onde o fluxo passa a ser submetido a uma bifurcação formada pelo encontro entre o rio Amazonas e o paraná do Espírito Santo, promovendo erosão em toda margem esquerda do referido paraná e principalmente na face montante da ilha do Espírito Santo.

De modo geral, é possível observar que dentre os processos erosivos ocorreram, simultaneamente, erosão nas margens e erosão parcial em ilhas.

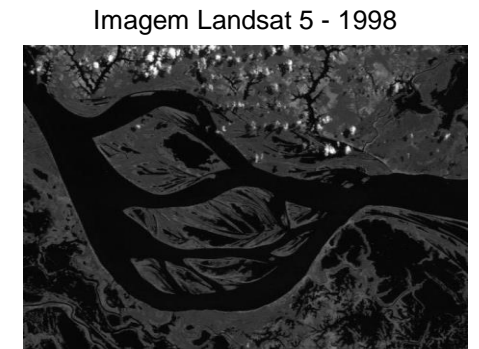
Com relação à deposição, verificou-se que o maior acréscimo de sedimentos ocorreu no complexo de ilhas. Dentre estes, verificam-se cinco processos principais: deposição em ilha, novas ilhas formadas, barras laterais acrescidas à planície de inundação, deposição em dique marginal e colmatação de lagos.

As principais alterações no canal por erosão e deposição no intervalo entre 1985 e 1998 podem ser observadas nas figuras 53 e 54.

Figura 53: Evolução holocênica do rio Amazonas entre 1985 e 1998. Folha 1.



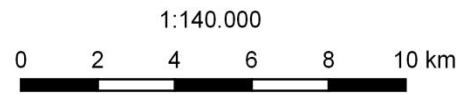
Fonte: INPE.



Fonte: INPE.

PROCESSOS FLUVIAIS

- 1 - Deposição em ilha
- 2 - Novas ilhas formadas
- 3 - Barras laterais acrescidas à planície
- 4 - Deposição em dique marginal
- 5 - Colmatação de lagos
- 6 - Erosão das margens
- 7 - Erosão parcial em ilha



- A - Ilha do Arco
- B - Ilha das Onças
- C - Ilha das Guaribas
- D - Arquipélago de ilhas Marinho

LOCALIZAÇÃO



ARTICULAÇÃO

Folha 1

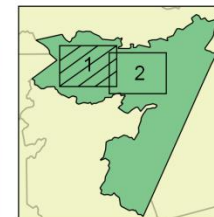
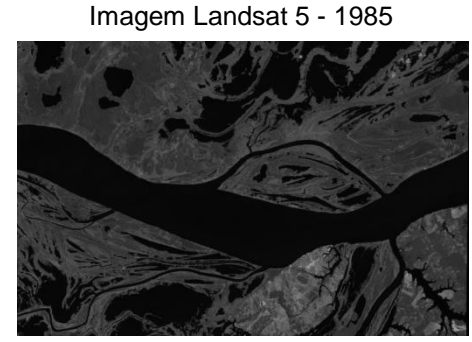
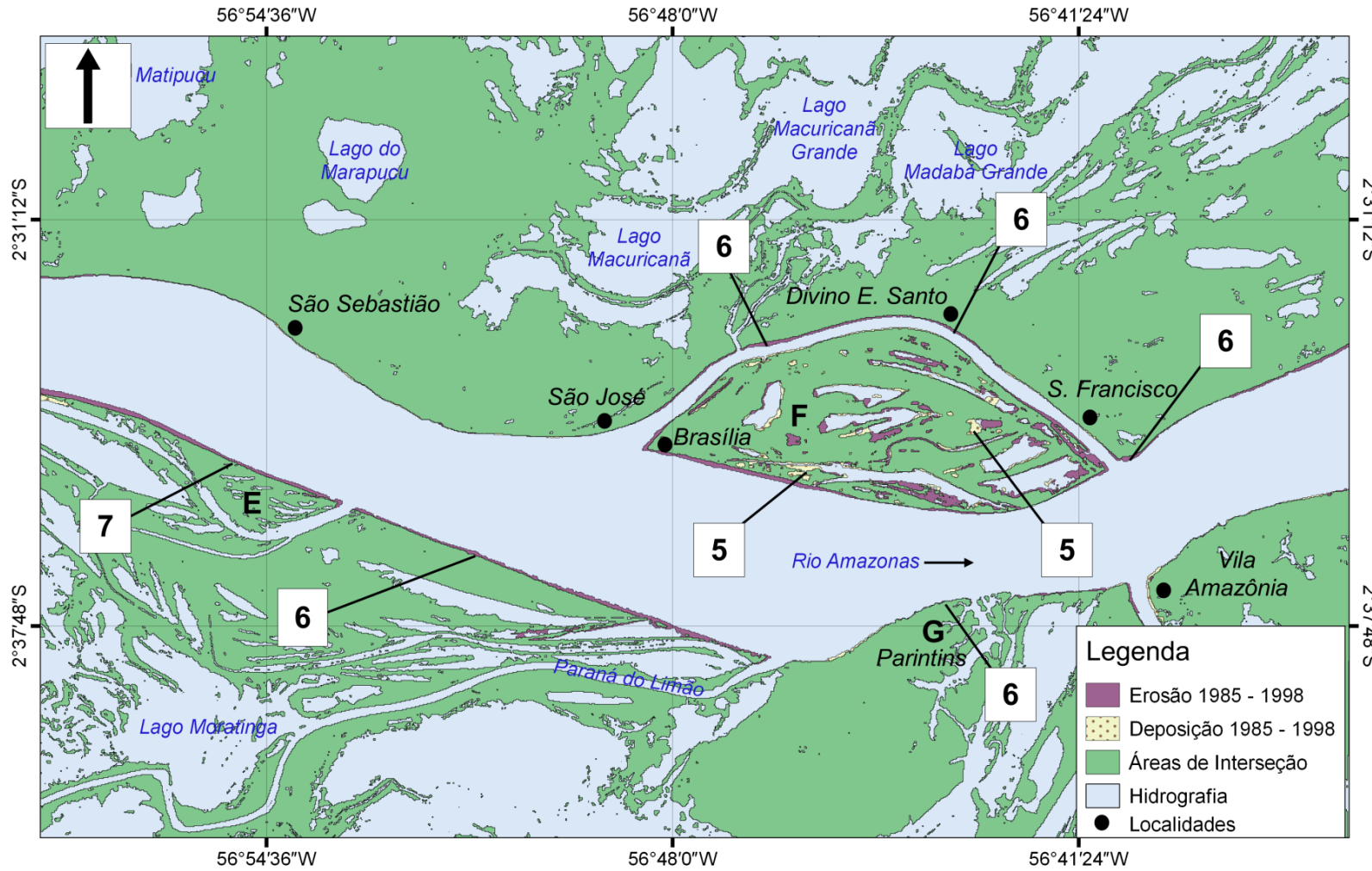
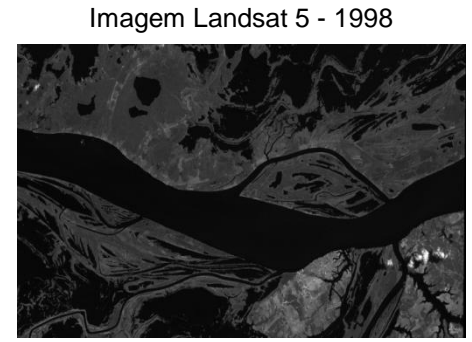


Figura 54: Evolução holocênica do rio Amazonas entre 1985 e 1998. Folha 2.



Fonte: INPE.

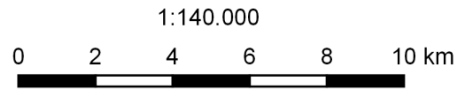


Fonte: INPE.

Legenda

- Erosão 1985 - 1998
- Deposição 1985 - 1998
- Áreas de Interseção
- Hidrografia
- Localidades

- PROCESSOS FLUVIAIS**
- 5 - Colmatação de lagos
 - 6 - Erosão das margens
 - 7 - Erosão parcial em ilha



- E - Ilha do Xibuí
- F - Ilha do Espírito Santo
- G - Terraço fluvial de Parintins

LOCALIZAÇÃO

ARTICULAÇÃO Folha 2

A principal mudança ocorreu no arquipélago das ilhas Marinho, onde o rio passou a depositar uma extensa área de sedimentos, levando a considerar que houve redução da velocidade da corrente por conta da distância em relação ao talvegue que se encontra encaixado na margem direita. A deposição no interior das ilhas foi significativa durante as fases de transbordamento da planície de inundação, causando colmatação em lagos e paranás.

Considerando a área total, constatou-se que as áreas perdidas por erosão correspondem a aproximadamente 47,78 km², destacando-se os processos erosivos nas margens sinuosas, no complexo de ilhas e na margem direita do rio Amazonas. As áreas acrescidas somaram aproximadamente 25,96 km² com destaque para a deposição na face montante do arquipélago das ilhas Marinho e colmatação no interior das demais ilhas. De acordo com os dados houve predominância dos processos erosivos sobre os deposicionais, onde as taxas de erosão e deposição anuais corresponderam a 3,67 km²/ano e 1,99 km²/ano, respectivamente.

3.2 A dinâmica fluvial no período de 1998 a 2015

O segundo período compreende um intervalo de dezessete anos e as imagens utilizadas datam de 13/08/1998 e 13/09/2015, sendo as cotas fluviométricas de 6,08 m e 6,55 m, respectivamente, com variação de 47 cm entre ambas as datas de passagem do satélite.

Nesse intervalo é possível notar que a paisagem marginal e flúvio-lacustre apresentou, em sua maior parte, mudanças nas mesmas áreas atingidas no período entre 1985 e 1998, no entanto, em outras áreas houve inversão de processos, ou seja, áreas antes atingidas por erosão passaram a formar zonas de depósito, assim como estas, no segundo momento, sofreram perdas parciais por conta da erosão marginal (figuras 55 e 56).

Em detalhe, é possível observar que em relação ao processo erosivo ocorreu, simultaneamente, erosão nas margens, erosão parcial em ilha e erosão total em ilha. Acrescenta-se, nesse intervalo, a ocorrência de um evento de terra caída em grande escala na localidade Costa da Águia em março de 2007, que foi associado ao abatimento do pacote sedimentar por acomodação do leito, formando uma enseada com 620m de frente por 480m de fundo, o equivalente a 297.600 m² (IGREJA; CARVALHO; FRANZINELLI, 2010; CARVALHO et al. 2010; CPRM, 2007).

Figura 55: Evolução holocênica do rio Amazonas entre 1998 e 2015. Folha 1.

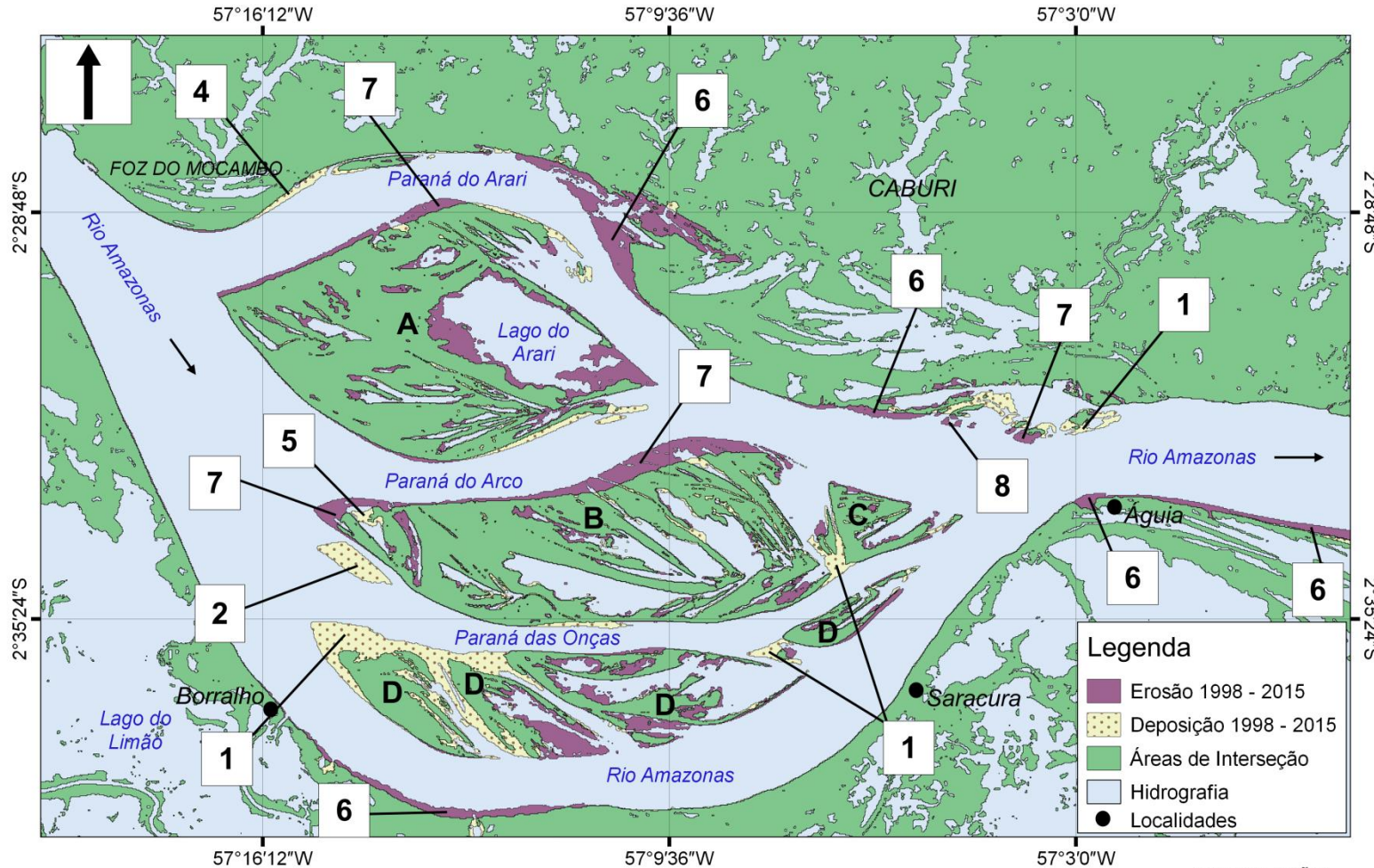
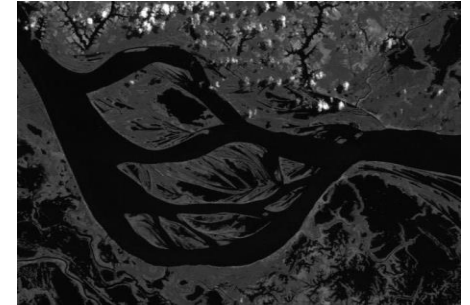


Imagem Landsat 5 - 1998



Fonte: INPE.

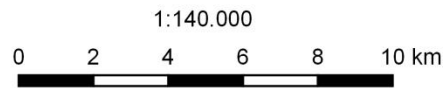
Imagem Landsat 8 - 2015



Fonte: U.S. Geological Survey.

PROCESSOS FLUVIAIS

- 1 - Deposição em ilha
- 2 - Novas ilhas formadas
- 4 - Deposição em dique marginal
- 5 - Colmatação de lagos
- 6 - Erosão das margens
- 7 - Erosão parcial em ilha
- 8 - Erosão total em ilha



- A - Ilha do Arco
- B - Ilha das Onças
- C - Ilha das Guaribas
- D - Arquipélago de ilhas Marinho

LOCALIZAÇÃO



**ARTICULAÇÃO
Folha 1**

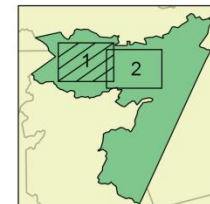


Figura 56: Evolução holocênica do rio Amazonas entre 1998 e 2015. Folha 2.

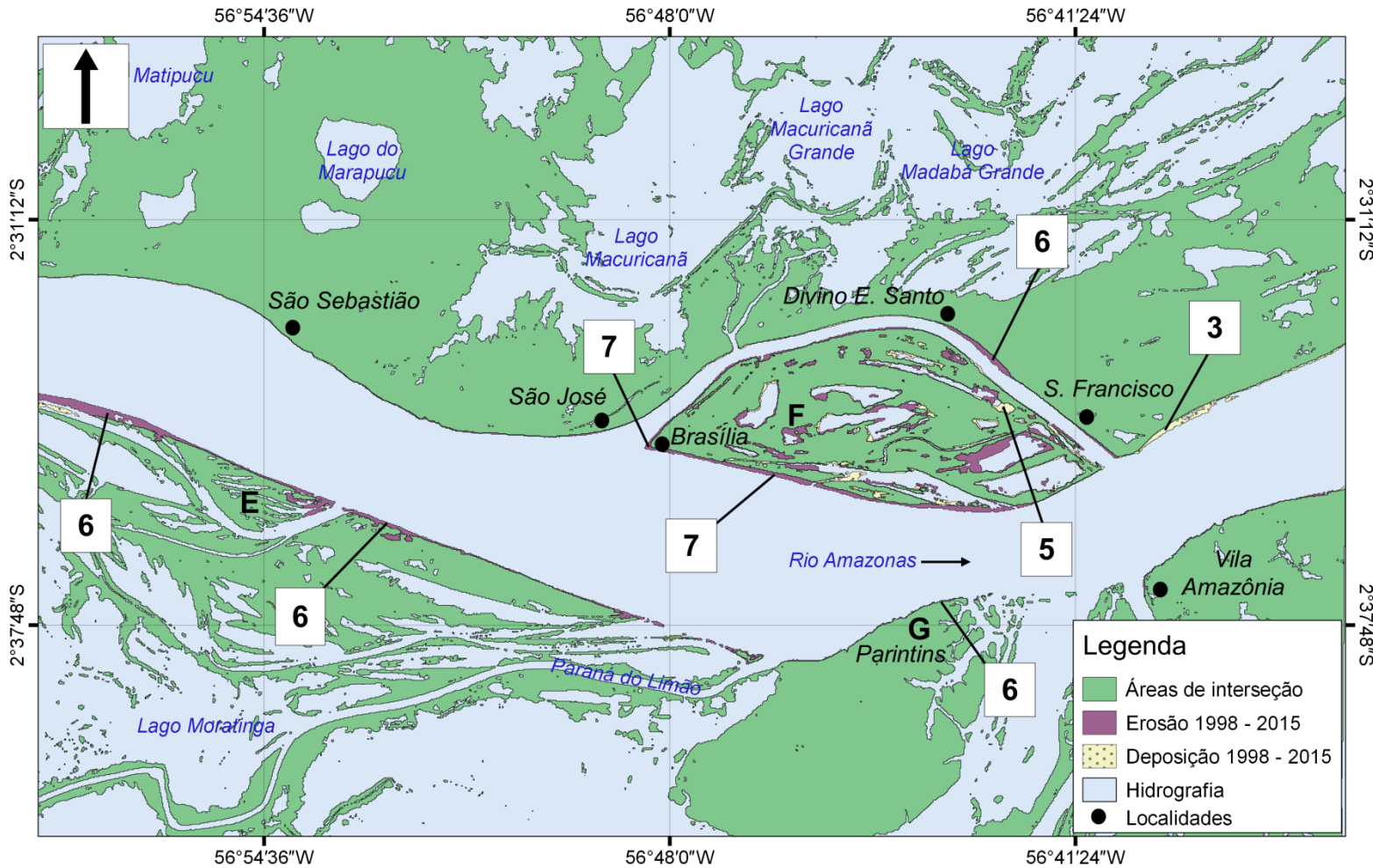


Imagem Landsat 5 - 1998



Fonte: INPE.

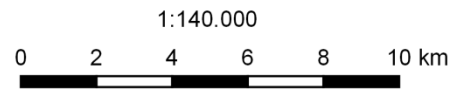
Imagem Landsat 8 - 2015



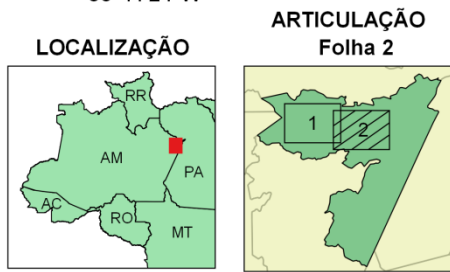
Fonte: U.S. Geological Survey.

PROCESSOS FLUVIAIS

- 3 - Barras laterais acrescidas à planície
- 5 - Colmatação de lagos
- 6 - Erosão das margens
- 7 - Erosão parcial em ilha



- E - Ilha do Xibuí
- F - Ilha do Espírito Santo
- G - Terraço fluvial de Parintins



A faixa marginal afetada (figura 57) durante esse episódio é composta por cinturões de sedimentos holocênicos incoesos e até o ano de 1998, como mostra o mapa de 1985-1998/ folha 1 da figura 48, havia predomínio de processos deposicionais junto a margem.

Figura 57: Evento ocorrido na Costa da Águia em março de 2007.



Fonte: CARVALHO, J. A. L. (2007). A – localidade atingida por sucessivas ondas; B – perda de áreas de cultivo de malva (fibra); C – embarcações lançadas para fora do canal indicando a grandeza das ondas; D – enseada semicircular formada após o evento.

Os professores da UFAM José Alberto Lima de Carvalho (Depto. De Geografia) e Hailton Luiz Siqueira da Igreja (Depto. de Geologia) que estiveram no local cinco dias após o evento identificaram que o mesmo provocou o abatimento intermitente de camadas de sedimentos da base para o topo, provocando no rio ondas de aproximadamente seis metros de altura originada a cerca de 400m da margem, tendo como consequência os seguintes danos: 130 pessoas atingidas, morte de um agricultor; trinta e duas residências danificadas; perda de aproximadamente 20 hectares de malva; perdas de três embarcações, perda de duas residências e de áreas de cultivo de malva (fibra).

Técnicos da CPRM corroboraram parcialmente com a interpretação dos professores e ampliaram a mesma e em relatório²⁴, sugeriram estudos detalhados durante os períodos de enchente e vazante ao longo da calha do rio para o acompanhamento da dinâmica fluvial e sua influência na área afetada.

Em todo o canal as localidades com maiores alterações ocorreram nas bordas das ilhas, entre a localidade Borralho e Saracura, entre a Águia e a foz do paraná do Limão e, principalmente, no limite jusante da margem esquerda do paraná do Arari.

A dinâmica deposicional seguiu-se a partir de processos de acreção vertical e lateral, com destaque para cinco principais feições: deposição em ilha, novas ilhas formadas, barras laterais acrescidas à planície de inundação, deposição em dique marginal e colmatação de lagos. As mudanças mais significativas são constatadas na anexação do arquipélago das ilhas Marinho em uma única feição, junção entre a ilha das Onças e a ilha das Guaribas, assim como na inversão de processos fluviais (erosão para deposição) que ocorreu próximo à foz do Mocambo e na margem esquerda do rio Amazonas, a jusante da foz do paraná do Espírito Santo (figura 58).

Figura 58: Barra lateral acrescida a jusante da foz do paraná do Espírito Santo.



Foto: MARQUES, R. O. 06/11/2015.

A sobreposição temporal mostra que, assim como no intervalo anterior, os processos erosivos foram superiores aos deposicionais. A soma das áreas perdidas por erosão correspondeu a aproximadamente 40,78 km² e as acrescidas 23,68 km²,

²⁴ Ver relatório da CPRM sobre a vistoria do Evento Saracura/Costa da Águia, município de Parintins, Estado do Amazonas, 2007.

sendo as taxas anuais de erosão e deposição de 2,39 km²/ano e 1,39 km²/ano, respectivamente.

3.3 Síntese das alterações morfológicas entre 1985 e 2015

A migração lateral do rio Amazonas revelou que, embora a escala temporal tenha sido menor para o intervalo entre 1985 e 1998, as áreas erodidas e acrescidas foram superiores as taxas encontradas no intervalo entre 1998 e 2015, isso mostra que a dinâmica dos processos fluviais do canal apresentou considerável redução nas duas últimas décadas.

Considerando o intervalo total, as áreas erodidas no período entre 1985 e 2015, corresponderam a aproximadamente 88,56 km², enquanto que as áreas depositadas somaram 49,64 km², estando as taxas anuais em 2,95 km²/ano e 1,65 km²/ano (tabela 10).

TABELA 10: ÁREAS TOTAIS E TAXAS ANUAIS PARA CADA INTERVALO ESTUDADO.

Período	Total de áreas em km ²		Taxas anuais em km ²	
	Erosão	Deposição	Erosão	Deposição
1985-1998	47,78	25,96	3,67	1,99
1998-2015	40,78	23,68	2,39	1,39
1985-2015	88,56	49,64	2,95	1,65

Fonte: LANDSAT-5/8. INPE/ U.S. Geological Survey. Org. MARQUES, R. O. 2017.

No intervalo entre 1985-1998, as áreas erodidas e depositadas apresentaram diferença de 21,82 km², enquanto que no período de 1998-2015 essa diferença foi menos expressiva, correspondendo a 17,1 km².

A dinâmica das margens mostra ainda que a montante, existe, visualmente, certo equilíbrio entre os processos erosivos nas laterais do canal, com predomínio na margem esquerda. A partir do estreitamento do canal que ocorre próximo a localidade Costa da Águia até a jusante da cidade de Parintins, o rio Amazonas passa a migrar para a margem direita, diminuindo progressivamente à medida que avança sobre formações sedimentares mais antigas.

Com relação aos processos de erosão/deposição em frente à cidade de Parintins, foi possível observar que a montante, entre a foz do paraná do Limão até próximo a baixa do São José, houve um domínio pouco significativo de depósitos de aluviões junto a margem. A partir desse ponto, com exceção da área em frente ao

recinto do Porto, a erosão lateral foi mais expressiva, e à medida que se aproximou do limite inferior do terraço fluvial da cidade, tornou-se mais acentuada.

No intervalo entre 1985 e 2015, as áreas perdidas por erosão em frente à cidade corresponderam a aproximadamente 0,041 km², sendo o bairro Santa Clara, o mais atingido, afetando uma extensão de aproximadamente 400m ao longo da margem e 30m de fundo, que compreendia parte da antiga rua Portugal e de propriedades adjacentes. A figura 59 nos permite uma ideia da situação do local supracitado.

Figura 59: Situação da rua Portugal no bairro Santa Clara em julho de 2011.



Foto: SOUZA, I. M. A. 2011.

3.4 Monitoramento in loco da erosão em frente à cidade de Parintins

A erosão lateral em frente à cidade vem sendo monitorada com o uso de pinos de erosão desde o mês de fevereiro de 2016. Devido o pouco tempo de abrangência da pesquisa, optou-se pelas medições diretas após a enchente do referido ano, pois durante esse período a maioria dos pinos estaria submerso.

Inicialmente, os pinos foram inseridos nos mesmos locais onde se coletou o material para análise granulométrica. Em cada perfil selecionado, verificou-se que a velocidade da erosão foi lenta, porém os resultados confirmaram os dados da granulometria e indicaram que para jusante a erosão se torna mais expressiva (tabela 11).

TABELA 11: TAXAS DE EROSIÃO MEDIDAS A PARTIR DO USO DE PINOS (cm).

Área monitorada		Face superior do perfil	Face média do perfil	Base do perfil	Total
Montante	Rua Armando Prado	0	0	1	1
Centro	A jusante do Porto	100	14	1	115
Jusante	Rua Portugal	2,30	2	2,30	6,6

Fonte: Trabalho de campo, 09/2016. Org. MARQUES, R. O. 2017.

No primeiro monitoramento após a enchente, o pino instalado na face superior marginal do terraço ao lado do Porto da cidade chegou a ser perdido, pois a sua base encontrava-se sobre ação do solapamento das correntes fluviais. Nos demais locais houve poucas mudanças. Após a primeira medição em setembro de 2016, outros pinos foram instalados ao longo de perfis verticais da margem, no entanto, até o mês de dezembro não foram registradas alterações significativas.

3.5 Deposição e as possíveis mudanças no padrão de fluxo do rio Amazonas

O Amazonas, ao ser considerado um rio jovem do ponto de vista do processo evolutivo da terra, ainda está por encontrar seu leito definitivo. Essa condição faz com que ocorra um contínuo ajuste de variáveis como forma, seção transversal, padrões de fluxo e mudanças no transporte de carga de sedimentos que são, em grande parte, controlados pela intensa dinâmica fluvial dos mecanismos que envolvem os processos de erosão, transporte e deposição.

Essa característica acaba por promover mudanças significativas na paisagem ribeirinha que se verificam não somente por erosão das margens, mas também por diversas formas aluviais que surgem do acúmulo de partículas transportadas e depositadas em determinados trechos do rio, e que ao se estabilizarem, podem gerar mudanças de comportamento dos padrões de fluxo do canal.

Como resultado dessa dinâmica e tendo como principais influências as condições pouco turbulentas das correntes e a elevada carga de sedimentos transportadas no fundo e em suspensão, formou-se uma barra sedimentar acrescida longitudinalmente em mais de 700m de extensão à aproximadamente 7km a montante da sede do município de Parintins.

Essa formação aluvial passou a ser conhecida como “praia do meio” em referência ao antigo depósito que surgia há algumas décadas em frente à cidade, no entanto, trata-se de uma formação mais recente que, ao contrário do antigo

depósito, situa-se próximo da margem direita, a montante da foz do paraná do Limão.

Os registros da régua fluviométrica da Marinha do Brasil localizada na cidade de Parintins, mostram que o nível do rio Amazonas em 27 de outubro de 2016, alguns dias após o surgimento do depósito, encontrava-se em 0,68 metros, e na vazante do ano anterior, na mesma data, o rio estava com o nível de -0,21 metros. Isso demonstra que mesmo o rio Amazonas registrando valores de cota inferiores durante a vazante de 2015, não houve o surgimento do depósito.

Considera-se, portanto, que grande parte da carga passou a ser depositada durante a enchente seguinte (figura 60). A diferença de cota do rio entre os dois anos (89 cm) somada à altura do depósito (24 cm), mostra que o valor mínimo de elevação acrescido verticalmente durante a última enchente foi de 1,13 m de altura sobre uma área de 92.471m² (perímetro emerso).

Figura 60: Imagem aérea da barra de sedimentação longitudinal.

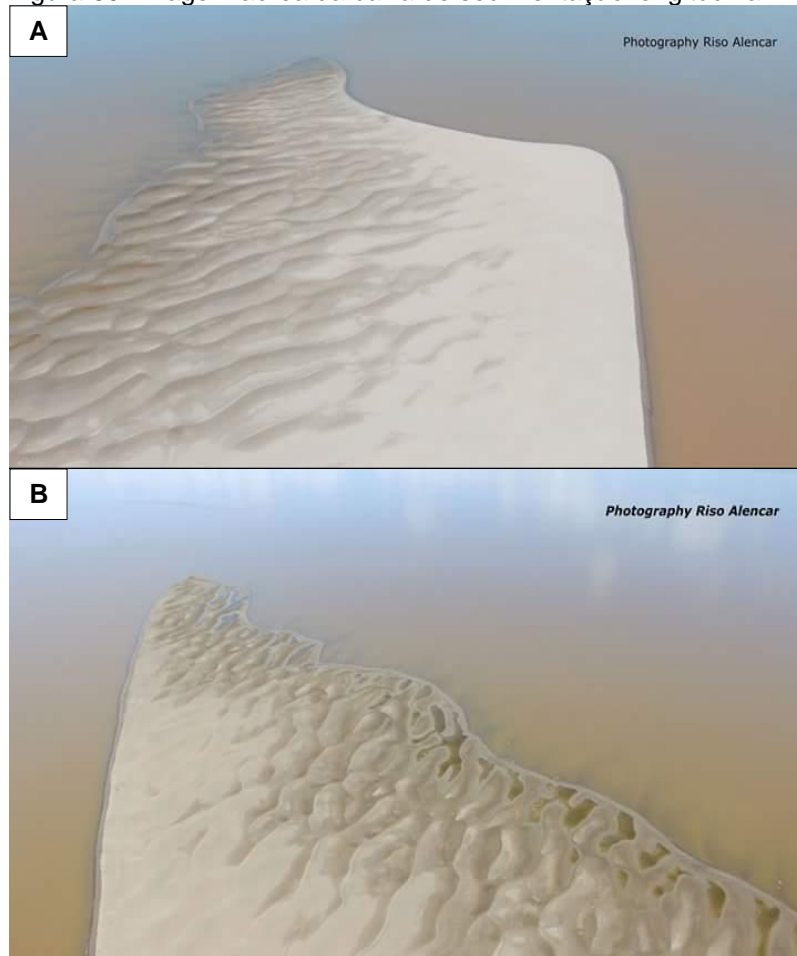


Foto: ALENCAR, R. 2016. A – faixa montante do depósito; B – faixa jusante.

A seção transversal realizada a partir do ponto emerso dessa feição para as margens esquerda e direita do rio Amazonas, revela que o talvegue encontra-se mais próximo da margem esquerda, realizando maior pressão nessa faixa e na lateral do depósito que encosta na parede do canal (figura 61). Durante as expedições de campo, verificou-se que a faixa do depósito que se volta para onde está o talvegue constitui uma superfície bastante íngreme em função da maior distribuição de energia nesse setor do canal.

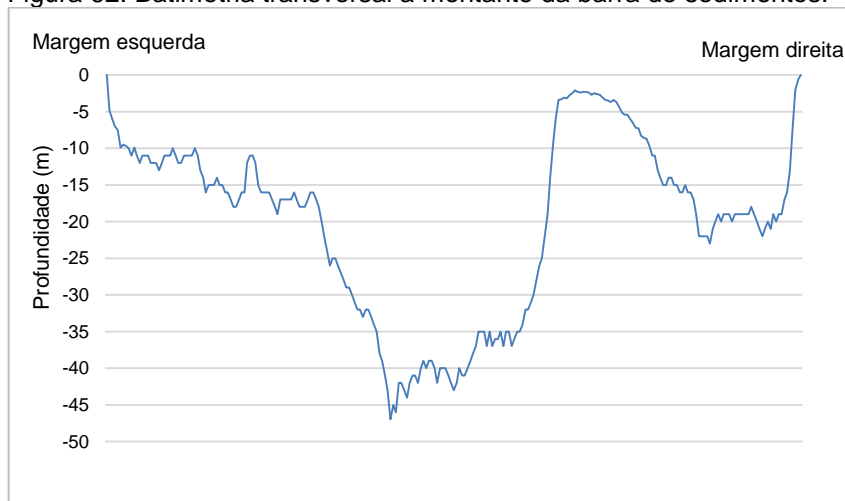
Figura 61: Batimetria transversal do perfil da barra de sedimentação.



Fonte: Trabalho de campo, 27/10/2016. Org. MARQUES, R. O. 2017.

A faixa do depósito que se estende em direção ao canal que se encontra pela margem direita, apresenta um relevo fluvial mais suave e possui cobertura sedimentar em forma de pequenas dunas (micro-ondulações). Em função da ação direta das correntes, a face montante é mais íngreme, enquanto que a faixa jusante se estende rampeada abaixo do nível das águas no sentido longitudinal e até cerca de 400 metros de distância de onde está emerso, o nível do rio não ultrapassou 3,5 metros de profundidade (figura 62 e 63).

Figura 62: Batimetria transversal a montante da barra de sedimentos.



Fonte: Trabalho de campo, 27/10/2016. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Figura 63: Batimetria transversal a jusante da barra de sedimentos.

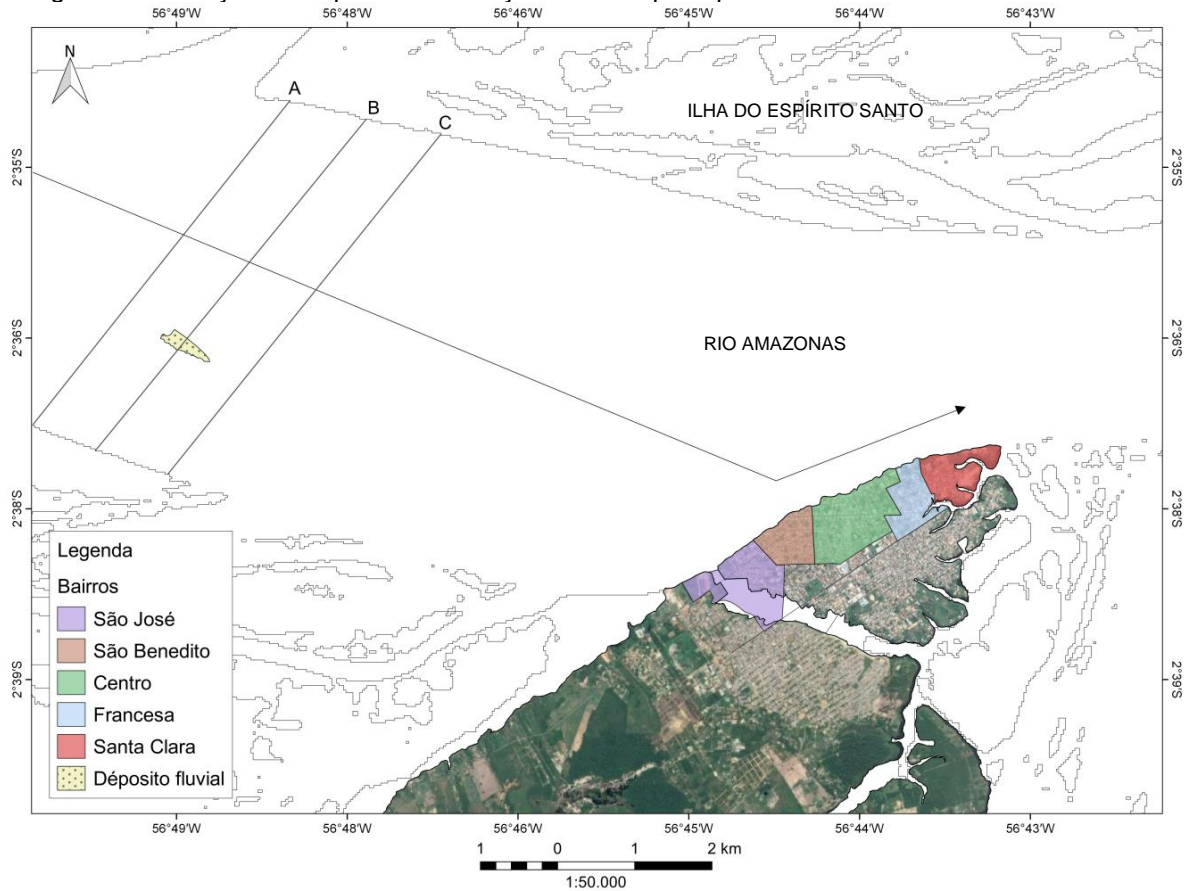


Fonte: Trabalho de campo, 27/10/2016. Org. MARQUES, R. O. 2017.

A extensão do perímetro do banco em profundidade representa perigo constante à navegação durante a vazante, pois em certos pontos, mesmo a uma distância de cerca de 1 km, o nível do rio não chega ultrapassar 1 metro de profundidade.

Em uma sequência de tradagens realizadas com 1,5 metros de profundidade ao longo do depósito só foi encontrado material fino, o que indica que o mesmo pode ser erodido nos próximos anos. Caso venha se estabilizar e receber um aporte maior de sedimentos, possíveis alterações na hidrodinâmica podem modificar o fluxo principal do canal (figura: 64) e promover mudanças significativas na espacialização dos processos erosivos e deposicionais neste trecho do rio Amazonas.

Figura 64: Situação do depósito em relação ao fluxo principal do rio Amazonas.



Fonte: LANDSAT-8: U.S. Geological Survey, 2015; Google Earth, 2016. Org. MARQUES, R. O. 2017.A, B, C – Localização das batimetrias; Seta – sentido do fluxo principal.

Mesmo que não se tenha pretensão de responder tais questões, considera-se que a possível expansão do depósito, dependendo do sentido espacial do aporte de sedimentos, poderá desviar para o meio do canal o fluxo principal que acompanha a linha do talvegue do rio Amazonas. Caso isso venha acontecer, haverá, a jusante, uma diminuição progressiva da pressão hidráulica que atinge a margem em frente à cidade de Parintins e essa faixa de terraço passaria então a se tornar uma zona com predomínio de deposição do rio.

4. Implicações sociais da erosão de margem para a cidade de Parintins

4.1 O comprometimento do muro de arrimo

Os primeiros registros que se tem da criação e aprovação de Leis municipais visando a construção do muro de arrimo para a proteção contra a erosão causada pelo rio Amazonas na cidade de Parintins, datam do final da década de 1950 no

Livro de Atas da Terceira Legislatura (1956-1959) da Câmara de vereadores do município. A Lei nº 25 de 30 de dezembro de 1957, foi um dos primeiros instrumentos legais a entrar em vigor considerando as seguintes determinações:

Art. 1º - Fica aberto o Crédito Especial de Duzentos e Cinquenta Mil Cruzeiros (Cr\$ 250.000,00), para ocorrer as despesas do serviço de construção de um muro de Arrimo e aterro, destinado ao ampliação de um trecho da Rua Rui Barbosa, desta cidade.

Art. 2º - Os encargos previstos no artigo primeiro (1º.) desta Lei, ocorrerão por conta do saldo do exercício financeiro anterior, de conformidade com que preceitua o artigo 60º, da Lei n 1, de 3 de janeiro de 1957.

Figura 65: Construção do muro de arrimo da rua Rui Barbosa, conforme a Lei nº 25 de dezembro de 1957.



Foto: Autor desconhecido, s/d.

A atual e mais ampla estrutura de contenção, no entanto, foi proposta e passou a ser construída por administrações passadas durante as décadas de 70/80. Manso, Andrade e Carneiro (2012) ao revisarem o Livro de Atas da 8ª (1977-1982) e 9ª (1983-1988) Legislatura da Câmara Municipal de Parintins, descreveram que em agosto de 1980, a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia - SUDAM, em convênio com o Departamento Nacional de Obras de Saneamento - DNOS, liberaram através do Banco do Brasil os primeiros recursos no valor de 29 milhões e 505 mil cruzeiros (Cr\$ 29.505.000,00) para o início dessa obra, que ocorreria em 01 de setembro de 1981 (figura 66), e também para a construção do novo aeroporto da cidade.

Figura 66: Obra de inauguração do muro de arrimo da cidade de Parintins.

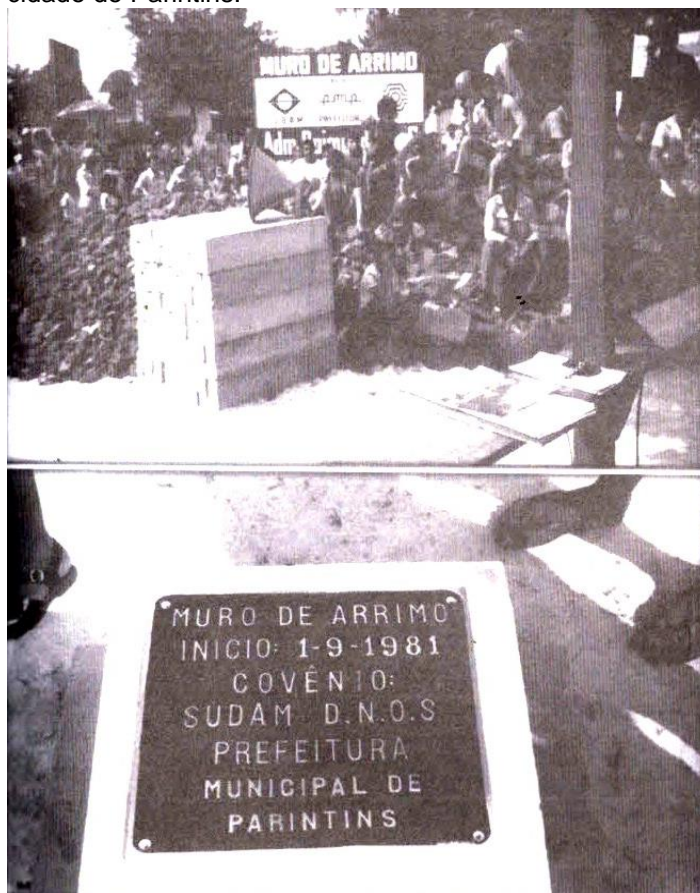


Foto: Arquivo pessoal de Raimundo Reis Ferreira.

Essa estrutura foi inicialmente pensada para atender apenas algumas ruas do Centro da cidade, porém, ao longo dos anos, a mesma foi sendo ampliada de forma fragmentada pelas administrações públicas municipais que se seguiram. Até o ano de 2005, a prefeitura conseguiu, ao estabelecer parceria com o Governo Federal e Estadual, construir partes da extensão do muro de arrimo, o que foi de grande importância para os moradores da cidade, no entanto, a estrutura não chegou a abranger todo o contorno do terraço fluvial da cidade e a erosão continuou a causar diversos problemas.

A extensão do atual muro de arrimo abrange, em sua maior parte, o Centro da Cidade, enquanto que outros bairros que também são atingidos pela erosão lateral possuem estruturas menores. O bairro Santa Clara, embora seja o mais afetado pela dinâmica fluvial, não possui estrutura de contenção. Em outros pontos, o muro foi construído pelos referidos proprietários.

No Centro, o muro de arrimo foi construído com fundações superficiais o que favorece o solapamento na base, assim, a pressão da água por meio da corrosão

atua sobre o pacote sedimentar abaixo da superfície até descalçá-lo e a parte submersa passa a sofrer um contínuo desgaste, favorecendo o abalo por conta do peso excessivo. Esse tipo de muro de contenção é conhecido na engenharia civil como “muro de gravidade” e por isso não tem fundação armada em profundidade, pois a garantia da estabilidade do sistema vem do peso da estrutura.

Por toda extensão da margem, o muro de arrimo é constituído em blocos de concreto e que, com o passar do tempo, acabam por se separar pela ação da água do rio e demais intempéries climáticas associadas a variação de temperatura (figura 67). Observa-se ainda uma deficiência quanto à estrutura do sistema de drenagem do muro, pois não se tem registro da manutenção ou vistoria efetiva desse sistema. A drenagem atua liberando a água que, sobretudo, durante o período chuvoso, exerce um peso significativo dentro da estrutura. Caso o sistema de drenagem possua obstruções que impeçam a saída da água, o muro de arrimo pode sofrer novos pontos de fraturamento e até mesmo consequente abalo.

Figura 67: Detalhe do fraturamento de partes do muro de arrimo.



Foto: MARQUES, R. O. 2016. A – Área da praça do Comunas, B – Área ao lado do Porto, C – Detalhe do fraturamento da estrutura ao lado do Porto, D – Detalhe do fraturamento da estrutura da praça do Comunas.

De acordo com as observações baseadas no monitoramento das estruturas de contenção, elaborou-se um quadro da situação de instabilidade dos pontos mais críticos e com risco de novos desabamentos (quadro 3).

QUADRO 3: PONTOS CRÍTICOS DAS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DA CIDADE.

Estruturas de contenção ameaçadas pela erosão	Condições da estrutura	Fluxo e concentração de pessoas	Risco de novos desabamentos
Praça Judith Prestes – Praça do Comunas.	Estrutura comprometida na base e próximo à rua; escadaria de concreto sem base de sustentação; diversos pontos de fraturamento; separação dos blocos de concreto da estrutura; escoamento superficial e infiltrações do esgoto e das águas pluviais.	Elevada circulação e concentração de pessoas durante os fins de semana.	Risco elevado durante o período de enchente
Limite inferior da rua Caetano Prestes.	Muro fraturado após a queda de uma escada em 09 de março de 2016. A estrutura possui deficiência quanto ao sistema de drenagem conforme atestado pela Defesa Civil do município.	Presença de residências a poucos metros do local; elevada circulação de pessoas e veículos.	Risco elevado durante o período de enchente
Propriedade a jusante do Porto da Cidade.	Estrutura do muro com espessura de 1,5 metros totalmente fraturada e com risco de desabamento na direção do rio.	Baixa circulação de pessoas.	Risco durante a vazante
Medida alternativa utilizada na rua Portugal.	Estrutura suspensa em mais de um metro e sem base de sustentação.	Elevada circulação diária de pessoas e de veículos de carga.	Risco elevado durante a enchente e vazante do rio.

Fonte: Trabalhos de campo. Org. MARQUES, R. O. 2017.

Em outubro de 2015 a Defesa Civil de Parintins - DCP enviou um parecer técnico sobre a situação da cidade à Defesa Civil do Estado do Amazonas, no entanto, não obteve resposta, e em função disso a coordenadoria da DCP informou que não há previsão de vistorias ou manutenção no muro de arrimo. A Secretaria Municipal de Obras também confirmou que não há nenhuma previsão para a construção ou reforma do mesmo. As informações que se tem é que propostas nesse sentido já foram encaminhadas para apreciação no Ministério das Cidades, pois o município e o Governo do Estado, não possuem recursos suficientes para a execução desse serviço.

4.2 Dificuldades na construção de novas estruturas de contenção

Embora sejam antigos, os problemas relacionados à erosão lateral do rio Amazonas ainda não foram completamente resolvidos, pois as tentativas de construção de muro de arrimo por parte do poder público esbarram, principalmente, em questões financeiras e de engenharia.

Em setembro de 2009 a Defesa Civil do Estado do Amazonas e a Secretaria de Estado e Infraestrutura - SEINFRA, iniciaram uma vistoria técnica no bairro Santa Clara. Na ocasião os referidos órgãos comunicaram que após o término do laudo o muro de arrimo seria erguido e os moradores que precisassem efetuar mudança receberiam indenização. Alguns dias após o anúncio do projeto, os moradores informaram que a obra chegou a ser iniciada, porém foi interrompida e não houve a continuidade do serviço.

No início de 2010 os funcionários da SEINFRA retornaram ao local e realizaram nova avaliação técnica da área, porém a obra não foi retomada. Entre 2011 e 2012 os moradores lembram que a área foi novamente vistoriada, mas nada foi feito, todavia, a pressão popular cresceu, pois algumas famílias passaram a mover ação contra o Estado no Ministério Público para a continuidade da obra e repasse de indenização.

Em 2013 o Governo do Estado divulgou um projeto financiado pelo Ministério da Integração Nacional e assinado pela SEINFRA que previa a construção de dois trechos do muro de arrimo da frente da cidade. Para a sua execução, o Governo Estadual apresentou um investimento de aproximadamente R\$ 8 milhões, porém, devido a erros de engenharia na planta do projeto a obra não pode ser executada.

Ao iniciar o serviço, a Metacon, uma das empresas vencedora da licitação para a construção da obra, detectou falhas na planta do muro de arrimo da frente da igreja do Sagrado Coração de Jesus - trecho I, e na planta do muro de arrimo da rua Portugal – trecho II (figura 68).

Figura 68: Matéria sobre o erro de cálculo na planta do muro de arrimo.

Parintins, domingo, 01 de março de 2015

CIDADE

REPORTER 3

MATADOURO E SAGRADO

Erro de cálculo retarda início de obra das orlas

Enquanto Estado e Município medem forças, enchente avança e barrancos ficam sob ameaça

Gerlean Brasil
gerleanbrasil@gmail.com

Dezesseis meses depois do anúncio de quase R\$ 8 milhões investimentos para as orlas fluviais de Parintins às margens do rio Amazonas, nenhum dos dois projetos saiu do papel. Após assinatura da ordem de serviço em outubro de 2013, uma das construtoras vencedoras da licitação, a Metacon, ao tentar executar, detectou falha na planta da orla de frente a igreja Sagrado Coração de Jesus.

O projeto compreende 350 metros, trecho I, orçado em R\$ 3,9 milhões, é assinado pela Secretaria de Estado da Infraestrutura (Seinfra). "A obra nem começou porque teve um desajuste no projeto. Quando fomos alocar a saia do aterro, o ponto mais longe entrava mais cinco metros dentro do rio. Então, houve um erro inicial de projeto", declara o engenheiro Elpidio Gomes, responsável pela Metacon.

Ao observar o problema, a empresa se retirou do local e comunicou à Seinfra. Financiada pelo Ministério da Integração Nacional, a obra não foi adiante. "Fizemos um lan-

“Aguardamos resposta quanto a revisão. Quem tem que procurar saber quando vai retomar é o poder público municipal”, Elpidio Gomes, engenheiro.

dade. Naquele momento, o Estado dizia que o ministério iria depositar o dinheiro no dia 30 de dezembro”, afirma.

Revisão de projeto

A construtora trabalhava com essa previsão de recurso. O erro de projeto impossibilitou o começo das obras porque a saia do talude ficava quase 10 metros dentro do rio Amazonas. "Teve de ter revisão do projeto. Em Parintins, o que começou teve de parar porque não veio o dinheiro esperado. Como 2014 era ano de eleição, aí travou mesmo. Então, por falta de recursos federais, o programa das orlas ficou pa-



Foto: Igor de Souza

ENCHENTE Pode impedir obras de iniciar neste primeiro semestre

A Metacon alega ter mostrado aos fiscais da Seinfra a impossibilidade da alocação da saia, conforme constava no projeto. "Aguardamos resposta quanto a revisão. Quem tem que procurar saber quando vai retomar é o poder público municipal", ressalta. A Secretaria Municipal de Obras e Saneamento Básico (Semosb) confirmou o erro no projeto. "Na hora de alocar a orla, verificou a falha", reitera a secretária de obras, Grace Garzon.

O problema não se restringe só a obra da orla da igreja Sagrado Coração de Jesus. O projeto da orla do Matadouro Frigorífico Muni-

ciário do bairro Santa Clara, trecho II, de 450 metros, estimado em R\$ 4 milhões, tem o mesmo erro de engenharia. "O projeto não deu para implantar no local. As máquinas não são submarino para trabalhar dentro do rio", acrescenta o proprietário da Metacon.

Alterações

De acordo com a secretária da Semosb, Grace Garzon, o projeto das duas orlas está em análise na Seinfra para correção e as empresas contratadas serão informadas para executar. O valor das obras pode sofrer alterações. "Não adianta ter projeto correto, se

nheiro. Com eleição e transição de governo, não rolou liberação de dinheiro. Vamos supor que enviem o dinheiro amanhã, não podemos começar por causa da cheia", adverte Elpidio Gomes.

Com impossibilidade de trabalhar por questão da natureza, o engenheiro destaca ser preciso aproveitar o tempo até a vazante em julho para se viabilizar politicamente a liberação dos recursos no Ministério da Integração Nacional. "Temos cinco meses para isso porque esse dinheiro passou de um ano para outro. Não depende de orçamento e já estava direcionado. Tem de se exigir que se bote em caixa para começarmos as obras em agosto", pontua.

Apesar de rip-rap feito no barranco do acesso ao Matadouro Frigorífico Municipal Osório Melo para conter a erosão do rio Amazonas, a área apresenta riscos de desaparecer do mapa. Os sacos de cimentos compactados sofrem com a ação do tempo e pela força das águas. A obra seria executada pela empresa Tercon Terraplanagem Ltda., com apoio da Metacon. Com a demora da obra, a construtora responsável teria feito

Fonte: Jornal Repórter Parintins.

O projeto do trecho I teria uma extensão de 350 metros e foi orçado em R\$ 3,9 milhões. A obra não chegou a ser executada, pois quando os engenheiros foram alocar a "borda" ou "saia" do aterro, o ponto mais distante entrava mais de cinco metros dentro do rio Amazonas.

O projeto do trecho II teria 450 metros e o valor do investimento era de R\$ 3.902.740,81. Como forma de anúncio, uma placa foi posta na rua Portugal informando que o início dos trabalhos estava previsto para o dia 02 de maio de 2013, com o prazo de conclusão em 180 dias (figura 69). Porém, o referido projeto possuía o mesmo erro de engenharia. A falha impossibilitou o começo das obras, pois a "saia" do talude ficava a quase 10 metros dentro do rio Amazonas.

Figura 69: Anuncio da construção do muro de arrimo da rua Portugal.



Foto: MARQUES, R. O. 27/09/2014.

Além do erro de engenharia que inviabilizou o projeto, o tempo previsto para a construção da obra não levaria em consideração a elevação do nível do rio Amazonas, pois no dia 30 do mês de maio de 2013 o rio atingiria a cota máxima registrada no ano (9,04m). Mesmo sem a falha no projeto, possivelmente a borda do muro não seria alocada a tempo, visto que após o pico da enchente, o nível do rio Amazonas desceria lentamente e se manteria até dia 23 de julho na cota dos 8 metros, e até 17 de agosto na cota dos 7 metros, ou seja, com cotas consideradas altas para a execução do serviço.

Outra questão a ser considerada é a distância entre a margem direita e o talvegue do rio Amazonas. Como se observou nas medições batimétricas, o talvegue está sendo encaixado rente ao terraço fluvial da cidade, mostrando que a pressão hidráulica é maior nas proximidades dessa área e que o mesmo está a 662,5 da margem e atingindo profundidade de 80,8 metros, o que facilita o processo erosivo e dificulta qualquer tentativa de obra de engenharia para a contenção do processo.

Em março de 2015 o poder público municipal agendou um encontro com o ministro das cidades para solicitar a liberação dos recursos para as obras de contenção, o que resultou na vinda do secretário nacional de programas urbanos para avaliar os riscos causados pela erosão. Porém, com a mudança de governo e a atual crise econômica e política no cenário nacional, as autoridades governamentais

do município não se pronunciaram se houve a revisão dos projetos e o repasse dos recursos para a execução das obras de contenção na frente da cidade.

4.3 Principais implicações na vida dos moradores

a) *Perda de propriedade* – a diminuição da propriedade causada pela erosão lateral do rio Amazonas é um dos principais problemas vivenciados pelos moradores da cidade de Parintins. A constante perda de terra leva a mudança de residência, isto porque em área urbana não há possibilidade de projeção do terreno para o fundo ou frente da propriedade sem que haja sobreposição fundiária.

Agora a preocupação aumentou ainda mais. Ao amanhecer fomos surpreendidos com mais um desabamento da orla da cidade, quase no portão da nossa casa. Nós e nossa vizinhança e as pessoas que transitam nesse local da cidade estamos amedrontados e ameaçados por um desastre ainda maior (relato de um morador da rua Caetano Prestes).

Conforme visto anteriormente, o limite inferior que compreende o bairro Santa Clara é o mais afetado pela dinâmica fluvial, com áreas recuadas em até 30 metros. Na rua Portugal, propriedades já foram totalmente perdidas, enquanto outras sofreram redução a ponto de serem abandonadas pelos moradores.

No limite superior da cidade, a velocidade da erosão é mais lenta, embora as perdas, desde o início da ocupação da referida área alcancem cerca de 30 metros.

Esse terreno na verdade era grande, acho que era uns trinta metros para lá, agora não tem quatro metros eu acho, caiu muito aí. Minha sogra que é a dona do terreno dizia que aí no terreno dela tinha muita mangueira, muita azeitoneira. Realmente eu lembro quando o terreno era grande. Nós já estamos a trinta e poucos anos aqui e durante esses anos todos tem caído muita terra aqui (relato de um morador da rua Armando Prado).

Ademais, a perda de propriedade em área urbana (terra firme), ainda que seja menor do que as perdas observadas nas áreas de várzea, não oferece escolha ao morador, pois o desmanche e recuo da casa em terreno de lote urbano é extremamente limitado e não lhe resta opção a não ser a mudança de residência.

b) *Mudança de residência* – em decorrência do risco representado pela erosão lateral do rio Amazonas, o morador muitas vezes precisa abandonar sua antiga moradia pela qual construiu valor simbólico.

Os moradores do bairro Santa Clara que precisaram sair de suas residências por conta da interdição feita em 2009, pela Defesa Civil do Estado, não receberam a indenização que foi assegurada e algumas famílias passaram a morar em casa alugada em outros bairros da cidade.

Uma das famílias, após viver um tempo morando de aluguel, retornou para o terreno em frente à antiga casa onde funciona uma marina. A família teve que improvisar a residência num antigo escritório da empresa e hoje casa e trabalho dividem um reduzido espaço (figura 70).

Figura 70: Matéria sobre os moradores das áreas atingidas pela erosão lateral.

REPORTER **CIDADE** Parintins, domingo, 29 de março de 2015

DRAMA Fotos: Igor de Souza



Família perde casa e vive em área de risco



RESIDÊNCIA Destruída com a ação do tempo e de vândalos



FAMÍLIA Espera ser indenizada pelo Governo por causa dos prejuízos

Eldiney Alcântara
ESPECIAL PARA REPÓRTER PARINTINS

A família da autônoma Trícia Rossy, 43, vive um drama que já dura seis anos. Ela foi retirada da casa dela pelo governo estadual para reconstrução do muro de arrimo, porém a obra ainda não foi realizada e nem a indenização foi dada aos moradores

“Tomaram a nossa casa. Mandaram a gente sair e até hoje ninguém pagou”, Trícia Rossy, autônoma.

cidos pelo poder público. De janeiro a fevereiro de 2010 aconteceu um novo suspiro e a obra tinha um novo momento. Funcionários da Seinfra visitaram o local e fizeram nova avaliação da área e elaboraram outro parecer, que não foi apresentado. Em abril do mesmo ano a família de Trícia teve que sair definitivamente da casa e a preocu-

Fonte: Jornal Repórter Parintins.

O laudo preliminar apresentado em março de 2015 como resultado da ação movida pelos moradores contra o Estado, prevê que um valor de aproximadamente R\$ 1 milhão seja distribuído entre as sete famílias que possuíam terreno no bairro.

c) *Risco à circulação de veículos* – a circulação de pessoas próximas aos locais ameaçados pela erosão lateral na cidade de Parintins não representa tanto

risco quanto a passagem de veículos de carga, embora seja necessário manter distância para evitar perigo (figura 71).

Figura 71: Erosão lateral em parte da rua Caetano Prestes.



Foto: MARQUES, R. O. 27/02/2017.

A interdição parcial de parte da rua Caetano Prestes e do trecho final da rua Armando Prado evitou a circulação de veículos nessas áreas, entretanto outras áreas da cidade merecem atenção devido ao risco causado pela velocidade associada ao peso da carga transportada.

No início da interdição da rua Caetano Prestes, os bares situados próximo a praça do Comunas tiveram prejuízos quanto a frequência de clientes, pois estes tinham que deixar seus veículos em locais distantes. No entanto, a interdição feita com cones de concreto para evitar a passagem de veículos logo foi violada e voltou a representar perigo as pessoas que frequentam aquela área da cidade (figura 72).

Figura 72: Matéria sobre a interdição da praça do comunas.
Parintins, domingo, 13 de setembro de 2015

GERAL

REPORTER

CONSEQUÊNCIA

Interdição da Praça da Comuna's causa prejuízo a donos de bares

Comerciante diz que vendas caíram 99% com o fechamento das ruas

Eldiney Alcântara
DA EQUIPE REPÓRTER PARINTINS

Os proprietários de bares localizados na orla da cidade estão tentando se adaptar com a medida imposta pela Coordenadoria Municipal da Defesa Civil (Comdec) que interditou, na manhã de terça-feira, 08, uma área de aproximadamente duzentos metros de extensão que apresenta risco de novos desbarrancamentos. Em cada extremidade da Praça Judite Prestes, conhecida como Praça do Comuna's, foram instalados cones de concreto, conhecidos também como dentes de dragão.

Veículos pesados, motocicletas e até bicicletas não têm como adentrar a região onde estão localizados os bares Comuna's, Cabana's Bar e Butreco Du Verçosa. Esse é um dos pontos de maior concentração de pessoas durante a semana. A medida afetou a frequência de público nos estabelecimentos comerciais.

Comerciantes

O proprietário do Comuna's, Tobias Hara, disse



Foto: Raidenor Stone

SOBRE O ASSUNTO

→ Medidas

De acordo com coordenador da Comdec, Jofre Lima, há um mês foi feito um estudo no local onde apontou para a fragilidade do terreno. Jofre teria entregado um laudo onde aponta as causas e o iminente perigo. O documento foi repassado à Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos (Semosp), ao Setor de Cadastro e Arrecadação, assim como à direção da Empresa Municipal de Trânsito para que providenciassem a interdição das ruas Álvaro Maia esquina com Caetano Prestes. Há cinco anos, o muro de arribo teve parte da estrutura desmoronada. Com a forte correnteza do rio todos os anos acontecem desbarrancamentos como foi verificado há três meses. Recentemente o senador Omar Aziz (PSD) teria anunciado a liberação de uma verba no valor de R\$ 40 milhões, via Ministério de Integração Nacional para a construção do muro de contenção da cidade.

que está sendo o mais prejudicado com o fechamento das ruas. Ele conta que o movimento caiu 99% e justifica que os clientes deixaram de frequentar porque não conseguem estacionar os veículos próximos ao bar. "Se permanecer dessa forma vamos ter que tomar medidas extremas. Vamos demitir funcionários e até fechar as portas", comenta Tobias. Ele afirma que emprega mais de cinco pessoas com carteira assinada

e mais três avulsos.

Felipe Gazel, dono do Cabana's não foi encontrado para falar sobre o assunto. Ele está fora da cidade. A pessoa responsável pelo empreendimento comercial também não quis comentar o caso. A empresária Adimê Verçosa, que inaugurou recentemente um dos bares mais badalados de Parintins, afirma que aprova a medida e que ainda não consegue medir os impactos que o fecha-

mento da rua pode causar para o seu empreendimento comercial.

Adimê comenta que participou de várias reuniões entre os proprietários de bares e a Defesa Civil para se chegar a um consenso de interditar as vias. Ela ressalta que o local enfrenta sérios riscos de deslizamentos de terra e que a passagem de veículos pesados e até mesmo o grande fluxo de motocicletas poderia levar a um perigo maior.

Fonte: Jornal Repórter Parintins.

A rua Portugal é a única via que dá acesso ao matadouro frigorífico e também serve como porto para embarcações durante a vazante e por isso é passagem frequente para veículos de carga (figura 73). A ação combinada entre peso e velocidade ocorre de cima para baixo, deixando instável o pacote sedimentar que já se encontra fragilizado.

Figura 73: Veículo de carga passando a poucos metros da zona de erosão.



Foto: MARQUES, R. O. 19/02/2016.

Nos trabalhos de campo se testemunhou por inúmeras vezes a passagem de veículos em alta velocidade por esse trecho. Durante o período chuvoso quando o pacote sedimentar está úmido, a água infiltra e enfraquece o solo, e veículos de carga colaboram para o afundamento do terreno, comprometendo a estrutura da via.

d) *Risco à navegação* – no rio Amazonas a atenção durante a navegação é fundamental dada a quantidade de troncos e galhos de árvore que são transportados pela correnteza após o avanço lateral da erosão. A navegação noturna feita com embarcação de pequeno porte torna o risco de acidente ainda maior, embora acidentes dessa natureza tenham diminuído consideravelmente nos últimos anos. Em Parintins o risco maior é para os barcos atracados na margem (figura 74).

Figura 74: Localidade utilizada para atracação de embarcações.



Foto: SOUZA, I. M. A. 2012.

e) *Perda de ruas* – assim como em São Paulo de Olivença, Boca do Acre e Careiro da Várzea, a erosão lateral já consumiu parte de algumas ruas da cidade de Parintins, sendo que no bairro Santa Clara uma das principais vias foi reconstruída a alguns metros em relação à antiga e em terreno particular, porém em poucos anos a mesma já apresenta sua estrutura comprometida (figura 75).

Figura 75: Situação da antiga rua Portugal em 2012.



Foto: SOUZA, I. M. A. 2012.

f) *Dificuldade de embarque e desembarque* – os locais de terras caídas onde a margem se encontra em forma de falésia é sempre um problema para quem vai “pegar um barco” ou escoar a produção (CARVALHO, 2006).

Em Parintins dois locais merecem atenção: a área em frente ao recinto do porto onde forma uma zona de depósito do rio e que sofre frequente abalo por conta da fragilidade do material; e um trecho da rua Portugal que é utilizado como porto improvisado durante a vazante. Nessa localidade o acesso ao rio (ou à rua para quem chega à cidade) é feito por meio de uma escada de madeira improvisada e apoiada verticalmente sobre uma falésia de cerca de 8 metros de altura.

De forma resumida, pode-se dizer que a erosão lateral, além das mudanças na paisagem, das perdas materiais e simbólicas e do constante medo psicológico que causa aos moradores, passou a ser um problema que não se limita mais as populações isoladas e dispersas nas margens, por isso necessita de mais estudos para se conhecer as causas e maiores investimentos para minimizar os seus efeitos.

CONCLUSÕES

A proposta de compreender a problemática da erosão na faixa justafluvial direita do rio Amazonas onde se encontra a cidade de Parintins, permitiu tecer relevantes considerações sobre a ação deste processo que além de envolver uma série de fatores, tem causado inúmeros problemas aos moradores locais.

O tipo de abordagem, os procedimentos e as técnicas utilizadas mostraram-se eficientes e possibilitaram uma visão ampla, consistente e mais próxima do entendimento do fenômeno estudado, embora algumas questões levantadas precisem de maior aprofundamento e maior tempo de observação. Assim, ao final do trabalho apresentaremos as seguintes considerações:

1 - O processo de erosão lateral atuante na frente da cidade de Parintins ocorre de forma complexa e envolve uma conjunção de fatores como a pressão hidrodinâmica, condições climáticas, geometria do canal, composição granulométrica, localização da cidade em margem côncava e a questão do uso do solo urbano e de políticas públicas. Tal afirmativa permite considerar que é preciso rever alguns fundamentos da geomorfologia fluvial, pois os conceitos encontrados na literatura básica como corrosão, corrasão e cavitação não são suficientes para compreender a complexidade da erosão acelerada nas margens do rio Amazonas, conforme também observou Carvalho (2006; 2012).

2 - A posição do talvegue próximo à margem direita, onde está localizada a cidade de Parintins, cuja profundidade chega a 98m, é sem dúvida um dos fatores de maior pressão hidráulica naquela margem, fato que desafia a engenharia em busca de solução. Ainda que seja possível construir uma estrutura que possa conter o avanço do rio por um determinado tempo, o custo financeiro seria muito elevado, o que só é possível com aporte dos governos estadual e federal, pois o município sozinho, possivelmente, não dispõe de recurso para investimento dessa monta.

3 - A análise dos dados hidrológicos evidenciou que a vazão do rio Amazonas, ao contrário da velocidade, atua como principal responsável pela erosão lateral do rio Amazonas, isso porque o gradiente moderado do perfil longitudinal do curso médio da bacia não permite que se tenha velocidade suficiente para causar erosão em maior escala. No entanto, o volume de água, que varia de 107.000 na vazante a mais de 190.000 m³/s na enchente, possui peso específico e atua com maior intensidade contra as laterais do canal.

4 – A pesquisa revelou que a ação humana também contribui com o processo de erosão lateral, no entanto, esta ocorre de forma mínima e menos intensa em relação aos demais fatores de ordem natural. Dentre as ações destaca-se a interceptação do fluxo de um antigo canal que se conectava com o rio Amazonas durante as enchentes; retirada de rochas lateríticas da base da margem; canalização da rede do esgoto doméstico e pluvial da cidade na zona de erosão do rio e; a passagem em velocidade de barcos, lanchas e navios pelo rio Amazonas.

5 - A análise dos dados fluviométricos demonstrou que o comportamento hidrológico dos últimos trinta anos projeta uma tendência crescente de enchentes e vazantes cada vez maiores. A enchente no médio rio Amazonas corresponde a um período de sete a oito meses do ano, enquanto que a vazante se prolonga por apenas quatro a cinco, regime que contribui para o processo de erosão lateral das margens, pois a erosão é mais acelerada quando o rio está enchendo, acrescentando-se nesse período o aumento da vazão, velocidade e concentração de chuvas na região.

6 - Observou-se que a atuação das chuvas, principalmente as que ocorrem de forma concentrada no mês de março, e as rajadas de vento, que adentram o rio Amazonas em sentido oposto a direção do fluxo e promovem ondas, estão entre os fatores climáticos que mais contribuem para erosão lateral do rio Amazonas na cidade.

7 - A análise granulométrica mostrou que existe uma diferença na composição do material que varia de montante para jusante em frente à cidade. Os dados indicam que no perfil 01, localizado no limite superior, o material é mais arenoso, no entanto, a presença de rochas lateríticas próximas à base e a vegetação, contribuem para a estabilidade da área, ao passo que a jusante, no perfil 02, não tendo estas condições e apresentando frações de areia superiores as de silte e argila, a erosão é mais acelerada. No limite inferior (perfil 03), a elevada concentração de argila e suas propriedades fazem com que a erosão seja mais acentuada, pois condiciona a ocorrência de fissuras verticais que promovem o desmoronamento de blocos da parte superior e média da margem.

8 – O detalhamento da evolução da erosão lateral em frente à cidade foi realizado com o uso de pinos de erosão. Contudo, o pouco tempo para a realização da pesquisa e a baixa velocidade da erosão não permitiu que se realizasse uma análise mais profunda. O monitoramento revelou alterações pouco significativas na

margem, embora fosse possível verificar que para jusante a erosão se torna mais acelerada.

9 – Consonantes com observações históricas, até o final dos anos de 1980, surgia durante a vazante um banco sedimentar próximo à margem esquerda, quase em direção à cidade de Parintins que, ao longo dos anos foi sendo erodido. Atualmente outro banco foi formado, dessa vez a montante da cidade, pela margem direita. A hipótese que se coloca é que se este depósito se expandir e consolidar, poderá desviar o fluxo principal do rio Amazonas para o centro do canal e a frente da cidade passaria a se tornar uma zona de deposição.

10 – Com relação às implicações sociais, considera-se que os locais mais vulneráveis à erosão estão localizados na área da praça do Comunas e adjacências, Centro, e no limite jusante da cidade, área que compreende a extensão marginal do bairro Santa Clara. Verificou-se pelos relatos dos moradores e pelas observações em campo que a erosão lateral tem causado sérios problemas na cidade como o comprometimento da estrutura do muro de arrimo, perda, mudança e desvalorização de propriedades, risco de morte pela proximidade do barranco, riscos à circulação de veículos e a navegação, perda parcial e total de ruas e dificuldade de embarque e desembarque durante a vazante.

Após a pesquisa realizada, acredita-se ter contribuído para o avanço e ampliação do conhecimento sobre os agentes e mecanismos causadores da erosão lateral e de como esse fenômeno afeta a vida dos moradores da cidade de Parintins. Por se tratar de um processo dinâmico e ainda com poucos estudos, entende-se que a discussão sobre o tema não se encerra nesse trabalho e, portanto, faz-se necessário gerar dados e novos conhecimentos para se levantar questões mais profundas que instiguem o debate científico sobre essa dinâmica fluvial.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê, 2003. 159 p.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: hidroweb.ana.gov.br. Acesso em: 25/02/2016.
- ANA - Agência Nacional de Águas; CPRM - Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais; SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia. **Monitoramento hidrológico**. Boletim nº 04 – 30/01/2015.
- ANA - Agência Nacional de Águas; CPRM - Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais; SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia. **Monitoramento hidrológico**. Boletim nº 32 – 22/10/2010.
- ALBUQUERQUE, A. R. C. (org.) **Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. p. 290.
- ALBUQUERQUE, C. C. **Análise geocológica 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, Programa de Pós-Graduação em Geografia). Fortaleza, 2012.
- ALECRIM, J. D; SANTOS JÚNIOR, E. V. C; BECKMAN, M; HIDETO, A. J. T; JOVINAPE FILHO, A. R; CARMO, M. R. Os principais sistemas terrestres e suas relações com o geoambiente na Amazônia Ocidental. In: RIVAS, A; FREITAS, C. E. C. (orgs.). **Amazônia: uma perspectiva interdisciplinar**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2002. p. 55-101.
- ALVES, N. S. **Mapeamento hidromorfodinmico do complexo fluvial de Anavilhanas**. Contribuição aos estudos de geomorfologia fluvial de rios amazônicos. 232 p. (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Geografia Física) São Paulo, 2013.
- BATES, H. W. (1848). **Um naturalista no rio Amazonas**. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: Ed. da USP, 1979. 300 p.
- BERTANI, T. C. **Sensoriamento Remoto e caracterização morfológica no Baixo rio Solimões, com análise de suas rias fluviais**. 156 p. (Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, INPE) São José dos Campos, 2015.
- BERTRAND, G; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Massoni, 2007.
- _____. **Paysage et Geographi Globale: Esquisse Methodologique. Revue Geographique de Pyines et du Sud-Quest**. Toulouse, v. 39 n. 3, p. 249-272, 1968.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL: Folha SA.21-Santarém. Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: DNPM, 1976.

BUTEL, I; BUTEL, L; CURSINO, J. **História e memória política do município de Parintins, 1964 a 1976**. Vol. II – Parintins: Câmara Municipal de Parintins, 2012. 410 p.

_____.; SOUZA, S. C. S; CURSINO, J. S; CARNEIRO, F. P. R. **História e memória política do município de Parintins, 1947 a 1963**. Vol. I – Parintins: Câmara Municipal de Parintins, 2011. 286 p.

CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo, SP: Editora Cultrix, 1996.

CARNEIRO, D. S. **Morfodinâmica fluvial do rio Solimões, trecho Tabatinga a Benjamin Constant - AM e suas implicações para o ordenamento territorial**. 156 p. (Dissertação. Mestrado em Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense), Niterói, 2009.

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

_____. L; ALMEIDA, N. V; CUNHA, S.B. Evento Catastrófico das terras caídas e implicações sociais em trecho do rio Amazonas à montante da Cidade de Parintins-Amazonas. In: SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 4/ SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2, Coimbra. **Anais...** Coimbra – Portugal, 2010.

_____. IGREJA, H. L. S; CUNHA, S. B; CARNEIRO, D. S. Episódio de terras caídas no rio Amazonas: caso Costa da Águia, Parintins-AM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABRH, 2009. p. 1-11.

_____. **Terras caídas e consequências sociais: Costa do Miracauera, paraná da Trindade, município de Itacoatiara-AM**. 2006. 142 p. (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**. Roltledge, 2008. 234 p.

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

_____. **Geomorfologia**. Edgard Blucher, São Paulo, 1980. 2ª edição. 188 p.

_____. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo – Hucitec: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1979. 106 p.

COELHO, A. L. N. **Alterações hidrogeomorfológicas no médio - Baixo Rio Doce/ES**. (Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense – UFF), Niterói - Rio de Janeiro, 2007.

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.

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.

CPRM – Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais. **Relatório de vistoria do evento Saracura/Costa da Águia município de Parintins Estado do Amazonas**. Autoria: José Moura Vilas Bôas e Rafael Fernandes Bueno, 2007.

CUNHA, E. **Amazônia: um paraíso perdido**. Manaus: Editora Valer; Governo do Estado do Amazonas; EDUA, 2003. (Coleção Poranduba).

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, 2013. p. 211-252.

_____. Bacias hidrográficas. In: CUNHA, S. B; GUERRA (orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 228-271.

_____; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. 8ª ed.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 390 p.

_____. Geomorfologia Fluvial. In: CUNHA, S. B.; Guerra, A. J. T. (orgs.) **Geomorfologia exercícios técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 157-189.

_____. **Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da bacia do rio São João** (Rio de Janeiro - Brasil): Edição do Autor, 1995.

EIRAS J. F; BECKER, C. R; SOUZA, E. M; GONZAGA, J. E. F; SILVA, L. M; DANIEL, L. M. F; MATSUDA, N. S; FEIJÓ, F. J. Bacia do Solimões. In: **Boletim de Geociências de Petróleo Brasileiro S.A**, Rio de Janeiro, n.8, v.1, p.17-45, 1994.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 2º ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

FAIRBRIDGE, R. W. Eustatic changes in sea level. In: **Physics and chemistry of the earth**. Vol. 4, p. 99-185, 1961.

FERNANDEZ, O. V. Q. **Erosão marginal no lago da UHE Itaipu (PR)**. (Tese de Doutorado. Programa Pós-Graduação em Geociências da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Área de concentração em Geociências e Meio Ambiente – UNESP, Campus de Rio Claro), Rio Claro - SP, 1995.

_____. **Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens**: região de Porto Rico - PR. (Dissertação. Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus de Rio Claro), Rio Claro - SP, 1990.

FILIZOLA, N. P; GUYOT, J. L; MOLINIER, M; GUIMARÃES, V; OLIVEIRA, E; FREITAS, M. A. Caracterização hidrológica da bacia amazônica. In: RIVAS, A; FREITAS, C. E. C. (orgs.). **Amazônia: uma perspectiva interdisciplinar**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2002. p. 33-53.

FONTES, L. C. S. **Erosão marginal no baixo curso do rio São Francisco**: um estudo de caso de impactos geomorfológicos à jusante de grandes barragens. 249

p. (Dissertação. Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Núcleo de Pós-Graduação e Estudos do Semi-Árido, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA, Universidade Federal de Sergipe), Aracaju - SE, 2002.

FREITAS, F. T. **Análise multitemporal da modalidade erosiva do tipo “Terra Caída” na região do Médio Solimões – Coari/AM.** (Dissertação. Mestrado em Geografia, Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal do Amazonas), Manaus-AM, 2009.

GERALDES, M. C. A paleogeografia da Amazônia e as reconstruções dos supercontinentes. In: ROSA-COSTA, L. T; KLEIN, E. L; VIGLIO, E. P. (orgs.). **Contribuições à geologia da Amazônia.** v. 5. Belém: SBGeo-Núcleo Norte, 2007.

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

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. 12ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

_____. GUERRA, A. T. **Novo dicionário Geológico-Geomorfológico.** 9ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

HIBAM - Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica. **Relatório das campanhas de medições nos rios Amazonas, Negro, Solimões, Madeira, Trombetas e na Várzea do Lago Grande de Curuai 03/06/2005 – 17/06/2005** (Manaus – Santarém – Várzea de Curuai - Santarém - Manaus).

HIBAM - Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica. **Relatório das campanhas de medições nos rios Amazonas, Negro, Solimões, Madeira, Trombetas e na Várzea do Lago Grande de Curuai 18/03/2005 – 06/04/2005** (Manaus – Santarém – Várzea de Curuai - Santarém - Manaus).

HIBAM - Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica. **Relatório das campanhas de medições nos rios Negro, Solimões, Madeira, Amazonas e na Várzea do Lago Grande de Curuai 17/12/2003 – 18/12/2003** (Manaus – Manacapuru – Paricatuba - Santarém - Manaus).

HIBAM - Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica. **Primeira campanha de medições de vazão com ADCP (correntômetro com efeito Doppler) no Rio Amazonas 09/1994.** (Manacapuru – Óbidos).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 02/12/2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas geográfico escolar.** 5. Ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 218 p.

IGREJA, H. L. S; CARVALHO, J. A. L; FRANZINELLI, E. Aspectos das terras caídas na região Amazônica. In: ALBUQUERQUE, A. R. C. (org.) **Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física.** Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. p. 135-153.

_____. CARVALHO, J. A. L; CATIQUE, J. A. **Terras caídas:** denominação regional para um fenômeno multicausal. In: SEMANA DE GEOGRAFIA DO ESTADO DO AMAZONAS. Manaus, 2004.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acesso em: 25/02/2016.

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

ISLAN, M. D. F; RASHID, A. N. M. B. Riverbank erosion displaces in Bangladesh: need for institutional response and policy intervention. In: **Bangladesh Journal of Bioethics**, 2011; 2 (2): 4-19.

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

KOTOKY, P; BEZBARUAH, D; BARUAH, J; SARMA, J. N. Nature of erosion along the Brahmaputra river channel, Assam, Índia. **Current Science**. Vol. 88, Nº 4, 25 February, 2005. p. 634-640.

LAWLER, D. M. Tales of the River Bank. **Geography Review**. v. 8, September, 1994.

LE MOS, R. C; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 3ª Ed. Campinas – SP, 1996. 83 p.

LIMA, M. S. B. **Movimentos de massa nos barrancos do rio Acre e implicações socioeconômicas na área urbana de Rio Branco/Acre**. (Dissertação. Mestrado em Geografia) Florianópolis: UFSC, 1998.

MAGALHÃES, R. C. **As características físicas, químicas, mineralógicas e hidráulicas do solo e sua susceptibilidade ao processo de terras caídas: Comunidade do Divino Espírito Santo - Iranduba/AM**. (Dissertação. Mestrado em Geografia, Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal do Amazonas), Manaus - AM, 2011.

MANSO, J. M; ANDRADE, L; CARNEIRO, P. **História e memória política do município de Parintins, 1977 a 1988**. Vol. III – Parintins: Câmara Municipal de Parintins, 2012. 408 p.

MARINHO, R. R; MELO, E. Análise multitemporal da geomorfologia fluvial do rio Solimões entre dois períodos hidrológicos (cheia de 1999 e a vazante de 2005). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIV, Natal. **Anais...**Natal: INPE, 2009. p. 4765-4772.

MARQUES, R. O; CARVALHO, J. A. L. Erosão lateral do rio Amazonas e as implicações para a cidade de Parintins – AM. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, 11, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: ANPEGE, 2015, p. 6-17.

MEIS, M. R. M. Considerações geomorfológicas sobre o Médio Amazonas. **Revista Brasileira de Geografia - IBGE**. Rio de Janeiro, 2: 3-20,1968.

MENDONÇA, F. A. **Geografia e meio ambiente**. 8. Ed. 3ª reimpressão – São Paulo: Contexto, 2010. 80 p.

MERTES, L. A. K; DUNNE, T; MARTINELLI, L. A. Channel-floodplain geomorphology along the Solimões-Amazon River, Brazil. **Geologica Society of America Bulletin**, v. 108, n. 9, p. 1089-1107, 1996.

- MIRANDA, E. E. **Quando o Amazonas corria para o Pacífico**: uma história desconhecida da Amazônia. Petrópolis: Vozes, 2007. 253 p.
- MOLION, L. C. B. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Revista Climanalise** Ano 03 – Nº 01, 2006. Disponível em <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista>. Acesso em: 15.10.2016.
- MONTEIRO, M. Y. **O sacado**: morfodinâmica fluvial. Cadernos da Amazônia. Manaus: CNPq- Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, 1964, 38 p.
- MORAIS, R. P. **A planície aluvial do médio rio Araguaia**: processos geomorfológicos e suas implicações ambientais. Goiânia, 2006. 141 p. (Tese de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás - Universidade Federal de Goiás), Goiânia, 2006.
- MOTA, I. S. A. **Avaliação da erosão marginal e transporte de sedimentos na sub-bacia do Riacho Fundo - Distrito Federal**. 158 p. (Dissertação. Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro/PPGG), Rio de Janeiro, 2001.
- MOTTA, M. B; GARCIA, W. S. “Terras Caídas” na orla da ilha do arquipélago de Tupinambarana, Parintins – Amazonas – Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 48. Porto Alegre. **Anais...Porto Alegre**, 2016. p. 1.
- 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
- NASCIMENTO, F. R; SAMPAIO, J. L. F. Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 6/7, n. 1, p. 167-179, 2004/2005.
- NOBRE, C. A; OBREGÓN, G. O; MARENGO, J. A; FU, R; POVEDA, G. Características do clima Amazônico: aspectos principais. Amazonia and Global Change - Geophysical Monograph Series 186. **American Geophysical Union**, 2009.
- NOVO, E. M. L. M. Ambientes fluviais. In: FLORENZANO, T. G. (org.) **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 219-246.
- PACHECO, J. B; BRANDÃO, J. C. M; CARVALHO, J. A. L. Geomorfologia fluvial do rio Solimões/Amazonas: estratégias do povo varzeano do sudoeste do Careiro da Várzea. **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.2, N.4, 2012. p.542-554.
- PASSOS, M. S; SOARES, E. A. A. Análise multitemporal da dinâmica fluvial do Rio Solimões no trecho entre Manaus e Codajás (Amazônia Ocidental) por meio de imagens Landsat-5/TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17, João Pessoa. **Anais...João Pessoa**: INPE, 2015. p. 4010-4016.
- PEREIRA, M. V; ALECRIM, J. D; AGUIAR, F. E. O. Elementos constituintes e fatores influenciadores no clima da Amazônia. In: ALBUQUERQUE, A. R. C. (org.) **Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. p. 155-191.
- PRESS, F. et al. **Para entender a Terra**. Tradução de Rualdo Meneget. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656 p.

PYE, K. **Sediment transport and depositional processes**. Blackwell. Oxford. 1994. 397p.

RICCOMINI, C; ALMEIDA, R. P; GIANNINI, P. C. F; MANCINI, F. Processos fluviais e lacustres e seus registros. In: TEIXEIRA, W. et. al. (orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 191-214.

RIVAS, A; FREITAS, C. E. C. **Amazônia**: uma perspectiva interdisciplinar. (orgs.) Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, 2002.

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 o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 147-166.

_____. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, 2001. p, 69-77.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V; CAVALCANTI, A. P. B **Geoecologia das Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 2 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

_____. SILVA, E. V. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, ano 01, número 01, 2002. p. 95-112.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

_____. **Geografia do Brasil**. 4ª ed. São Paulo: Edusp, 2004. 546 p.

ROZO, J. M. G; NOGUEIRA, A. C. R; CARVALHO, A. S. Análise multitemporal do sistema fluvial do Amazonas entre a ilha do Careiro e a foz do rio Madeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, Goiânia. **Anais...Goiânia**: INPE, 2005. p. 1875-1882.

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

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**. 3 ed. Ver. Ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, C. L. **Análise da tectônica cenozoica da região de Manaus e Adjacências**. 285 p. (Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus Rio Claro) Rio Claro – SP.

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

SOARES, L. Hidrografia. In: **Geografia do Brasil – Região Norte**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de Geossistemas**. Métodos em Questão. São Paulo: USP/ IG, 1977, n. 16.

SOUSA, F. B. Lembranças e curiosidades do valle do Amazonas. Pará: Typ. Do Futuro, 1873. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2027/mdp.39015027996274>>. Acesso em: 18 de abril de 2016.

SOUZA, N. D. **O processo de urbanização da cidade de Parintins (AM)**: evolução e transformação. 155 p. (Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana – Universidade de São Paulo) São Paulo, 2013.

SOUZA, C. A. **Dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã-MT**. 173 p. (Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro) Rio de Janeiro, 2004.

SOUZA, V. R. **Uma proposta para o ensino de energia mecânica e sua conservação através do uso de analogias**. 82 p. (Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro) Rio de Janeiro, 2015.

SCHOBENHAUS, C; NEVES, B. B. B. A geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana. In: BIZZI, L. A; SCHOBENHAUS, C; VIDOTTI, R. M; GONÇALVES, J. H. (orgs.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003.

SPIX, I. B. V; MARTIUS, C. P. P. V. **Viagem pelo Brasil (1817 -1820)**. vol. 3. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia. São Paulo, EDUSP. 1981.326 p.

STERNBERG, H. O'R. **A água e o homem na Várzea do Careiro**. 2 Ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1998. 330 p.

_____. Sismicidade e morfologia na Amazônia brasileira. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, 25(4): 443-453, 1953.

_____. Vales tectônicos na planície amazônica? **Revista Brasileira de Geografia – IBGE**. Rio de Janeiro, 1950. 511-534.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 408 p.

_____. **Mudanças ambientais da Terra**. São Paulo: Instituto Geológico, 2008. 336 p.

_____. BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais**. Florianópolis, EDUFSC, 1990. 183 p.

TASSINARI, C. C. G; MARINS, C; DIAS NETO. Tectônica global. In: TEIXEIRA, W. et al. (orgs.). **Decifrando a Terra**. 2ª ed. - São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 97-112.

TEIXEIRA, S. G; MAIA, A. M. M. Análise da dinâmica das margens do rio Madeira (AM) no período de 1987 à 2007, a partir de imagens de sensores remotos ópticos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, Natal. **Anais...**Natal: INPE, 2009. p. 1559-1566.

TEIXEIRA, W; FAIRCHILD, T. R; TOLEDO, M. C. M; TAIOLI, F. (orgs.). **Decifrando a Terra**. 2ª ed. - São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 623 p.

THAKUR; P. K; LAHA, C. AGGARWAL, S. P. River bank erosion hazard study of river Ganga, upstream of Farakka barrage using remote sensing and GIS. **Nat Hazards** (2011) 61:967-987.

THORNE, C. R. Field measurements of rates of bank erosion and bank material strength. In: **Erosion and Sediment Transport Measurement** (Proceedings of the Florence Symposium, June 1981). IAHS Publ. nº 133, 1981. p. 503-512.

_____; TOVEY, N. K. Stability of composite river banks. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 6, 1981, p. 469-484.

TORRES, E. C. **As transformações históricas e a dinâmica atual da paisagem nas microbacias dos ribeirões: Santo Antonio – SP, São Francisco – PR e Três Barras – MS.** (Tese de Doutorado – UNESP): Presidente Prudente, 2003.

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

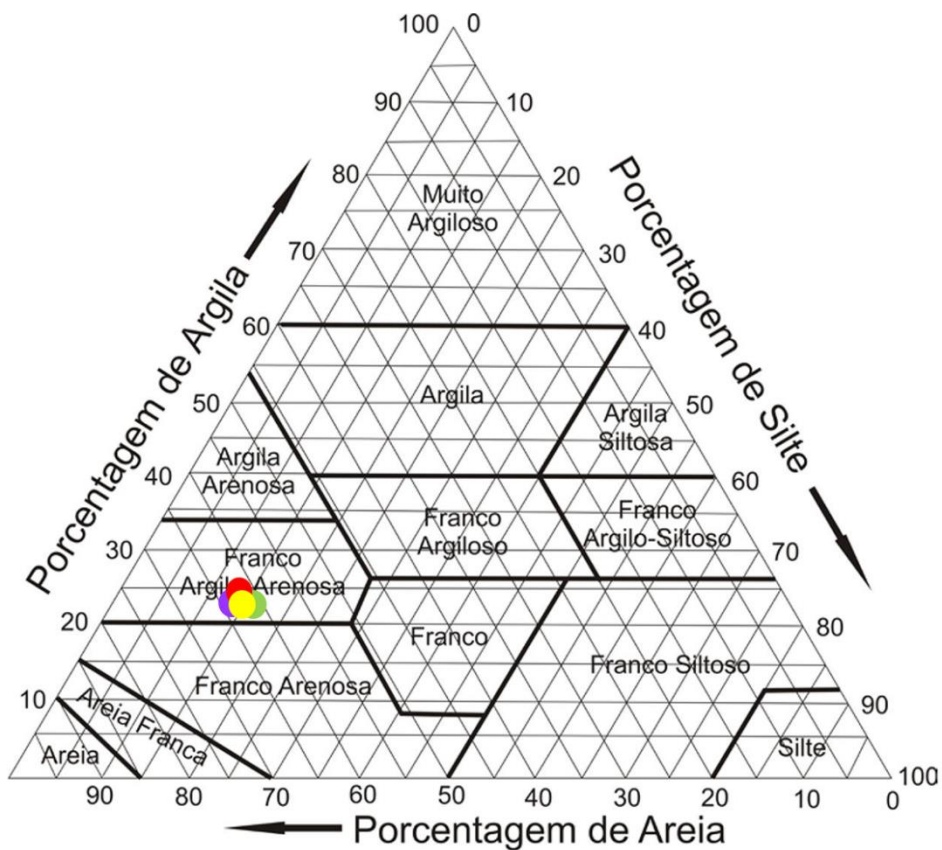
_____. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro. IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN.1977b. 91 p.





VIANA, C. D. B; ARAÚJO, J. V; SOUZA, L. F. P; CARVALHO, A. L. Pedologia. **Projeto RADAMBRASIL**: Folha SA.21-Santarém. Rio de Janeiro: DNPM, 1976. p. 199-308.

APÊNDICE

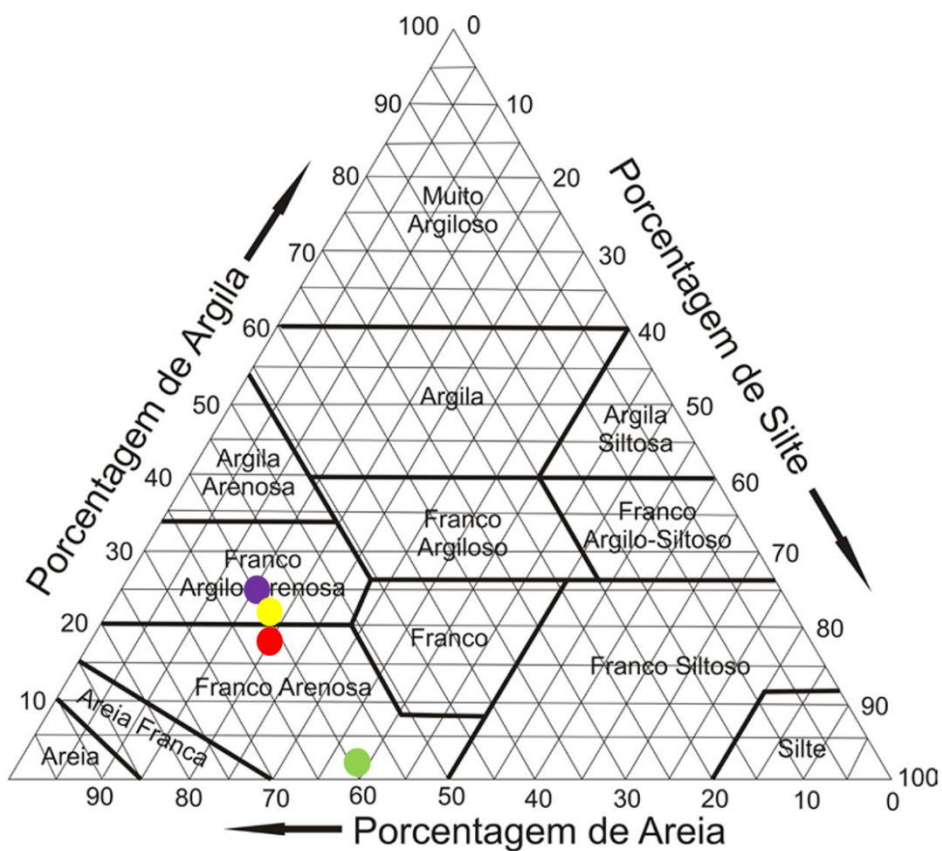
APÊNDICE 1





Classe textural – Perfil nº 01. Rua Armando Prado.



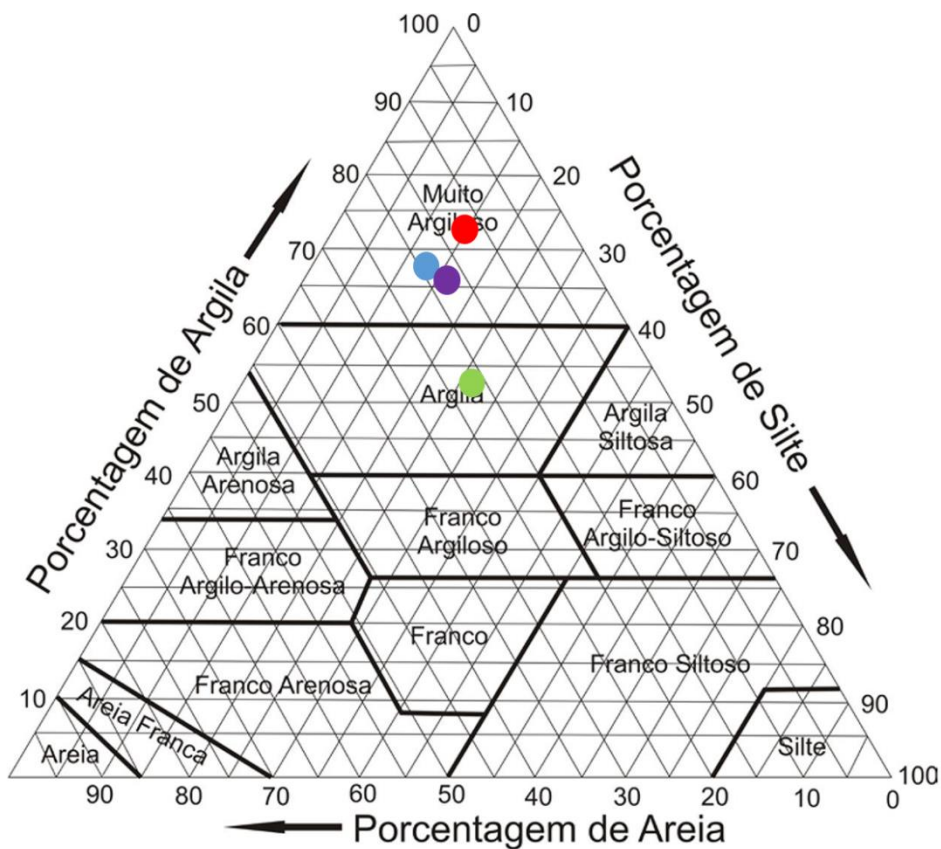
Amostras	Profundidade (m)	Classe textural
	0-1	Franco Argilo-Arenosa
	1-2	Franco Argilo-Arenosa
	2-3	Franco Argilo-Arenosa
	3-4	Franco Argilo-Arenosa





Classe textural – Perfil nº 02. A jusante do Porto.



Amostras	Profundidade (m)	Classe textural
	0-1	Franco Argilo-Arenosa
	1-2	Franco Arenosa
	2-3	Franco Argilo-Arenosa
	3-4	Franco Arenosa

Classe textural – Perfil nº 03. Rua Portugal.



Amostras	Profundidade (m)	Classe textural
	0-1	Argilosa
	1-2	Muito Argilosa
	2-3	Muito Argilosa
	3-4	Muito Argilosa

APÊNDICE 2

Formulário de perguntas aos moradores da cidade de Parintins

1. Há quantos anos você e sua família mora no local?
2. Você acredita que seu terreno tem se desvalorizado devido à atuação das terras caídas?
3. Já ocorreu algum acidente na área devido o desbarrancamento de terras?
4. Quantos metros você acredita que seu terreno já perdeu desde que veio morar na localidade?
5. Quais os principais problemas que as terras caídas causam a sua família?
6. A prefeitura ou algum outro órgão já esteve no local para propor soluções como construção do muro de arrimo, indenização ou algum tipo de assistência?
7. Você acredita que as terras caem mais durante o período que o rio está enchendo, ou no período em que o rio está vazando?
8. Você conhece alguma família que se mudou da área devido o problema da erosão?
9. Em sua opinião, quais os principais motivos para a ocorrência das terras caídas?
10. Dentre os motivos que causam erosão, qual o principal?

ANEXO

ANEXO 1
Análise granulométrica
Método da Pipeta (EMBRAPA, 2007)

Procedimento:

- Pesar 20 g de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) e transferir para becker de 250 ml;
- Adicionar 199 ml de solução de NaOH 0,1 M (10 ml de NaOH 1M em 100 ml de água destilada);
- Agitar com auxílio de um bastão de vidro e deixar em repouso durante uma noite, cobrindo o copo com vidro de relógio;
- Colocar o conteúdo no copo do agitador mecânico e proceder à agitação por 15 min, e no caso da amostra arenosa, de 5 a 10 min;
- Passar o conteúdo através de peneira de malha 0,053 mm, ou 0,062 mm, colocada sobre um funil apoiado em um suporte, tendo logo abaixo uma proveta de 1000 ml;
- Lavar o material retido na peneira com jato de água até uma lavagem eficiente e rápida das areias;
- Completar o volume da proveta com auxílio de uma pisseta;
- Agitar a suspensão durante 20 seg. com um agitador manual;
- Marcar o tempo logo após concluir a agitação;
- Medir a temperatura da amostra e verificar na tabela o tempo de sedimentação da fração de argila;
- Calculado o tempo, introduzir uma pipeta de 20 ml apoiada em um suporte até a profundidade de 5 cm, e colocar a suspensão;
- Transferir o conteúdo da pipeta para becker de 40 ml numerado e peso conhecido;
- Colocar o becker na estufa e deixar até evaporar completamente a água;
- Retirar da estufa, colocar em dessecador, deixar esfriar e pesar,
- Transferir a areia para outro becker numerado e peso conhecido, eliminar o excesso de água e em seguida colocar na estufa;
- Após secagem, deixar esfriar e pesar.

ANEXO 2
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLOS E SEDIMENTOS – LATOSSOLO

Data de entrada: ___/___/___

FICHA GRANULOMÉTRICA DE GROSSEIROS

Amostra: _____ Peso total da amostra (g): _____
 Programa (disciplina): _____
 Data de coleta: ___/___/___ Peso inicial da amostra: 20g
 Peso do Becker vazio (g): _____ Becker c/ amostra (g): _____
 Peso total da areia (g): _____
 Peso de grânulos (g): _____

Diâmetro (mm)	Peso (g)	Frequência %		Observações
		Simples	Acumulada	
2-1				
1-0,5				
0,5-0,250				
0,250-0,125				
0,250-0,062				
Total				

FICHA GRANULOMÉTRICA DE FINOS

Temp.	Hora inicial	Hora da coleta	Material (g)			Teor de argila (%)	Umidade (%)	MO %
			Peso do Becker (BSA)	Peso do Becker c/ amostra (BCA)	Diferença (A) BCA-BSA			
						A-0,008 x 250		

Resultado:

Quantidade	(g)	(%)
Areia		
Silte		
Argila		

Resp.: _____

ANEXO 3

JUNTA



GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS

**Cautela de Saída N° 001/2016**

A professor Jôa D'anuzio está autorizando a saída do matéria abaixo discriminado, para os fins de:

(X) Empréstimo () Manutenção () Outros

Descrição do Material

Qdt	Descrição	Local	DESTINO
02	ECOBATIMETRO E UM GPS	LABORATÓRIO DE GEOGRAFIA	ESTUDO DE CAMPO

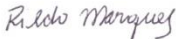
Declaro pelo presente documento que recebi da UEA Parintins o material acima descrito, pelo qual assumo total responsabilidade, até o retorno das mesmas.


Autorizado por:

Nome: João D'anuzio Azevedo Filho

Assinatura: 

Portadora: Rildo Oliveira Marques

Assinatura: 

evento em 20/11/2016


Entrada	Saída
Data de Saída: 25/11/2016	Data de retorno: 28/11/2016
Horário de Saída: 10:38 hs	Horário: 10 hs
Origem: CESP-PARINTINS	Nome do Portadora: Rildo de Oliveira Lopes
Destino: Estudo de Campo	Nome do Vigilante: 