



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS - ICHL
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA - DEGEO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA/MESTRADO - PP GEO



Análise dos Padrões Fluviométricos da Bacia do Rio Madeira - Brasil

LUCIANA DA SILVA MUNIZ

Manaus - Amazonas
Setembro/2013

Luciana da Silva Muniz

**ANÁLISE DOS PADRÕES FLUVIOMÉTRICOS DA BACIA DO RIO
MADEIRA – BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geografia – PPGGEO, da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Naziano Pantoja Filizola Junior (PhD)

Manaus - Amazonas
Setembro/2013

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

M966a Muniz, Luciana da Silva.
Análise dos padrões fluviométricos da Bacia do Rio Madeira - Brasil /
Luciana da Silva Muniz. - 2013.
146 f.: il. color.
Dissertação (Mestre em Geografia) — Universidade Federal do
Amazonas.
Orientador: Prof. PhD. Naziano Pantoja Filizola Junior.

1. Bacias hidrográficas – Rondônia, Amazonas 2. Madeira, Rio (RO e
AM) 3. Hidrologia I. Filizola Junior, Naziano Pantoja (orientador)
II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU (2007): 556.51(811.1/.3)(043.3)

Luciana da Silva Muniz

**ANÁLISE DOS PADRÕES FLUVIOMÉTRICOS DA BACIA DO RIO MADEIRA –
BRASIL**

Banca examinadora:

Naziano Pantoja Filizola Junior
(Presidente e Orientador - UFAM)

Antonio Fabio Guimarães Vieira
(Membro – UFAM)

Ana Cristina Strava Correa
(Membro – SIPAM)

Manaus, AM – Brasil

Dedico este trabalho aos meus queridos pais Benedito e Emília.

Agradecimentos

À Deus pela sua infinita bondade, fidelidade e amor.

À minha mãe e ao meu pai pelos exemplos inigualáveis de força, coragem e integridade.

Aos meus irmãos Jefferson, Emerson e Regina e aos meus sobrinhos Lucas e Gabriel pelo carinho e convivência.

Ao meu orientador, Dr. Naziano Filizola, por ter me cedido momentos de paciência, apoio e conhecimento para desenvolver minha pesquisa.

À Elisa, Pascal e Gerard Cochonneau pela ajuda na construção de minha base de dados hidrológicos.

À Edileuza Melo pela paciência e gentileza ao ministrar o curso de SIG e pelas inúmeras colaborações em minha pesquisa.

Aos amigos do LAPA (Laboratório de Potamologia Amazônica) Amarílis, Diego, Polly, Sidney, Zumak e Valdir pelas colaborações e momentos alegres.

Aos queridos professores do mestrado pela troca de conhecimento nas disciplinas ministradas.

Aos amigos da turma do mestrado pelo carinho e amizade, Thaís, Alcineia, Patrícia, Ana Lídia, Rosilene, Luciana Moura, Máximo e Therezinha.

Aos meus colaboradores Cristiano Alves, Marcio Corrêa pela ajuda na representação dos meus dados e ao Armando Frota pela tradução do abstract.

À SEMED pelo apoio e liberação de minhas atividades em sala de aula.

À FAPEAM, pelo apoio financeiro, sem o qual seria impossível desenvolver um bom trabalho.

Ao PPGEOG/ DEGEO UFAM pelo suporte e realização do curso de mestrado em Geografia.

À ANA e ORE-HYBAM pelos dados secundários de cotas fluviométrica.

À Defesa Civil Nacional pelos documentos oficiais de desastres tão importantes a esta pesquisa.

Resumo

Este estudo apresenta os resultados de uma análise simplificada sobre a variabilidade dos níveis de água na bacia do Rio Madeira em sua porção brasileira. O trabalho é concentrado entre os anos 1980 a 2010 e, principalmente, em anos que estiveram sob condições hidroclimáticas extremas. É pautado na observação dos padrões hidrológicos, por meio de séries temporais de cotas fluviométricas, nas condições fisiográficas e em documentos oficiais de desastres de enchente e secas. Discute os efeitos dos eventos extremos sobre as comunidades ribeirinhas, na busca de identificar padrões a partir de uma análise segura e confiável, cujos resultados possam ser utilizados por aquelas mesmas comunidades. O Rio Madeira é o principal afluente do Rio Amazonas. Sua bacia hidrográfica abrange uma área de quase 1,4 milhões de km², o que representa 23% de toda a área da Bacia Amazônica. Esta área envolve porções de três países sul-americanos: Bolívia, Brasil e Peru. No Brasil compreende os estados do Amazonas, Rondônia e Mato Grosso. Foram utilizados dados das estações hidrológicas da Agência Nacional de Águas - ANA e do Observatório Ambiental de Hidrologia, Geoquímica e Geodinâmica da Bacia Amazônica - ORE / HYBAM. As observações a cerca da variabilidade hidrológica foram comparadas com os relatórios de avaliação dos danos e portarias disponíveis na base de dados da Defesa Civil Nacional. Os resultados evidenciaram os maiores eventos de cheia e vazante e permitiram fazer considerações a cerca do funcionamento hidrológico da bacia quanto a tais eventos. A maior parte das estações apresentaram período de enchente nos meses de março, abril e maio e período de vazante nos meses de agosto, setembro e outubro. Os cotogramas evidenciaram um único pico de cheia e vazante nas estações estudadas. De acordo com os gráficos com índices normalizados, os eventos críticos de enchente e estiagem não se comportam da mesma forma ao longo da calha do Rio Madeira o que pode ser explicado pela variação das altitudes dos terraços e encostas daquelas localidades. Neste sentido, é grande a influência de aspectos fisiográficos locais, principalmente ligados à existência de áreas de várzea, pois os tempos de permanência da água no sistema arrefecem para jusante a propagação do escoamento superficial. Com base na análise dos documentos oficiais, os efeitos dos eventos extremos são mais significativos nos municípios do estado do Amazonas do que nos de Rondônia, com a ressalva de que alguns períodos onde se avalia que existem algumas lacunas quanto ao atendimento da Defesa Civil nestes municípios e/ou falhas no abastecimento no banco de dados de registros de desastres. Neste estudo, compreendeu-se a complexidade de investigar as causas e consequências dos eventos extremos na Amazônia, pela necessidade de analisar vários aspectos de uma realidade também complexa e que envolve o tratamento de dados hidrológicos, fisiográficos e sociais, que em sua maior parte são de fontes secundárias e precisam de um fastidioso trabalho de validação para obtenção de resultados coerentes e verídicos.

Palavras-chave: Madeira, hidrologia e cotas fluviométricas.

Abstract

This study shows the results of a simplified analysis about the variability of water levels on the watershed of the Madeira River on the Brazilian area. This work between the years of 1980 and 2010 and, mainly, in years that revealed extreme hydro-climatic conditions. It's centered on the observations of hydrologic patterns, through temporal series of fluvimetric measures, in physiographic conditions and on official documents about Flood and Drought Disasters. Discusses the effects of extreme events on the communities, in order to identify patterns from a safe and reliable analysis, whose results may be used by those same communities. Madeira River is the main tributary of Amazon River. Its watershed covers an area of almost 1,4 million km² which represents 23% of all Amazon Watershed. This area involves portions of three South American countries: Bolivia, Brazil e Peru. In Brazil, it's comprehended the states of Amazonas, Rondônia e Mato Grosso. Were used data from Hydrological stations of National Agency of Waters – ANA National and from the Observatory of Environmental Hydrology, Geochemistry and Geodynamic of Amazon Basin - ORE / HYBAM. The observations about the hydrological variability were compared with damage evaluation reports and ordinances available on Nation Guard database. The results shown that the greatest events of flood and ebb allowed make considerations about the hydrological behavior of the basin considering those events. The major part of stations shown flood season on months March, April and May, and ebb season in the months of August, September and October. The quotagrams revealed one single peak of flood and ebb on the studied stations. According to chart with normalized indices, the critical events of flood and ebb do not behave on the same way through the Madeira River, which can be explained by variation of altitudes of the terraces and slopes of those locations. In this sense, there is a great influence of local physiographic aspects, mainly related to the existence of the lowland areas, because the residence time of water in the system cools downstream propagation superficial. Com flow based on the analysis of official documents, the effects of events extremes are more significant in the municipalities of Amazonas state than in Rondônia state, with the caveat that some periods where it assesses that there are some gaps regarding the care of civil defense in these municipalities and / or supply disruption in database records disaster. In this study, it was understood the complexity of investigating the causes and consequences of extreme events in the Amazon, the need to analyze various aspects of a reality too complex and involves the treatment of hydrologic, physiographic and social data, which are mostly secondary sources and require a tedious validation work to obtain results consistent and truthful.

Keywords: Madeira River – Hydrology – Fluvimetric quotes

Lista de Figuras

Figura 1: Encostas da estação de Abunã (RO), Manicoré (AM) e proximidades de Porto Velho (RO)..	17
Figura 2: Régua linimétrica e RN fixado a poucos metros da última régua da estação fluviométrica de Abuña (RO)..	18
Figura 3: Esquema de representação dos dígitos que compõem os códigos das estações fluviométricas.	20
Figura 4: Evolução do aumento do nível das águas do leito do rio.	22
Figura 5: Menina no giral improvisado ao lado da estação Fazenda Vista Alegre (AM).	24
Figura 6: Mapa de localização da área de estudo – bacia do Rio Madeira no Brasil.	26
Figura 7: Contribuição total de área e descarga líquida de cada sub-bacia da bacia Amazônica.	28
Figura 8: Aporte de descarga líquida e sólida dos principais tributários do Rio Amazonas.	29
Figura 9: Representação esquemática de descarga sólida e líquida dos principais rios formadores do Madeira.	30
Figura 10: Unidades estruturais.	31
Figura 11: Classificação hipsométrica automática (A) e Unidades Morfoestruturais (B) da área de estudo.	32
Figura 12: Unidades Geomorfológicas	34
Figura 13: Tipos de solos na bacia do Rio Madeira.	35
Figura 14: Neossolos Flúvicos as margens do Rio Madeira em Humaitá (AM)	36
Figura 15: Tipos climáticos da bacia do Rio Madeira.	37
Figura 16: Distribuição de precipitação anual da bacia do Rio Madeira (Brasil e Bolívia).	37
Figura 17: Tipos de biomas na bacia do Rio Madeira	39
Figura 18: Desflorestamento bruto anual dos principais estados que compõem a bacia do rio Madeira.	40
Figura 19: Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do Rio Madeira.	42
Figura 20: População total por Estados que compõem a Bacia Hidrográfica - Comparativo 2000 – 2010 (A) e População Urbana e Rural por estados que compõem a bacia (B).	43
Figura 21: Distribuição das principais rodovias federais. Fonte Ministério dos Transportes.	45
Figura 22: Precipitação mensal e anual (mm) acumulada no Brasil 1961 – 1990.	47
Figura 23: (A) Série de cotas fluviométricas diárias do Rio Madeira.	48
Figura 24: Regimes hidrológicos da Bacia Amazônica.	49
Figura 25: Hidrograma de cotas diárias interanuais das estações de referência no rio Madeira evidenciam o regime austral com um só pico de cheia	50
Figura 26: Fluxograma de execução de pesquisa.	54
Figura 27: Mapa das sub-bacias Amazônicas.	56
Figura 28: Gráfico de Dispersão permite visualizar valores incoerentes na série histórica.	60
Figura 29: Processo de correlação de séries de cotas fluviométricas.	61
Figura 30: Correção de lacunas através de estimativa com uso de regressão linear.	62
Figura 31: Gráfico de dispersão de cotas fluviométricas históricas diárias.	62
Figura 32: Gráfico de cotas mensais interanuais normalizadas	63
Figura 33: Cotas anuais normalizadas da estação de Abunã.	64
Figura 34: Gráfico de dispersão de cotas fluviométricas diárias com os anos de eventos extremos	65
Figura 35: Estação fluviométrica.	70
Figura 36: Estações fluviométricas.	71

Figura 37: Distribuição de estações por estados constituintes da bacia do Rio Madeira no Brasil.	73
Figura 38: Mapa de localização das estações fluviométricas na bacia do Rio Madeira no Brasil.....	74
Figura 39: Amplitudes médias e máximas das cotas interanuais diárias.	85
Figura 40: Amplitudes médias em dias do período entre máximas e mínimas das cotas interanuais diárias.	86
Figura 41: Mapa de cotas mensais interanuais normalizadas. Neste trabalho.	87
Figura 42: Mapa de classificação de domínios de cheias (A) e Domínios de Vazantes (B) na Bacia do Rio Madeira.....	88
Figura 43: Normalização de águas altas de cotas médias mensais para as estações no Rio Madeira. .	90
Figura 44: Mapa de tendência em longo prazo com dados de cotas mínimas e máximas divididas pela média interanual (1980-2010).	91
Figura 45: Mapa de cotas “puras” interanuais decenais.	92
Figura 46: Comparativo de cotas “puras” diárias do ano de 1997 e 2012 para as estações de Porto Velho/RO e Humaitá/AM	94
Figura 47: Propagação da cheia de 1997 ao longo do Rio Madeira.....	95
Figura 48: Propagação dos picos de cheia de 1997 ao longo do Rio Madeira (dados normalizados). .	95
Figura 49: Acompanhamento da onda da seca de 2005 ao longo do Rio Madeira.	97
Figura 50: Representação do comportamento da seca de 2005 nas estações do Rio Madeira. Org. Luciana Muniz. Neste trabalho.	97
Figura 51: Gráficos decenais com os principais eventos de cheias nas estações de Porto Velho (RO) e Manicoré (AM).	99
Figura 52: Duração de eventos em dias acima da cota de alerta de 95% para as cheias – Estações de Porto Velho e Manicoré.	100
Figura 53: Gráficos decenais com os principais eventos de estiagem nas estações de Porto Velho (RO) e Manicoré (AM).	102
Figura 54: Distribuição da ocorrência de documentos oficiais por estado distribuídos de 1980 a 2010.	106
Figura 55: Municípios que apresentaram maiores quantidades de documentos oficiais	107
Figura 56: Localização dos municípios de maior ocorrência de registros de desastres por estiagem e secas graduais. Org. Luciana Muniz, 2013.	113
Figura 57: As imagens de satélite mostram a variação do nível do Rio Madeira nos anos de 2005 (seca) e 2009 (cheia) em frente aos municípios de Porto Velho (A), Humaitá (B), Manicoré (C) e Borba (D).	116

Lista de Tabelas

Tabela 1: Lista dos 5 maiores rios em sistemas tropicais no mundo..	29
Tabela 2: Cenas utilizadas para a espacialização de eventos extremos.....	55
Tabela 3: Estado das réguas linimétricas observadas em campo.	70
Tabela 4: Identificação de estações de cotas fluviométricas.....	73
Tabela 5: Lista com os maiores eventos de cheias para as estações de Porto Velho (RO) e Manicoré (AM), mostrando diferenças quanto à intensidade e importância do evento para cada estação.	98
Tabela 6: Lista com os maiores eventos de secas para as estações de Porto Velho (RO) e Borba (AM), mostrando diferenças quanto à intensidade e importância do evento para cada estação	101
Tabela 7: Distribuição de documentos oficiais por estado e municípios da Bacia do Rio Madeira. .	106
Tabela 8: Quantidade e tipo de documentos analisados. Fonte: Defesa Civil Nacional.	108
Tabela 9: Distribuição de ocorrência de portarias.....	109
Tabela 10: Classificação de intensidade de evento de cheia ou inundação.....	109
Tabela 11: Classificação de intensidade de danos em evento de cheia ou inundação..	110
Tabela 12: Número de afetados em eventos de cheias ou inundações graduais..	111
Tabela 13: Distribuição temporal da ocorrência dos registros de secas ou estiagens na Bacia do Rio Madeira..	111
Tabela 14: Meses de emissão de documentos de secas ou estiagens e a intensidade do evento de secas e meses de ocorrência.....	112

Sumário

1. Introdução	14
1.1 A bacia hidrográfica como unidade espacial.....	15
1.2 O balanço hídrico	16
1.3 Redes de monitoramento.....	18
1.3.1 Séries históricas.....	19
1.4 Regime Hidrológico.....	21
1.5 Variabilidade das águas.....	22
1.5.1 Enchentes	22
1.5.2 Vazantes	23
1.5.3 Variabilidade das águas e a sociedade	24
2. Objetivos	25
3. Localização da área de estudo.....	26
3.1 Características peculiares da bacia do Rio Madeira	28
3.2 Geologia e Geomorfologia	30
3.3 Solos.....	34
3.4 Clima.....	36
3.5 Biomas.....	38
3.6 Uso e ocupação do solo.....	41
3.7 População	43
3.8 Grandes obras e projetos	44
4. Trabalhos anteriores na bacia do rio Madeira	47
4.1 A variabilidade hidrológica.....	47
4.2 O regime hidrológico	48
4.3 Eventos hidrológicos extremos na Bacia do Rio Madeira	51
4.4 Consequências dos eventos extremos	52
5. Materiais e métodos	54
5.1. Primeira fase: Obtenção de Dados	55
5.2 Segunda etapa: tratamento de dados	58
5.3 Terceira fase: classificação de dados.....	66
5.4 Quarta e quinta fases: regionalização e espacialização das classificações e análise	66
Resultados e discussões.....	68
6. Análise dos padrões de cotas fluviométricas.....	69

6.1 Incertezas.....	69
6. 2. 1 Tributários	75
6. 2. 2 Rio Principal: Rio Madeira	81
6.3 Avaliações Gerais do Regime Fluviométrico da bacia do Madeira	85
6.4 Avaliação Geral de Tendência em longo prazo dos Regimes Fluviométrico Anuais das estações da bacia do Rio Madeira.....	90
7. Análise de eventos fluviométricos extremos.....	93
7. 1 Avaliação de eventos extremos segundo os dados fluviométricos.....	93
7. 1.1 O caráter heterogêneo do regime fluviométrico da Bacia do Rio Madeira.....	98
7.3 Impactos dos eventos extremos de seca e cheia sobre as sociedades e ações da Defesa Civil - Dados de desastres	103
7.3.1 Incertezas.....	104
7.3.2 Desastres de enchentes e inundações graduais.....	105
7.3.3 Desastres de secas ou estiagens graduais	111
9. Referências bibliográficas	119
ANEXOS.....	124

1. Introdução

Nos últimos anos vem crescendo os estudos sobre bacias hidrográficas, a escolha deste sistema como unidade espacial de análise, permite utilizar os limites naturais para delimitar e caracterizar a área de estudo, porém esta abordagem pode ser mais complexa, principalmente quando se refere à Bacia Amazônica que apresenta grandes dimensões e características próprias.

A maior bacia hidrográfica do mundo merece destaque em especial em meio de uma série de problemas ambientais ocorridos na Amazônia, pelas novas configurações nas paisagens quanto ao uso e ocupação do solo. Tem sido foco de atenção mundial devido aos recursos hídricos e a potencialidade hidrelétrica, à sua riqueza mineral, à sua grande biodiversidade de espécies florestais e também pelos efeitos que o desmatamento em grande escala pode provocar no clima regional e global (FISCH *et al.*, 1998, ESCOBAR, 2007).

Tendo em vista que a bacia hidrográfica é entendida como célula básica de análise ambiental é permitido conhecer e avaliar os diversos componentes e processos e interações que nela ocorrem. (BOTELHO e SILVA, 2004). Esta abordagem dá liberdade ao desenvolvimento de pesquisas que envolvam diversos aspectos, de modo a investigar a bacia Amazônica como um sistema aberto e dinâmico.

Nesta perspectiva, no final do século XX surgiram grandes projetos de pesquisa nacionais e internacionais em bacias hidrográficas, como PHICAB (*Programa Climatológico e Hidrológico de la Cuenca Amazónica de Bolivia*) e o HIBAM (Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica) que fazem a análise e levantamento de dados para entender o funcionamento dos componentes do balanço hídrico (precipitação, evaporação e escoamento subsuperficial e superficial).

Seguindo esta linha de pesquisa hidrológica o presente projeto investigou um dos componentes do balanço hídrico - o escoamento superficial – tão sensível e talvez o mais aparente ao estudo dos aspectos do regime hidrológico. A área de estudo é a bacia do Rio Madeira, sub-bacia Amazônica de maior área de contribuição, cerca de 23%, cujo rio principal é o maior afluente da margem direita do rio Amazonas, englobando os estados do Amazonas, Rondônia e Mato Grosso e ainda território boliviano e peruano.

A análise foi realizada a partir da base dos dados hidrológicos provenientes da rede hidrometeorológica de responsabilidade da Agência Nacional de Águas - ANA, e base do Projeto ORE-HYBAM.

O diferencial desta pesquisa foram as definições de padrões com o uso de cotas fluviométricas ao invés de vazões, sustentando a prerrogativa de que as cotas são medidas mais inteligíveis e significativas para os ribeirinhos e podem ser mais úteis para as necessidades locais, sendo que são mais abundantes nas redes hidrométricas de monitoramento. Portanto, com a utilização das observações de cota permitiu-se a realização da análise das séries das estações localizadas nos principais tributários e não somente as estações de referência do Rio Madeira, proporcionando um estudo comparativo do comportamento hidrológico de toda a área de estudo.

O principal objetivo deste estudo foi analisar os padrões da bacia do Rio Madeira/Brasil em seu estado natural sem grandes fatores intervenientes humanos (sem alteração do regime hidrológico pelo complexo hidrelétrico) o que justifica a base de dados ser até o ano de 2010. Neste estudo descritivo e experimental tentou-se desenvolver uma metodologia segura e simplificada para a gestão de políticas públicas e para agregar valores aos demais estudos utilizando cotas linimétricas para a análise e caracterização em sistemas hidrológicos na Amazônia.

1.1 A bacia hidrográfica como unidade espacial

No Brasil os estudos em bacias hidrográficas ganharam força principalmente com a atual legislação que estabelece na Lei 9.433/97 a bacia hidrográfica como a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SILVA, 2010).

O desafio da gestão compartilhada dos recursos hídricos, utilizando a Bacia Hidrográfica como unidade integradora de ações, tem um largo espectro de importância no contexto da Região Hidrográfica Amazônica. Situa-se na possibilidade de integrar de maneira mais harmônica e sustentável as ações de vários e poderosos atores econômicos.

Segundo Botelho e Silva, (2004) a bacia hidrográfica é reconhecida como unidade espacial na Geografia Física desde o fim dos anos 60 e também em outras áreas de ciências Ambientais. Entendida como célula básica de análise ambiental, A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental.

Portanto, é facilmente associável a definição de bacia hidrográfica como sistema aberto, complexo. A bacia hidrográfica como uma porção de território continental drenada por um curso de água ou por um sistema interligado de cursos de água, os quais transportam, além

da água, sedimentos, materiais dissolvidos e nutrientes vários até um ponto comum: a desembocadura ou secção de referência da bacia (RAMOS, 2005).

Em meio à análise do comportamento hidrológico de uma determinada bacia é essencial conhecer os fatores que possuem relevância no ciclo da água. E para poder explicar os fenômenos ocorridos neste processo é preciso entender o escoamento superficial como componente do balanço hídrico.

1.2 O balanço hídrico

O balanço hídrico numa determinada bacia hidrográfica, refere-se às entradas e saídas de água que são ocorridas nela, representando o equilíbrio hídrico local. Tendo como sua principal entrada a precipitação e; as saídas: evapotranspiração e escoamento e vazão (CASTRO *et.al.*1994).

Segundo Christofolletti (1980) “os rios funcionam como canais de escoamento. O escoamento fluvial faz parte integrante do ciclo hidrológico e sua alimentação se processa através das águas superficiais e das subterrâneas” (p. 86).

Devido à finalidade deste trabalho daremos ênfase à discussão sobre o escoamento superficial, pois o escoamento se compõe em: escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo.

O escoamento superficial tem origem fundamentalmente, nas precipitações quando parte da água é interceptada pela vegetação e outros obstáculos, onde se evapora posteriormente. Do volume que atinge a superfície do solo, parte é retida em depressões do terreno, parte se infiltra e o restante escoar pela superfície logo que a intensidade da precipitação supere a capacidade de infiltração no solo e os espaços nas superfícies retentoras tenham sido preenchidos (MARTINS, 2000).

Quando a chuva provoca a saturação do solo, as águas passam a escoar em canalículos que formam a micro rede de drenagem, sob a ação de erosão aumenta-se a dimensão desses canalículos dando lugar a caminhos preferenciais, dependendo da quantidade e intensidade da precipitação, formam-se as torrentes e a partir delas os canais propriamente ditos (MARTINS, 2000; COELHO NETO, 1994).

Nas seções dos canais podemos observar o nível da água ou cota fluviométrica é representado convencionalmente pela letra **h** “é a altura da atingida da água na seção em relação a uma determinada referência. Pode ser um valor instantâneo ou a média em um determinado intervalo de tempo (dia, mês, ano)” (MARTINS, 2000, p.39). Convencionalmente são medidas em cm.

Por meio de métodos estatísticos e o conhecimento dos parâmetros da seção do canal estes valores são convertidos em vazão. Segundo Santos *et al.* (2001) a vazão é o volume de água que passa na seção na unidade de tempo, expressa em metros cúbicos por segundo. Os estudos destas grandezas são importantes elementos para caracterizar um regime hidrológico que se trata do conjunto das variações do estado e das características de uma massa de água que se repetem regularmente no tempo e no espaço, incluindo as variações cíclicas, por exemplo, as sazonais como as enchentes e vazantes. Porém a leitura dos valores de vazões ainda é pouco compreendida pela população.



Figura 1: Encostas da estação de Abunã (RO), Manicoré (AM) e proximidades de Porto Velho (RO). Luciana Muniz, 2013.

As cotas são medidas mais inteligíveis e significativas para os ribeirinhos e podem ser mais úteis para as necessidades locais, pois a variabilidade do nível do rio é a representação sazonal da própria mudança da paisagem.

1.3 Redes de monitoramento

A medição do nível da água é realizada por meio de linímetros, comumente chamados de réguas linimétricas e linígrafos. Uma régua linimétrica nada mais é do que uma escala graduada, de madeira, de metal ou mesmo pintada sobre uma superfície vertical de concreto (SANTOS *et al.*, 2001).

Segundo Santos *et al.* (2001) a desvantagem é a facilidade com que o observador, em geral pessoa de pouca instrução, pode cometer enganos na leitura durante as cheias, ou por problemas causados pelo impacto da águas em alta velocidade contra o suporte.

Portanto, existe a necessidade de instalar junto à régua duas ou mais referências de nível (RN), para permitir a reinstalação na mesma cota, na eventualidade de os lances terem sido destruídos por enchente ou ato de vandalismo. As referências de nível são geralmente de concreto enterrados na proximidade das réguas e possuem as referências em *datum* locais.



Figura 2: Réguas linimétricas e RN fixado a poucos metros da ultima régua da estação fluviométrica de Abuña (RO). Fonte: Muniz, 2011.

Por meio da observação diária do nível do rio em geral duas vezes ao dia (as 7 e 17 horas) forma-se uma série histórica com dados instantâneo e diários para cada estação fluviométrica.

1.3.1 Séries históricas

Uma série temporal, também é denominada série histórica, corresponde a uma sequência de dados obtidos em intervalos regulares de tempo durante um período específico (LATORRE, *et al.*, 2001).

Durante a aquisição dos dados podem ocorrer problemas, como: valores inconsistentes, dados irregularmente espaçados, processos de arquivamento diferentes, mudanças no sistema de medições ou simplesmente valores não registrados (SANTANA *et al.* 2010).

Os erros de observações devem ser sanados em campo, como por exemplo, com nivelamento das réguas e o treinamento do observador, porém quando esta observação segue-se defectiva, deve-se seguir uma metodologia adequada para completar e/ou substituir os valores de observações incorretas.

O trabalho de consistência e tratamento de dados foi o mais extenso da pesquisa, pois uma das metas deste estudo foi criar uma base de dados de série históricas da bacia do Rio Madeira segura e confiável para análises da variabilidade de cotas fluviométricas.

A análise foi realizada a partir da base dos dados hidrológicos de cotas fluviométricas (1980 a 2010), proveniente da rede hidrometeorológica de responsabilidade da ANA (Agência Nacional de Águas), e do ORE-HYBAM (Observatório de Pesquisas Ambientais da Bacia Amazônica) além de utilizar os dados e gráficos do projeto Rios *On line* do LAPA (Laboratório de Potamologia Amazônica).

A função de uma rede de monitoramento é proporcionar uma densidade e distribuição de estações em uma região de modo que, por interpolação de séries de dados das diferentes estações, seja possível determinar, com suficiente precisão, as características básicas das grandezas hidrológicas ou meteorológicas em qualquer local e região (SANTOS *et al.* 2001).

No Brasil a Agência Nacional de Águas realiza o monitoramento hidrometeorológico operando cerca de 4.543 estações de monitoramento das 14.822 existentes em todo o país e cerca de 2.176 dos 12.963 mil rios brasileiros cadastrados no Sistema de Informações Hidrológica. Com essas estações, é possível mensurar o volume de chuvas, a evaporação da água, o nível e a vazão dos rios, a quantidade de sedimentos e a qualidade das águas. As

informações oriundas desse monitoramento encontram-se disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas - <http://hidroweb.ana.gov.br/> e no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH - <http://www.ana.gov.br/portalsnirh/> (ANA, 2012).

Os dados coletados por essa malha de estações são utilizados para produzir estudos, definir políticas públicas, avaliar a disponibilidade hídrica e, por meio dela, a ANA monitora eventos considerados críticos, como cheias e estiagens, disponibiliza informações para a execução de projetos pela sociedade, identifica o potencial energético, de navegação e levanta as condições dos corpos d'água para atender a projetos de irrigação ou de abastecimento público, entre outros.

As estações fluviométricas, estão distribuídas conforme a atual Divisão Hidrográfica Nacional instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos. No Inventário das Estações Fluviométricas (BRASIL, 2009) onde está disponível a identificação de cada uma. O código de identificação da estação fluviométrica compõe-se de 8 dígitos abaixo discriminados:

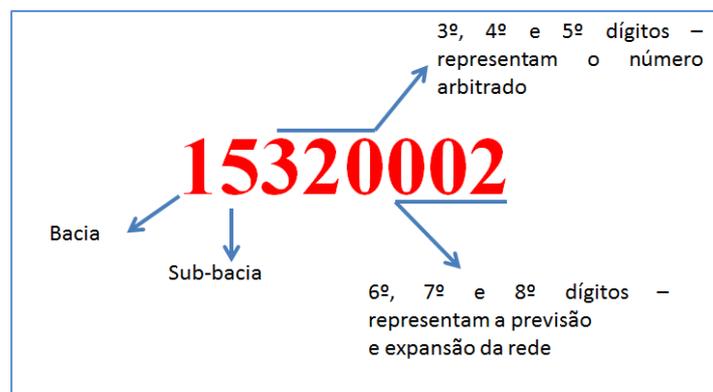


Figura 3: Esquema de representação dos dígitos que compõem os códigos das estações fluviométricas.

A bacia do Rio Madeira representada pelo código 15, possui ao todo 90 estações de cota fluviométrica e 48 estações de vazão e é monitorada em parte pela CPRM.

Um das vantagens em utilizar dados com níveis da água, foi reconhecida em perceber que estes dados são mais abundantes nas redes hidrométricas de monitoramento que os de vazões, além de possuírem maiores períodos de séries históricas, portanto a utilização das observações de cota permitiu a realização da análise das séries das estações localizadas nos

principais tributários e não somente as estações de referência do rio Madeira, proporcionando um estudo comparativo do comportamento hidrológico de toda a bacia do rio Madeira.

1.4 Regime Hidrológico

A variação sazonal de enchente e vazante são os componentes do regime hidrológico. A variação do nível ou vazão de um rio depende das características climatológicas e físicas da bacia hidrográfica. As distribuições temporal e espacial da precipitação são as principais condições climatológicas. As mesmas somente podem ser previstas deterministicamente com antecedência de poucos dias ou horas, o que não permite a previsão dos níveis de enchente com antecipação muito grande. O tempo máximo possível de previsão de cheia, a partir da ocorrência da precipitação, é limitado pelo tempo médio de deslocamento da água na bacia até a seção de interesse (TUCCI, 2002 p. 623).

Segundo Tucci (2002) quando a precipitação é intensa a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio pode ser superior à sua capacidade de drenagem, transbordando a da sua calha normal, resultando na inundação das áreas ribeirinhas. Quando a quantidade de água é inferior às condições de drenagem normais a linha d'água pode permanecer abaixo do leito inferior do rio.

A disponibilidade de precipitação em uma bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial. A determinação da intensidade de precipitação é importante para o controle de inundação e a erosão do solo (TUCCI, 2007).

Os condicionantes da precipitação na Amazônia são complexos e extremamente importantes para conhecer o regime hidrológico.

Dentre um dos fatores interferentes nas condições climáticas na Amazônia destacam-se os fenômenos do tipo ENSO. Define-se El Niño como o fenômeno climático com intensas repercussões meteorológicas e agrícolas de longa duração e de ocorrência global. Tem relação com o estabelecimento de um gradiente térmico, por aquecimento de águas superficiais das porções sul dos Oceanos Índico e Pacífico (CASTRO *et al.*, 1998).

Em geral seus efeitos na Amazônia - de El Niño - podem ser resumidos em estiagens com elevadas temperaturas e ressecamento do ar, que são favoráveis a secas e risco de fogo,

assim como baixos níveis dos rios. As anomalias climáticas associadas ao fenômeno El Niño podem ser desastrosas e provocar sérios prejuízos socioeconômicos e ambientais. Porém, outros eventos de El Niño como em 1972-73 foram até mais úmidos que o normal. Enquanto que as anomalias climáticas associadas ao fenômeno La Niña são inversas àquelas observadas no El Niño, mas o fenômeno não é estritamente linear, pois existem anos de El Niño que foram úmidos na Amazônia (MARENGO, 2003).

Em virtude dos eventos do tipo ENSO estarem extremamente relacionados ao comportamento do regime hídrico na Amazônia (RONCHAIL, 2005 e MARENGO, 2003), foi investigada a variabilidade hidrológica em anos considerado críticos, ou seja, de eventos *El Niño* e *La Niña* confrontados com a padronização de cotas de anos ditos como de comportamento hidrológico “normal” o que superficialmente descartou a influência do ENOS na porção brasileira da bacia do rio Madeira.

1.5 Variabilidade das águas

1.5.1 Enchentes

Segundo Kobiyama (2006) e Tucci (2007) os termos inundação e enchente, no mundo científico são diferenciados, a inundação, popularmente tratada como enchente é o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele. Estas áreas planas próximas aos rios sobre as quais as águas extravasam são chamadas de planícies de inundação. Quando não ocorre o transbordamento, apesar do rio ficar praticamente cheio, tem-se uma enchente e não uma inundação, como ilustra na figura abaixo (figura 04).

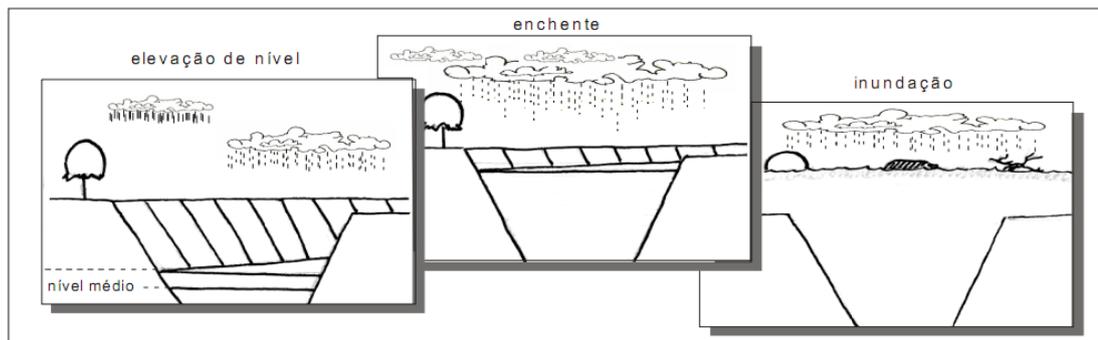


Figura 4: Evolução do aumento do nível das águas do leito do rio. Fonte: Kobiyama, 2006.

Segundo o glossário da Defesa Civil (CASTRO *et al.*, 1998) o termo enchente é tido como inundação, sendo definida como elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal, ou seja, quando ocorre o transbordamento do leito.

É nítida a diferença quanto aos termos científicos, porém neste trabalho para investigar a consequência dos eventos extremos utilizou-se dados secundários da Defesa Civil Nacional, sendo assim coerente adotar os conceitos comumente utilizados, entendendo inundação como enchente se tratando de dados de desastres.

De acordo com Castro *et al.* (2007) no Manual de Desastres Naturais as inundações podem ser classificadas em função da magnitude e da evolução. Em função da magnitude, as inundações, através de dados comparativos de longo, prazo, são classificadas em: excepcionais; de grande magnitude; normais ou regulares e de pequena magnitude.

Em função da evolução, as inundações são classificadas em: enchentes ou inundações graduais; enxurradas ou inundações bruscas; alagamentos; inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar (CASTRO *et al.*, 2007).

Neste trabalho os documentos de desastres analisados foram do tipo enchentes ou inundações graduais. A escolha desta tipologia para análise deve ao fato de que estes desastres são correspondentes à variabilidade do escoamento superficial gradual de característica cíclica e sazonal.

1.5.2 Vazantes

A vazante é a diminuição gradual do nível de água de um rio. Quando ocorre a diminuição do nível das águas além do normal, sua condição se dá por eventos denominados de estiagem e seca.

As estiagens resultam da redução das precipitações pluviométricas, do atraso dos períodos chuvosos ou da ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada. A forma mais intensa e prolongada deste fenômeno é denominada de seca. Quando comparadas com as secas, as estiagens caracterizam-se por serem menos intensas e por ocorrerem durante períodos de tempo menores (CASTRO *et al.*, 2007).

A estiagem, enquanto desastre relaciona-se com a queda intensificada das reservas hídricas de superfície e de subsuperfície e com as consequências dessa queda sobre o fluxo dos rios e sobre a produtividade agropecuária.

1.5.3 Variabilidade das águas e a sociedade

A sazonalidade (peridiocidade) das águas é um elemento marcante nas sociedades tradicionais, que organizam suas atividades econômicas e sua vida social em função da estação das águas altas e da estação de águas baixas.

As populações tradicionais não indígenas da Amazônia caracterizam-se, sobretudo, por sua grande dependência das águas dos rios e igarapés como fonte de água para uso doméstico, para a navegação e para retirar grande parte da proteína que consomem (DIEGUES, 2009).

Nesta pesquisa, o último objetivo deste estudo foi relacionar a variabilidade dos rios com dados socioambientais por meio da investigação de documentos oficiais da defesa civil confirmando efeitos do regime hidrológico extremo sobre a sociedade.



Figura 5: Menina no giral improvisado ao lado da estação Fazenda Vista Alegre (AM). Muniz, 2010.

Este estudo reforça a afirmação já descrita por Sternberg (1998) nas relações entre a água e a sociedade humana, o elemento líquido é universalmente condição indispensável para a presença do homem, principalmente no que se refere a estes ambientes já que a dinâmica dos rios está diretamente relacionada à ocupação e ao modo de vida do homem amazônico.

2. Objetivos

Considerando o contexto teórico e a caracterização da área de estudo aqui proposta, apresenta-se os objetivos alcançados:

Este trabalho teve como objetivo geral analisar os padrões de cotas fluviométricas da bacia do Rio Madeira no Brasil no período de 1980 a 2010. O período de análise de dados até 2010 deve-se à tentativa de representar o estado natural das condições hidrológicas da bacia do Madeira, ou seja, sem grandes fatores intervenientes humanos (ou sem alteração significativa do regime hidrológico pelo complexo hidrelétrico).

Objetivos Específicos:

- Identificar a variabilidade do funcionamento das cotas fluviométricas na bacia do Rio Madeira sob condições extremas do ENOS;
- Relacionar a influência da variabilidade hidrológica (cotas fluviométricas) com os impactos socioambientais - desastres sobre as sociedades na bacia, notadamente quanto aos efeitos dos eventos extremos hidroclimáticos nas cidades na calha do Rio Madeira.

Neste estudo de caso as etapas propostas tiveram a finalidade de desenvolver uma metodologia segura e simplificada para a gestão de políticas públicas e agregar valores aos demais estudos utilizando cotas linimétricas para a análise e caracterização em sistemas hidrológicos na Amazônia.

3. Localização da área de estudo

A bacia do Rio Madeira está localizada na porção sudoeste da bacia Amazônica, a margem direita do Rio Amazonas, banhando os estados de Rondônia, Amazonas (sub-região do Madeira), Mato Grosso (porção noroeste) e Acre (pequena faixa a sudeste do estado) e ainda em território boliviano e peruano.



Figura 6: Mapa de localização da área de estudo – bacia do Rio Madeira no Brasil.

A bacia do Rio Madeira representa 23% do total da bacia Amazônica e se estende por Bolívia (51%), Brasil (42%) (figura 06) e Peru (7%), sua área total de drenagem é de 1.324.727 km² representando a maior sub-bacia Amazônica (GUYOT, 1993).

O principal Rio da área de estudo é Madeira, o mais notável afluente do Amazonas, com uma descarga média anual de 31.200 m³.s⁻¹ (MOLINIER *et.al.*, 1996). O nome vem do tupi *MÃ-ND-YÉRÊ* que significa “impedimentos e voltas”, alusão às muitas cachoeiras e voltas que dá (SANT’ANNA, 2007).

Este rio é formado ainda na porção andina (Rio Beni e Madre de Dios) e no momento em que o Rio Mamoré encontrar-se pela margem esquerda, drenando toda bacia Amazônica boliviana da confluência em meio a cachoeiras. Em terras brasileiras torna-se navegável (faixa de 1285 km) após as corredeiras de Santo Antônio no estado de Rondônia até desaguar no grande Amazonas, sua principal foz está a cerca de 50 km da cidade de Itacoatiara (AM).

Segundo a tipologia das águas amazônicas o Madeira, rio perene, típico de planície, é classificado como rio de águas brancas. Esses rios são caracterizado como rios de origem andina, com pH (6,5 – 7), alta condutividade elétrica e altas cargas de materiais em suspensão (SIOLI, 1975; FILIZOLA, 1999; MEADE et al., 1991).

A área de estudo (FIGURA 06) se restringe a porção brasileira da bacia do Rio Madeira entre nas coordenadas 9°38'57.72"S e 65°27'58.40" O, 3°27'18.48"S e 58°44'0.17"O, 16° 3'41.13"S e 58° 6'56.83"O e 6°20'30.45"S 58°47'11.34"O com área aproximada de 607.033 km² observando que este ambiente escolhido, foi delimitado por processo automático baseado em parâmetros morfométricos da rede de drenagem.

Nesta área foram analisadas as séries históricas de 17 estações (ver figura 06) distribuídas no curso principal e nos principais tributários. No Rio Madeira, estão a maior parte das estações com maior período de dados representativos 7 estações foram observadas desde Abunã (RO) a Nova Olinda do Norte (AM).

Nos principais tributários da sub-bacia foram analisadas 10 estações fluviométricas dispostas nos rios: Guaporé, Candeias, Jiparaná ou Machado, Aperia ou Pimenta Bueno, Branco ou Ariquemes, Marmelos, Aripuanã e Sucunduri.

3.1 Características peculiares da bacia do Rio Madeira

As proporções e contribuições da Bacia do Rio Madeira já foram destaque em vários trabalhos na Amazônia. A relação da área de contribuição e descarga líquida foram observadas nos trabalhos de Molinier et al. (1995) e Filizola (1999).

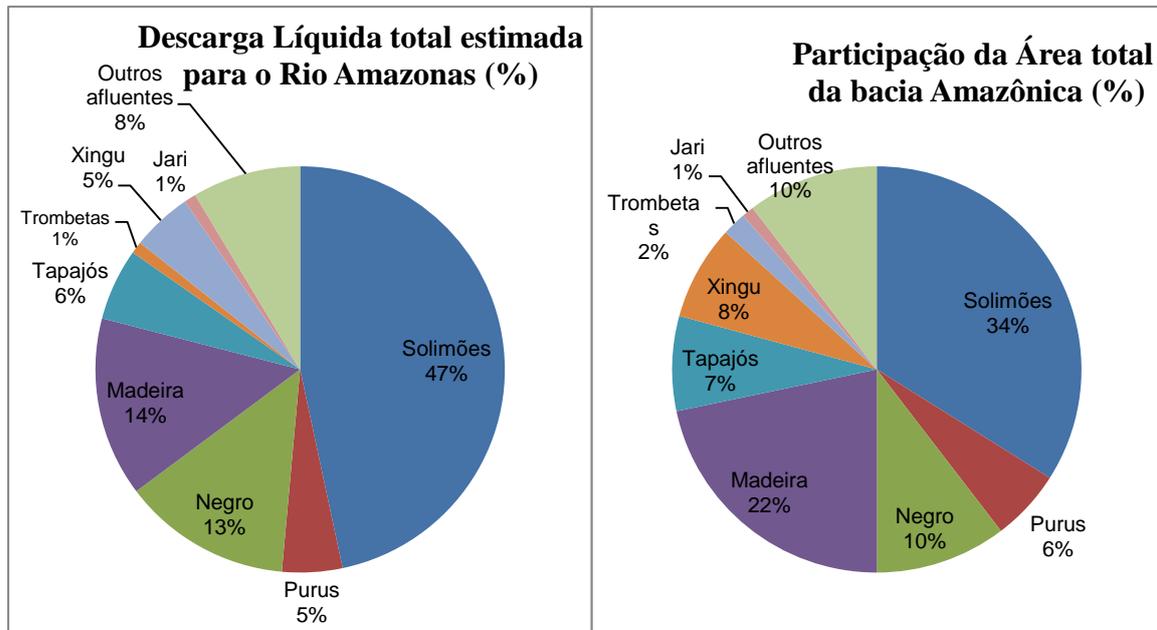


Figura 7: Contribuição total de área e descarga líquida de cada sub-bacia da bacia Amazônica. Fonte: Molinier et al., (1995).

De acordo com as observações acima (figura 07) a bacia do rio Madeira, do ponto de vista geográfico, representa a maior área de drenagem (22%) da bacia Amazônica e maior contribuição de descarga líquida de 14% para o Rio Amazonas.

No trabalho de Latrubesse *et al* (2005) é apresentada uma visão geral dos grandes sistemas fluviais do mundo que se localizam nas áreas tropicais do planeta. Os autores fizeram um apanhado de informações de diversos trabalhos nestas áreas com o objetivo de salientar as diferenças e similaridades quanto ao clima, arcabouço geológico e regime hidrológico, propondo um modo de classificar os rios. Neste estudo o Rio Madeira é apontado como o 4º rio tropical do mundo atrás somente do grande Amazonas, Congo e Orinoco (conforme o resumo apresentado na tabela 01).

Rio	País da foz	Descarga media annual (m ³ /s)	Área de drenagem (10 ³ km ²)	Qs anual (10 ⁶ ton/ano)
Amazonas ¹	Brasil	209000 ^a	6000	1000 ^b
Congo ²	Zaire	40900	3700	32.8 ^c
Orinoco ³	Venezuela	35000 ^b	950	150 ^b
Madeira ¹	Brasil	32000 ^a	1360	450 ^a
Negro ¹	Brasil	28400 ^a	696	8 ^a

Tabela 1: Lista dos 5 maiores rios em sistemas tropicais no mundo. Fonte: Latrubesse et al., 2005.

Outra característica marcante desta sub-bacia é a maior contribuição de material em suspensão e descarga sólida no rio Amazonas aportada nos estudos de Guyot (1993), Molinier *et al.* (1996), Filizola (1999), e Latrubesse *et al.* (2005). De acordo com Filizola (2007) o Madeira representa os aportes de sedimentos e vazão mais importantes e assim se configura como principal afluente do Amazonas (Figura 08).

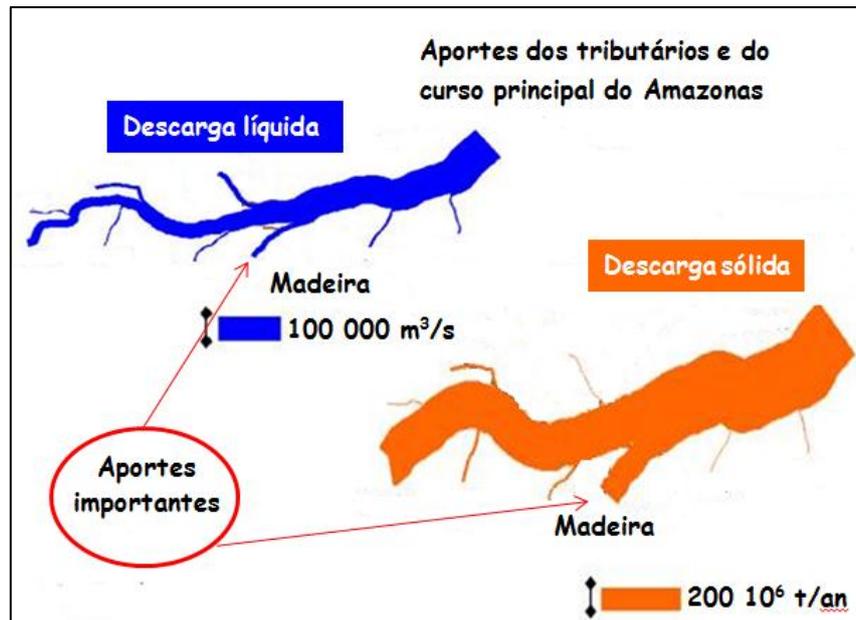


Figura 8: Aporte de descarga líquida e sólida dos principais tributários do Rio Amazonas. Fonte: Filizola, 1999.

Nos Andes sul-americanos a carga sedimentar das bacias do Rio Madalena, as bacias dos Andes bolivianos, e peruanos tributários do rio Madeira, constitui cerca de 50% do total da carga de sedimentos suspensos transportados pelo rio Amazonas (LATRUBESSE *et al.* 2005).

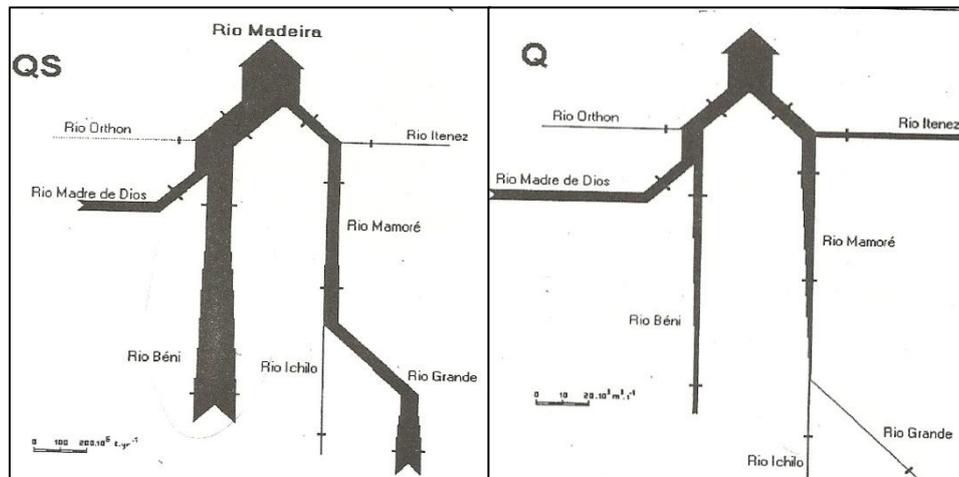


Figura 9: Representação esquemática de descarga sólida e líquida dos principais rios formadores do Madeira. Fonte: Guyot, 1993.

Os sedimentos e volume de água do Madeira (figura 9) vem em sua maior parte dos grandes rios andinos formadores, principalmente Beni, Madre de Dios e Rio Grande (Guyot, 1993).

3.2 Geologia e Geomorfologia

A grande carga sedimentar é atribuída segundo as pesquisas de Latrubesse *et al.*, (2005) ao arcabouço geológico e geomorfológico da bacia hidrográfica. Neste estudo o rio Madeira foi classificado como misto (rios que drenam terrenos mistos), ou seja, rios que drenam terrenos orogênicos, plataforma e cráton, principalmente entrelaçados, pouco “*anabanching*”, corredeiras alternando com trechos aluviais amplos, alta carga sedimentar (carga de fundo+suspensa).

Essa presença de complexas características quanto ao berço geológico e geomorfológico é descrita no trabalho de Ribeiro Neto (2006) onde se identificam três unidades estruturais na bacia do Rio Madeira (FIGURA 10) em sua totalidade estas são: Andes (15%), planície Amazônica (44%) e escudo Brasileiro (41%).

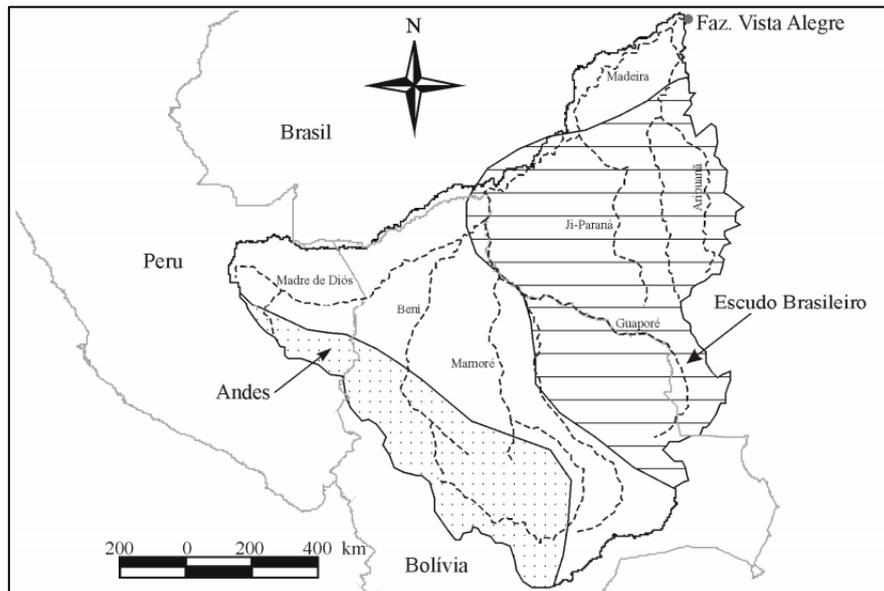


Figura 10: Unidades estruturais. Fonte: Ribeiro Neto, 2006.

A região do Madeira apresenta também relevo variado com elevadas altitudes na região Andina (Bolívia) acima dos 6000 metros, até profundos vales atingindo a planície amazônica com quase 500 metros (RIBEIRO NETO, 2006).

Devido a essa particularidade, verificou-se grandes altitudes na parte montante da bacia (porção andina), vastas zonas de inundação na planície e a presença de cachoeiras no escudo brasileiro, principalmente próximo a Porto Velho (RIBEIRO NETO, 2006).

A respeito às zonas de inundação dos rios Guaporé, Beni e Mamoré apresentam várzeas que totalizam 150.000 km de extensão, enquanto que o rio Madeira, entre a confluência dos rios Beni e Mamoré até a foz, possui 12.800 km de várzea. (CARPIO, 2007).

De acordo com classificação Morfoestrutural (BRASIL, 2009) com base na morfologia e gênese de uma área a Bacia do Rio Madeira é composta predominantemente de Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas que se estende da porção central e leste da bacia (Figura 11/B).

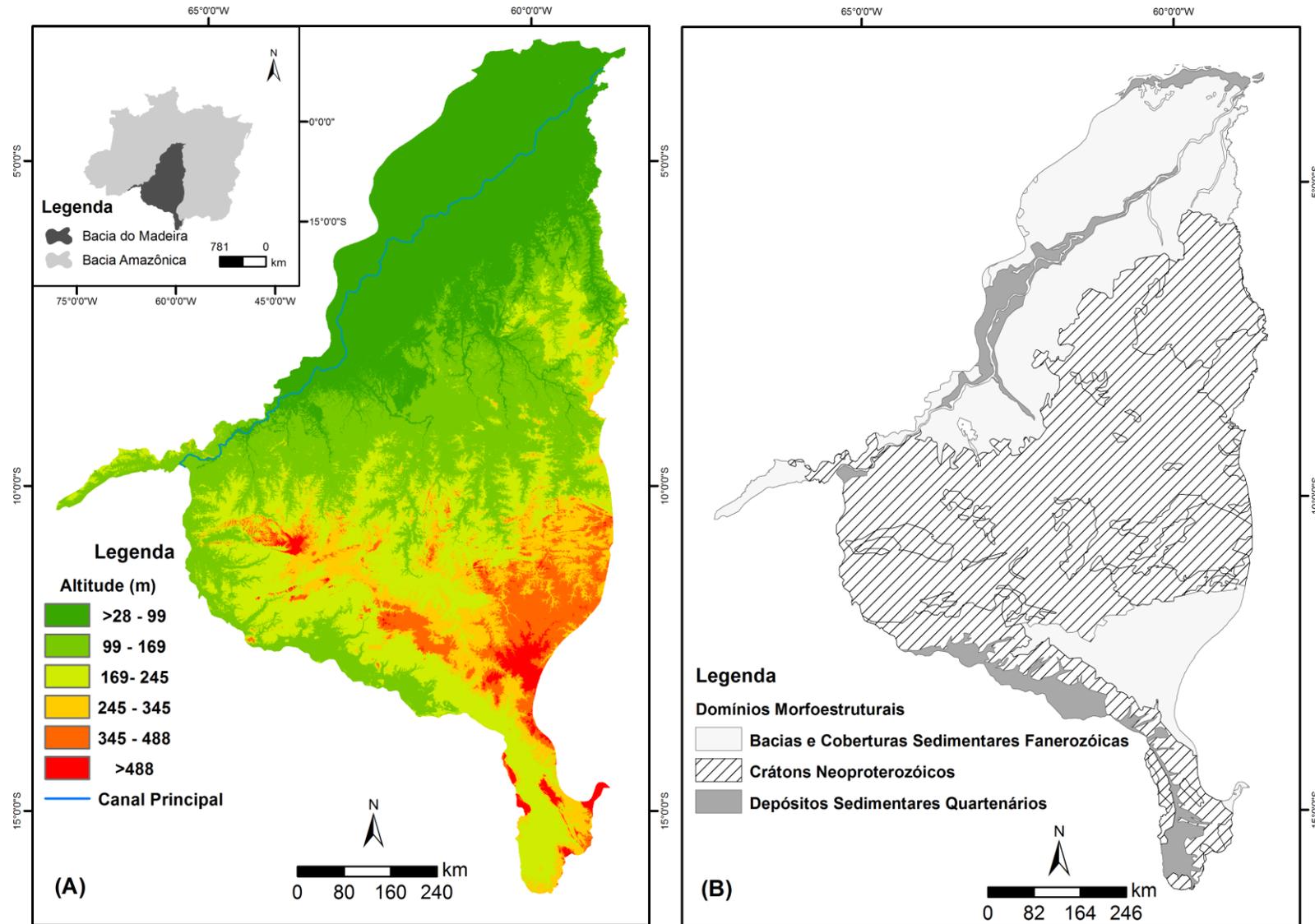


Figura 11: Classificação hipsométrica automática (A) e Unidades Morfoestruturais (B) da área de estudo. Fonte: EMBRAPA, 2012/IBGE, 2013.

Nas bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas as formas de relevo se desenvolveram sobre rochas sedimentares horizontais a sub-horizontais, eventualmente dobradas e/ou falhadas, em ambientes de sedimentação diversos, dispostos nas margens continentais e/ou no interior do continente (BRASIL, 2009).

A segunda maior área constitui-se de Crátons Neoproterozóicos (figura 11/B) esta porção é composta de formações de planaltos residuais e depressões.

Crátons Neoproterozóicos – Planaltos residuais, chapadas e depressões interplanálticas, tendo como embasamento metamorfitos e granitóides associados e incluindo como cobertura rochas sedimentares e/ou vulcano-plutonismo, deformados ou não (BRASIL, 2009 p.29).

A terceira unidade trata-se da estreita faixa de Depósitos Sedimentares do Quaternário localizada ao entorno do Rio Principal que se estende do seguimento central até a sua foz.

Estes depósitos são constituídos de áreas de acumulação representadas pelas planícies e terraços de baixa declividade e, eventualmente, depressões modeladas sobre depósitos de sedimentos horizontais a sub-horizontais de ambientes fluviais, marinhos, fluviomarinhos, lagunares e/ou eólicos, dispostos na zona costeira ou no interior do continente (BRASIL, 2009).

As altitudes da bacia do Rio Madeira estão em concordância com as unidades morfoestruturais (FIGURA 11 A). Na porção brasileira da bacia ocorre o predomínio de áreas abaixo de 200 metros de altitude. Os menores valores (<100) são observados na faixa de planície abaixo da cidade de Porto Velho até a foz. Enquanto que os maiores valores (>400) referem-se à porção sudeste da bacia onde existe o contato com o Planalto Central do Brasil.

A unidade de relevo predominante na bacia do rio Madeira segundo a classificação do IBGE (BRASIL, 2009) (FIGURA 12) é de depressões, pois somente as Depressões do Rio Madeira e Ji-paraná ocupam quase a metade da área da bacia.

As áreas de planícies representam estreita faixa destacando a planície Amazônica limitada no entorno do curso principal e a Planícies e pantanais do rio Guaporé ao entorno do rio Guaporé. Este ambiente corresponde a áreas de varzeados ou planícies de inundação, de terrenos quaternários.

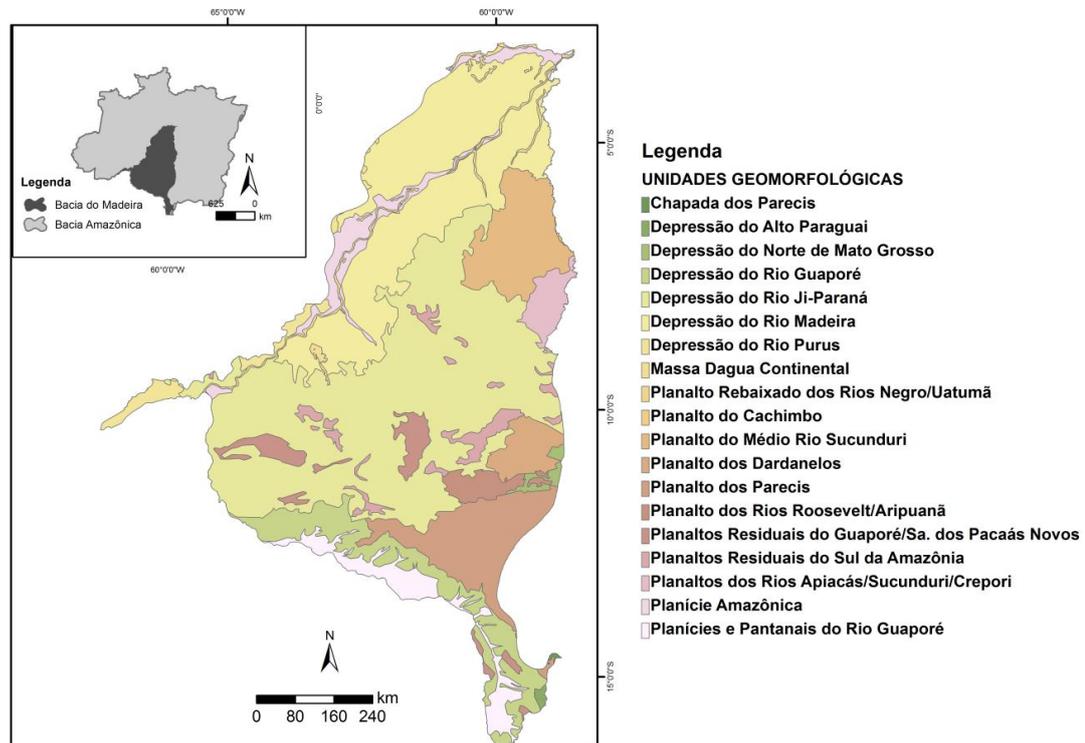


Figura 12: Unidades Geomorfológicas – IBGE (BRASIL, 2009c). Org. Luciana Muniz, 2013.

A caracterização geológica e geomorfológica desta área explica a complexidade das características fisiográficas desta bacia hidrográfica. Em terras brasileiras o Rio Madeira perpassa a maior extensão com altitudes abaixo de 100 metros até a foz onde se encontra no nível do rio Amazonas com cerca de 30 metros (FIGURA 11/A). As baixas altitudes em grandes bacias amazônicas permitem uma maior amplitude da variação do nível das águas e o transbordamento de seu leito maior ou de inundação.

3.3 Solos

Devido a grande variação geológica e geomorfológica encontram-se uma grande diversidade de solos nesta área (FIGURA 13). Os solos predominantes na bacia do Rio Madeira são do tipo Latossolo Amarelo Distrófico, disposto ao longo do Rio Guaporé e Madeira. Estes, segundo o Manual Técnico de Pedologia -IBGE são solos profundos, de coloração amarelada, perfis muito homogêneos, com boa drenagem e baixa fertilidade natural em sua maioria” (BRASIL, 2007).

Em seguida destacam-se os Latossolos Vermelho-Amarelado, são profundos, com boa drenagem e normalmente baixa fertilidade natural, embora se tenha verificado algumas ocorrências de solos eutróficos.

Ao entorno dos rios Madeira e Guaporé localizou-se os Plintossolos Háplico Distrófico caracterizados por apresentarem drenagem restrita, diagnosticado pelo horizonte plíntico que dá a coloração mosqueadas estão dispostos em faixas estreitas próximo aos canais dos rios.

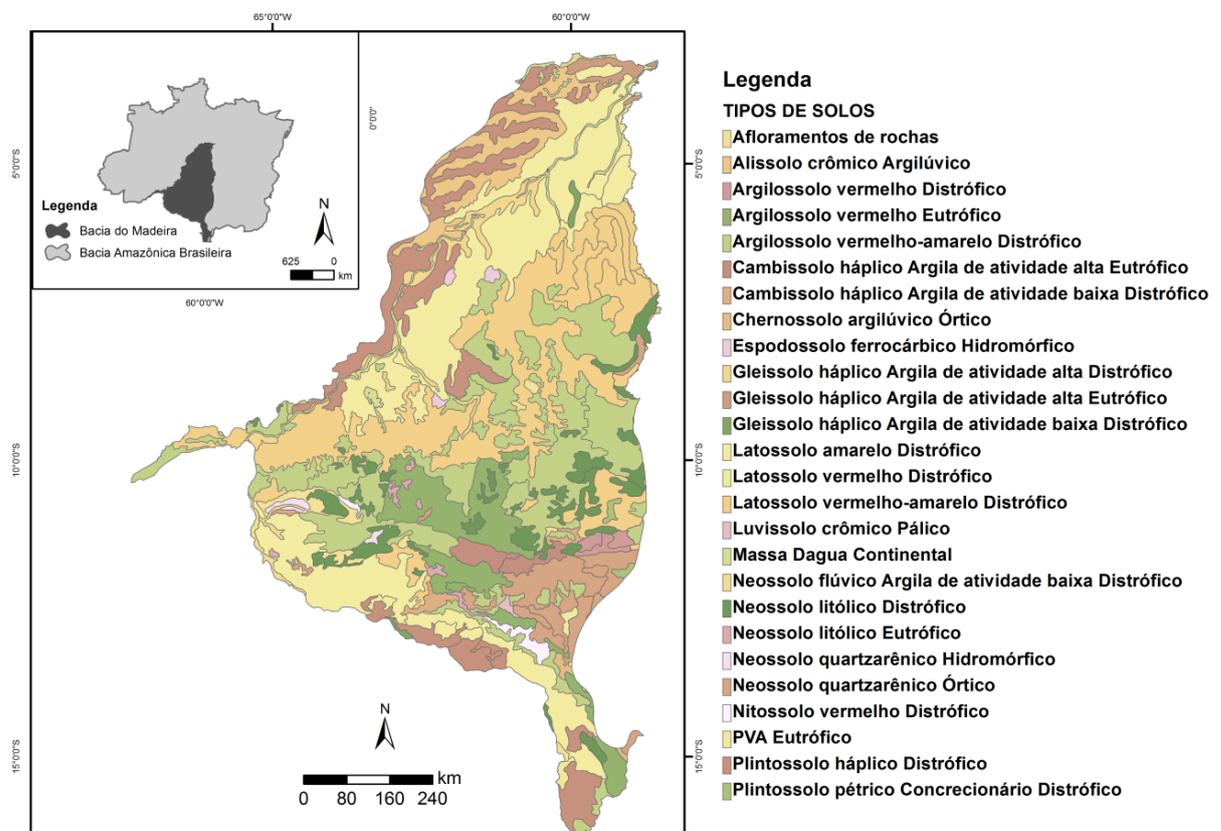


Figura 13: Tipos de solos na bacia do Rio Madeira. Fonte: Dados vetoriais do IBGE, 2013.

Sobre as margens dos canais principais se desenvolvem os Neossolos Flúvicos com predomínio de características herdadas do material originário da região sub-Andina e Andina sendo depositados anualmente em forma de colmatagem na planície de inundação. Esses solos são derivados de sedimentos aluviais com horizonte A sobre o horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si (BRASIL, 2007).



Figura 14: Neossolos Flúvicos as margens do Rio Madeira em Humaitá (AM). Fonte: Muniz, 2013.

De acordo com Lima *et al.* (2006) os Neossolos Flúvicos (FIGURA 14) apresentam uma reduzida ação do processo pedogenético, ocasionando solos jovens, inconsolidados e friáveis. As presenças desses solos com baixa permeabilidade podem justificar a existência dos *fenômenos de terras caídas* (movimento de massa) tão comum às áreas de várzea do Madeira decorrente da dinâmica fluvial.

3.4 Clima

Quanto ao tipo clima a bacia do Rio Madeira na porção brasileira possui aspectos semelhantes à bacia Amazônica, caracterizando-se predominantemente por um clima quente e úmido (clima equatorial) com temperatura média anual variando entre 24 e 26 °C na planície Amazônica (IBGE, 2010) (FIGURA 15).

De acordo com a classificação de Kooppen (1948), o clima representa um clima tropical úmido de monção, caracterizado por exibir um longo período com precipitação pluviométrica elevada e uma curta estação seca (MASSON, 2005).

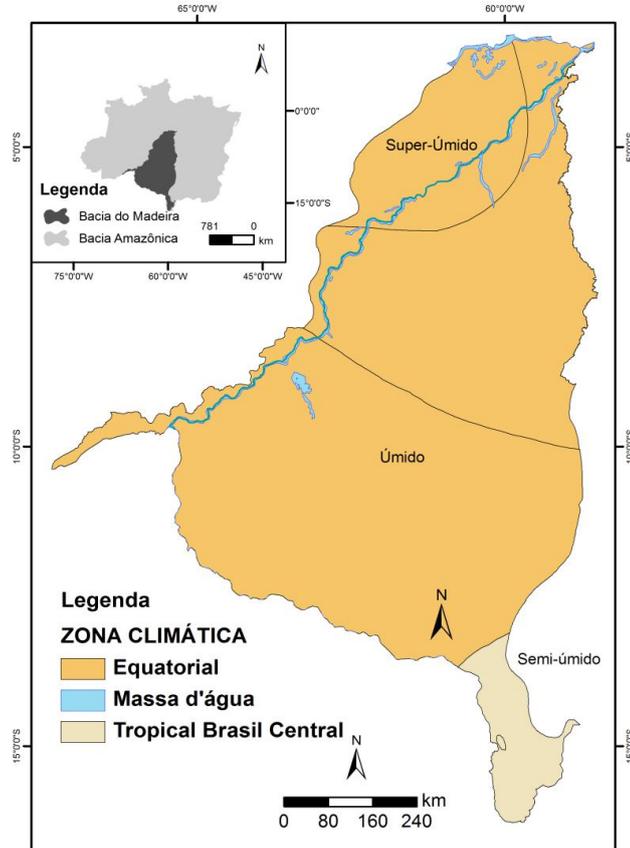


Figura 15: Tipos climáticos da bacia do Rio Madeira (IBGE, 2012). Org. Luciana Muniz, 2013.

Quanto à precipitação os valores médios são da ordem de 1940 mm.ano^{-1} para a área da bacia (um valor um pouco inferior à média da porção norte da Amazônia de 2200 mm.ano^{-1}) (ESPINOZA *et al.*, 2009).

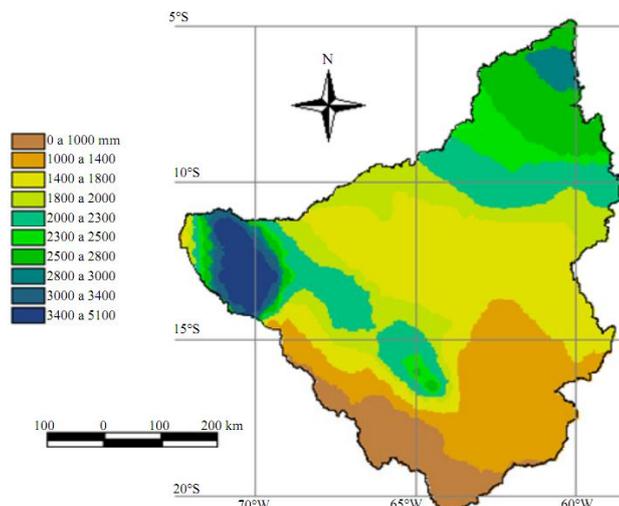


Figura 16: Distribuição de precipitação anual da bacia do Rio Madeira (Brasil e Bolívia) Ribeiro Neto (2006).

De acordo com Latrubesse *et al.*, (2005) a bacia do Madeira mostra uma tendência semelhante a das bacias que envolvem mais de um cinturão climático esse fato se dá diante da extensão da área e os condicionantes que nela influenciam.

A distribuição de precipitação é diferenciada na bacia do Rio Madeira principalmente nas áreas que correspondem aos diferentes tipos climáticos como a faixa ao sudeste com o clima tropical semi-úmido.

De acordo com a figura 16 os maiores acúmulos de precipitação estão na faixa andina da bacia (Peru) e próxima à foz da bacia, as demais áreas apresentam médias de 1400 a 2000 mm. ano⁻¹.

A bacia apresenta zonas de instabilidade climática, influenciadas por fenômenos de circulação atmosférica e chuvas intensas determinando um alto índice de vazão, e umidade. A distribuição de chuvas pode ser explicada, em geral, pela dinâmica das principais massas de ar ativas em parte da América do Sul, e pela orografia, dada a influência das montanhas na cordilheira dos Andes, tanto na escala continental quanto na escala de vales.

3.5 Biomas

Segundo o Manual Técnico de Vegetação os Biomas devem ser entendidos como a unidade biótica de maior extensão geográfica, compreendendo várias comunidades em diferentes estágios de evolução, porém denominada de acordo com o tipo de vegetação dominante, constitui um conjunto de tipos de vegetação, identificável em escala regional, com sua flora e fauna associadas, sendo definido pelas condições físicas predominantes, sejam climáticas, litológicas, geomorfológicas, pedológicas, assim como uma história evolutiva compartilhada (BRASIL, 2012).

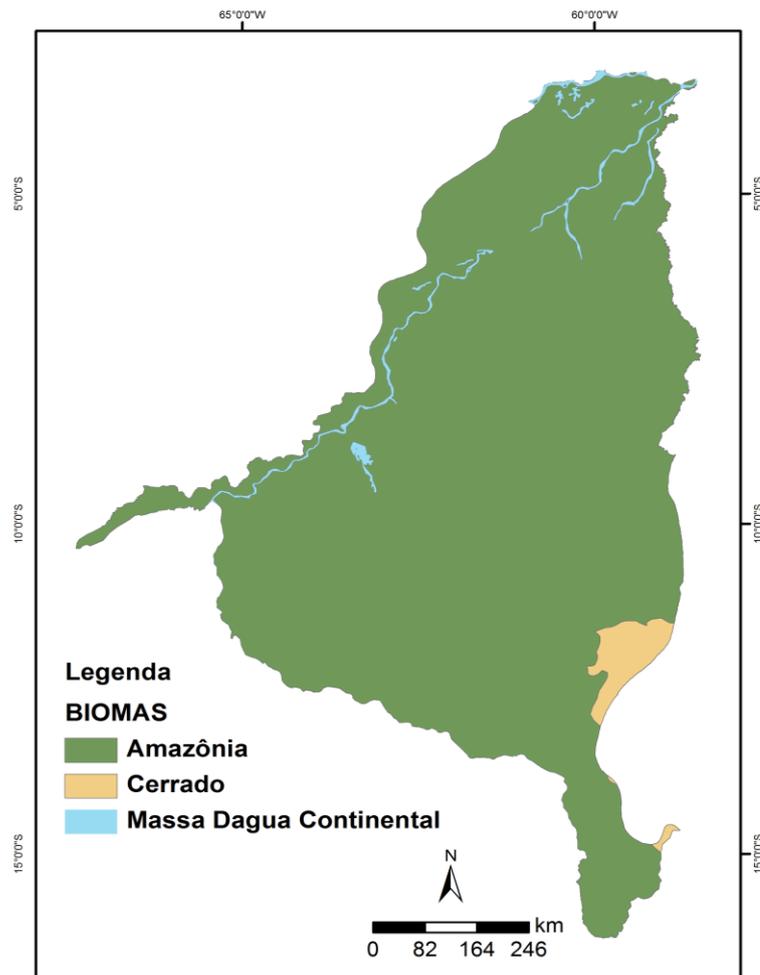


Figura 17: Tipos de biomas na bacia do Rio Madeira – (IBGE, 2012). Org. Luciana Muniz, 2013.

Os biomas existentes na área da bacia são a Amazônia e o Cerrado (FIGURA 17), conjuntos complexos que abrigam vasta fauna e flora. A vegetação predominante na Amazônia é de florestas ombrófilas densas e uma pequena faixa a sudeste da bacia de Cerrado formações arbóreas e arbustivas.

A vegetação é importante no processo de interceptação que representa a retenção de parte da precipitação por intermédio da vegetação, em maior grau, e de depressões no solo em menor grau. (TUCCI, 2007).

A Floresta Amazônica tem grande importância, pois produz enorme quantidade de vapor para a região e até mesmo fora dela. Segundo Escobar (2007) a floresta Amazônica funciona como uma válvula de sucção que puxa o ar úmido do oceano para o continente. Os ventos do Atlântico norte trazem vapor do oceano, ao passar pela Amazônia acumulam grande quantidade de vapor produzido pela floresta e ao serem barrados pelos Andes migram

para o sul do país passando por vários estados até desaguar na bacia do Rio Prata.

Porém segundo o autor a destruição da floresta enfraqueceria esse mecanismo podendo alterar o direcionamento da umidade até mesmo para fora do continente.

Um dos grandes problemas que afetam a Amazônia é o desflorestamento, os estados de Mato Grosso, Rondônia e Pará são conhecidos e retratados como pertencentes ao chamado “arco de desflorestamento da Amazônia”.

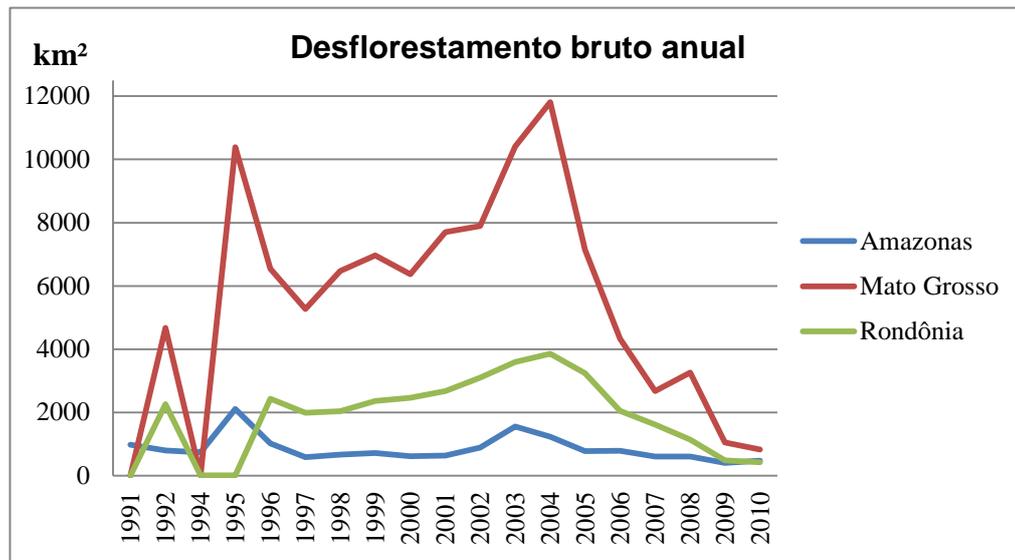


Figura 18: Desflorestamento bruto anual dos principais estados que compõe a bacia do rio Madeira. Fonte: IBGE, 2012b. Org. Luciana Muniz, 2013.

De acordo com o gráfico acima o estado do Mato Grosso apresenta as maiores taxas de desflorestamento anual seguido de Rondônia. No Amazonas as taxas ainda não são expressivas em relação aos demais. Os dados do IBGE (2012) evidenciam picos de desmatamento nos anos 2004 que antecede o ano de maior influência de secas na Amazônia.

Segundo Fearnside (1989) fazendo aporte a década de 80 afirmou que Mato Grosso, Rondônia e Acre estados na porção meridional da Amazônia receberam o grosso dos emigrantes, provenientes do Paraná, e outras áreas da metade sul do Brasil, ocorrendo uma transformação da agricultura, e uma sentida diminuição de espaços para novos agricultores. O café e outras culturas, que exigem muita mão-de-obra, foram substituídos por cultura de soja mecanizada; por trigo, e outras culturas, que não exigem muita mão-de-obra. Avaliou-se que são onze pessoas expulsas para cada uma que consegue emprego na agricultura da soja. Então, essas pessoas, ou vão para as favelas das grandes cidades como São Paulo ou vão para a Amazônia.

Segundo Rodrigues (2004) nas décadas 70 e 80 dentre as variáveis explicativas do desflorestamento consideradas neste período, destacam-se as políticas públicas, em especial os incentivos fiscais a empreendimentos privados na Amazônia, os créditos rurais subsidiados, os programas oficiais de colonização agrícola e os investimentos em infraestrutura, os quais atraíram empreendedores e milhares de migrantes em busca de terras para a região etc.

A partir dos 90 as variáveis estudadas eram isoladas como construção de estradas, extração de madeira, hidrelétricas, a expansão da cultura de soja. Mas a hipótese testada pelo autor é a de que as variáveis subjacentes políticas públicas, instituições, tecnologia, economia e demografia e suas interações são fatores determinantes do desflorestamento na Amazônia atual (RODRIGUES, 2004).

3.6 Uso e ocupação do solo

Observando o uso e ocupação do solo (FIGURA 19) destaca-se que a bacia é predominantemente composta de áreas com menos 10% de ocupação por estabelecimentos agropecuários.

As áreas urbanizadas se definem ao entorno da calha do rio Madeira, Jiparaná e alto Guaporé, onde se concentram maior parte da população principalmente do estado de Rondônia.

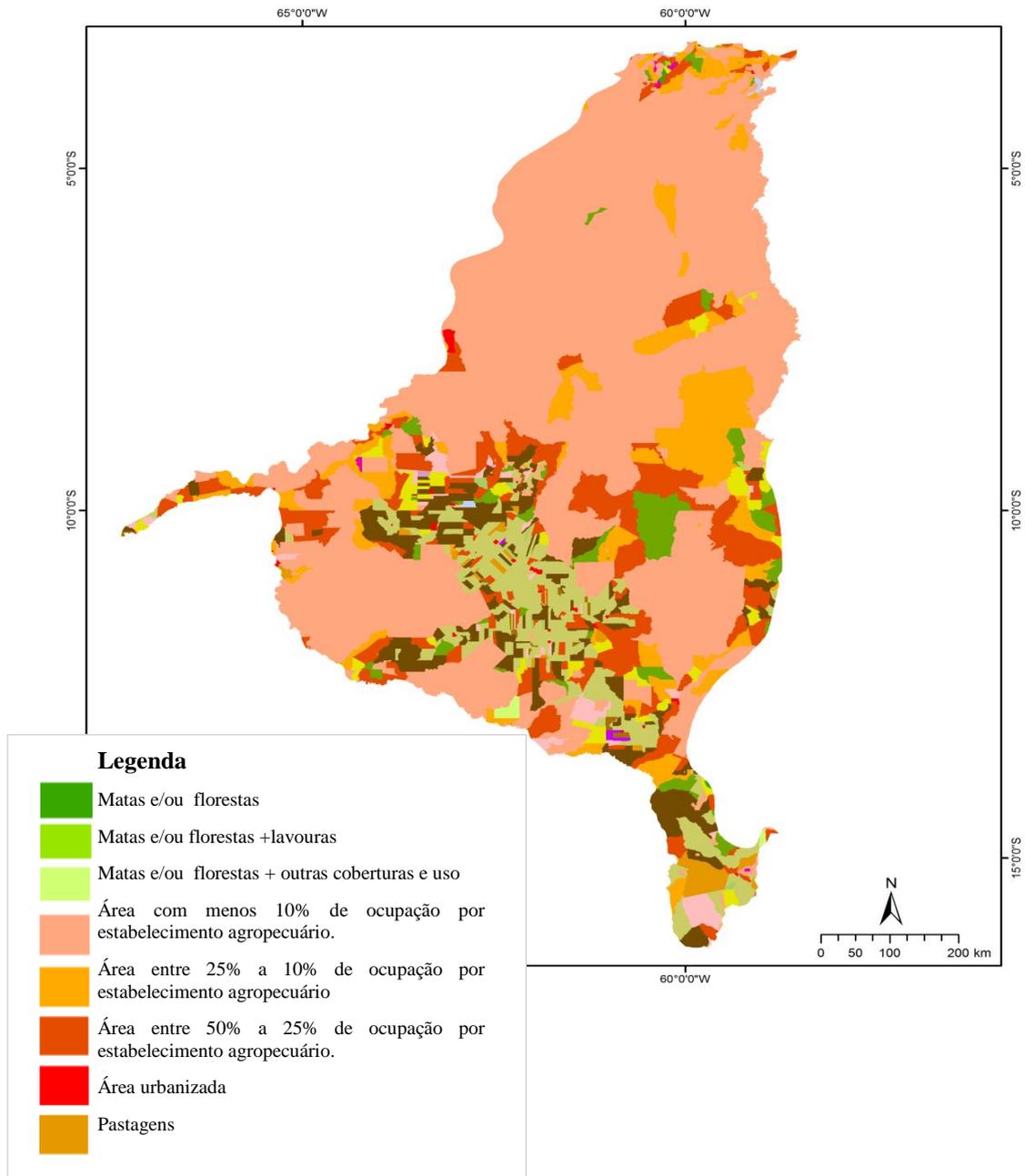


Figura 19: Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do Rio Madeira. Fonte: IBGE (2012b).

3.7 População

A bacia do Rio Madeira na porção brasileira é composta pelos estados do Amazonas, Rondônia, Mato Grosso e Acre. Considerando somente os municípios cujas sedes localizam-se na área da bacia verificou-se uma população total de 1.952.828 em 2010.

Quanto à distribuição desta população cerca de 80% está no estado de Rondônia, seguida do Amazonas (12%), Mato Grosso (7%) e Acre com somente (1%). Isso ocorre, pois o estado de Rondônia está totalmente inserido dentro da área da bacia e Porto Velho é a única capital dentro desta área.

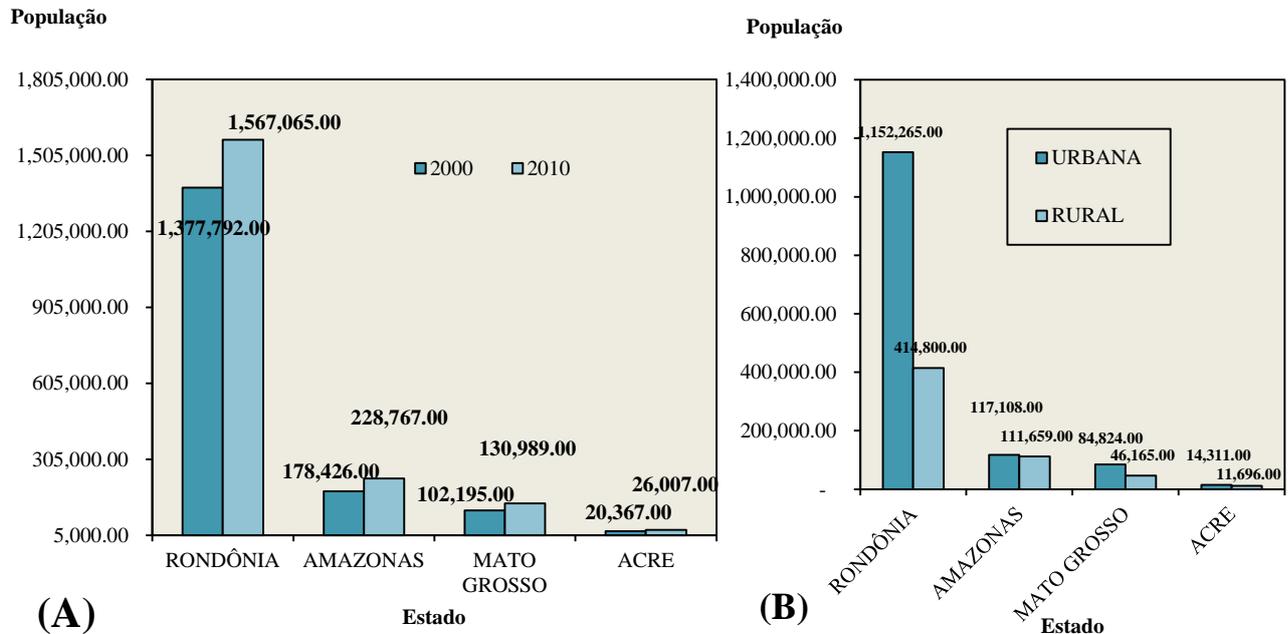


Figura 20: População total por Estados que compoem a Bacia Hidrográfica - Comparativo 2000 – 2010 (A) e População Urbana e Rural por estados que compõem a bacia (B). Fonte: IBGE, 2012 a Org. Luciana Muniz, 2013.

De acordo com os dados do Censo demográfico de 2010 (IBGE) o gráfico (FIGURA 20-A) acima mostra que a população da bacia do rio Madeira vem tendo aumento populacional principalmente no estado de Rondônia. Isso ocorre também na relação da população urbana e rural (FIGURA 20 - B), os índices de urbanização vêm crescendo continuamente, um comportamento tendencial ao que ocorre em quase todo o país.

A concentração desta população se dá em Porto Velho na capital do Rondônia e nas sedes municipais ou áreas urbanas como mostra a figura 20. Isto ocorre porque a maior parte das cidades na Amazônia está de frente para os rios, pois estes são as principais vias de acesso aos municípios.

Além do fato que as áreas voltadas para a produção de soja são em sua maioria mecanizadas não necessitando de muita mão-de-obra, fator propulsor de êxodo rural para as sedes municipais.

Nos municípios do estado do Amazonas a urbanização não está relacionada à agricultura mecanizada, tendo em vista que trata-se ainda de agricultura familiar realizada principalmente nas áreas de várzeas. É possível que o processo de urbanização nestes municípios seja impulsionado pelo desejo de melhores condições de vida por meio do acesso a infraestrutura básica.

3. 8 Grandes obras e projetos

O Rio Madeira é o mais importante tributário do rio Amazonas, na parte sul da bacia Amazônica, com uma descarga média anual de $31.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (LATRUBESSE, 2005), favorecendo e potencializando a geração de energia elétrica, uma vez que muitos afluentes do rio possuem características consideradas como básicas para a construção de usinas hidrelétricas.

No Complexo hidrelétrico do Rio Madeira, a princípio foram implantadas as usinas nas quedas d'água de Santo Antônio (operação em 2011) e Jirau (operação em 2012), do subtrecho de Abunã a Cachoeira de Santo Antonio, onde se projeta construir as duas represas com o comprimento de 220 km de extensão estas já licenciadas pelo IBAMA.

Os Relatórios de Impacto Ambiental das hidrelétricas receberam várias críticas quanto a influencia das barragens sobre este ambiente. Segundo Carpio, (2007) a elevação dos níveis de água em relação aos níveis naturais, provocada pela construção de uma represa, tem influencia tanto a montante quanto a jusante do reservatório.

Os esboços e figuras que acompanham muitos projetos também induzem a acreditar que o nível de água nos reservatórios não é real. Além de estabelecer a represa e inundar

temporária ou permanentemente áreas próximas ao rio, a elevação de níveis tem múltiplos efeitos e impactos sobre o meio físico e biológico.

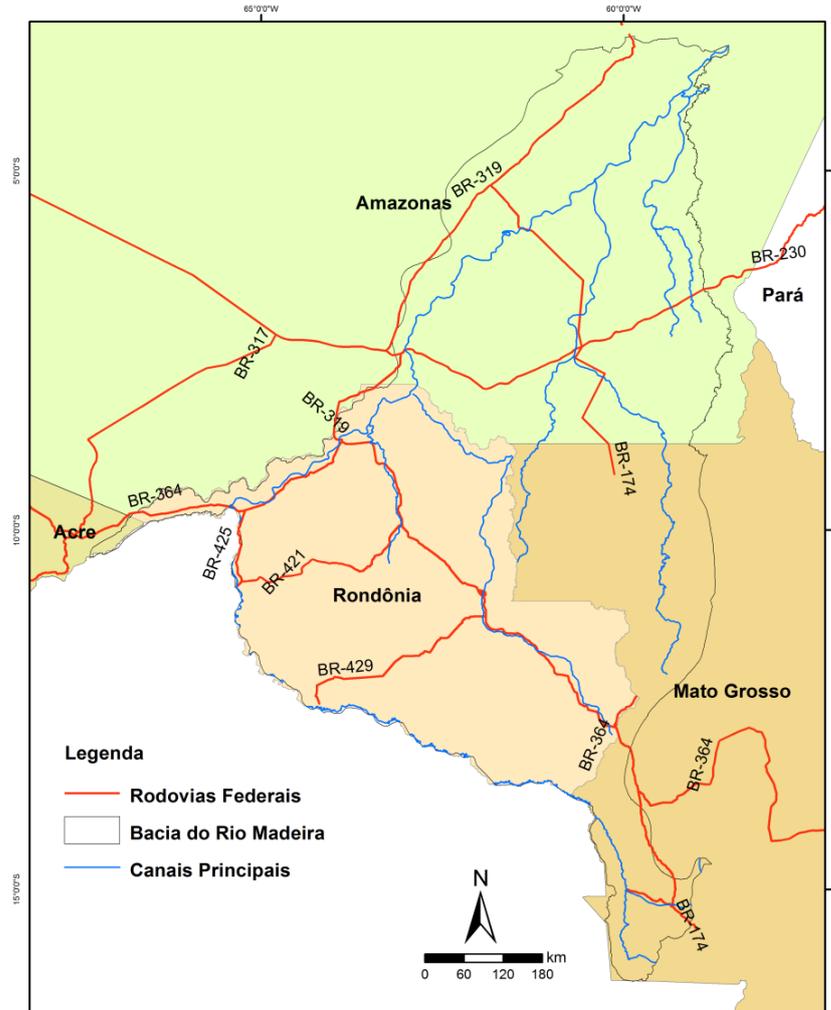


Figura 21: Distribuição das principais rodovias federais. Fonte Ministério dos Transportes. Org. Luciana Muniz, 2013.

A BR-319 segue numa linha quase que paralela ao rio Madeira (FIGURA 21) cortando vários tributários da sub-bacia, ligando a cidade de Manaus –AM até Porto Velho-RO e muitas vezes sendo a única saída terrestre das principais cidades e núcleos urbanos destas sub regiões.

A pavimentação e conclusão da rodovia pode ser um grande atrativo para o aumento das taxas de urbanização e, portanto, ao uso e ocupação do solo, além de possíveis impactos ambientais.

Segundo o Relatório de Impacto Ambiental ao Meio Ambiente- RIMA da BR – 319 (BRASIL, 2009b). existem 16 municípios na área de influência da BR 319: Autazes, Beruri, Borba, Canutama, Careiro, Careiro da Várzea, Humaitá, Iranduba, Lábrea, Manaquiri, Manacapuru, Manaus, Manicoré, Novo Aripuanã, Tapauá no estado do Amazonas e Porto Velho. A população residente nas áreas de influência direta e indireta era de aproximadamente 2.025 milhões de pessoas em 2000.

Diante de tantos projetos que certamente irão alterar o estado natural da bacia do Rio Madeira, este trabalho propôs o estudo do quadro hidrológico natural que auxilie a avaliação dos impactos dessas grandes obras ou projetos para que sirva de parâmetro para futuras pesquisas comparativas neste ambiente entre estados.

4.Trabalhos anteriores na bacia do rio Madeira

Esta etapa consiste em construir argumentos envolvendo temáticas relevantes a esta pesquisa. Segue abaixo uma breve discussão desenvolvida com o levantamento bibliográfico.

4.1 A variabilidade hidrológica

O clima atual da região Amazônica é uma combinação de vários fatores, sendo que o mais importante é a disponibilidade de energia solar, através do balanço de energia. A Amazônia, situada na região entre 5 N e 10 S recebe níveis de radiação diferenciados pelo movimento da Zona de Convergência Intertropical (Fisch *et al.*, 1996).

Na Amazônia a distribuição sazonal da precipitação apresenta diferenças marcantes principalmente, entre o norte e sul. A distribuição ilustra a defasagem de 6 meses entre o máximo e o mínimo de precipitação (Filizola, *et al.*,2010)

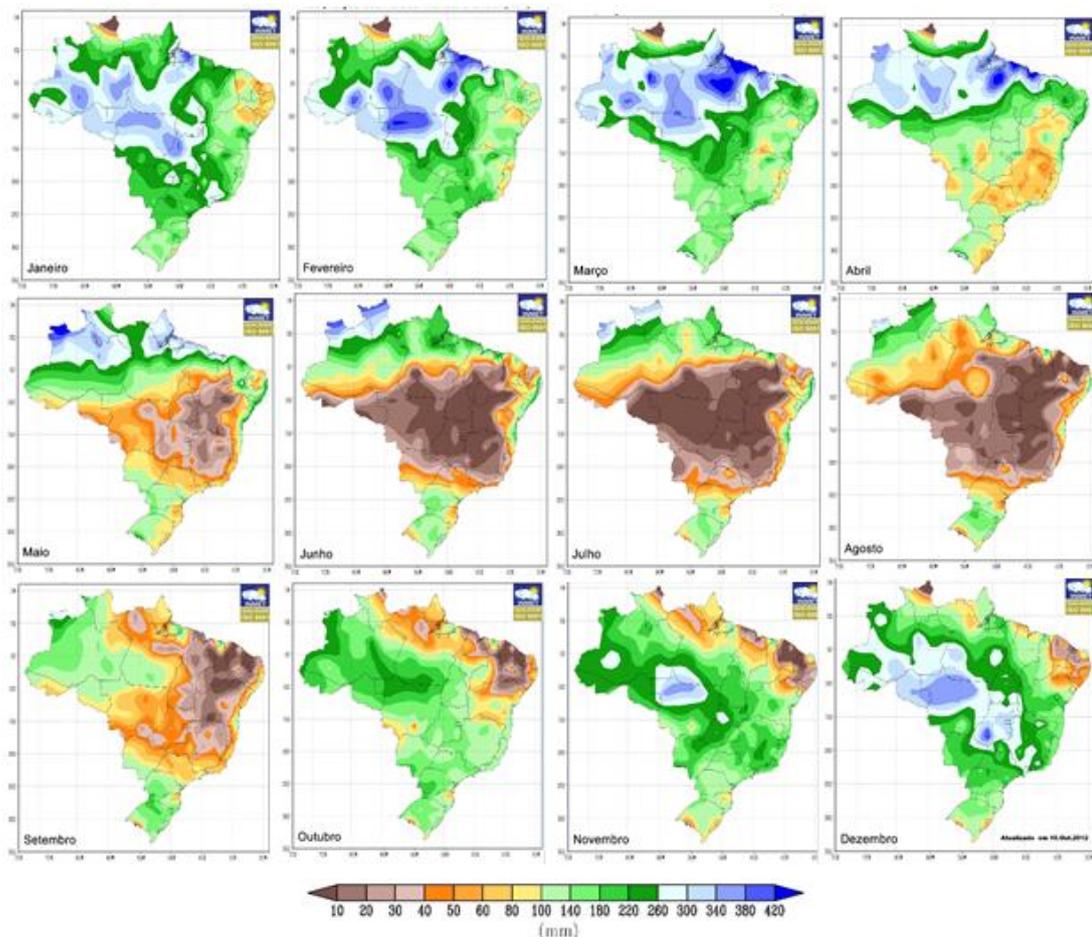


Figura 22: Precipitação mensal e anual (mm) acumulada no Brasil 1961 – 1990. Fonte: INMET, 2010.

A figura 22 mostra a distribuição espacial e temporal da precipitação no Brasil. Observa-se que na Amazônia a variabilidade sazonal das chuvas é diferenciada durante o ano nas porções norte e sul. Na porção da bacia situada ao norte o máximo pluviométrico é observado de maio a julho, e de dezembro a março ao sul da bacia. Essa defasagem tem impacto direto nas condições de descarga líquida dos tributários das margens direita e esquerda do Amazonas.

4.2 O regime hidrológico

Além das diferenças quanto à distribuição sazonal das chuvas nos hemisférios. Meade *et al.* (1991) que mostrou que o Rio Amazonas é regulado por diferenças no momento das entradas dos tributários no estudo de caso das séries históricas com níveis das águas.

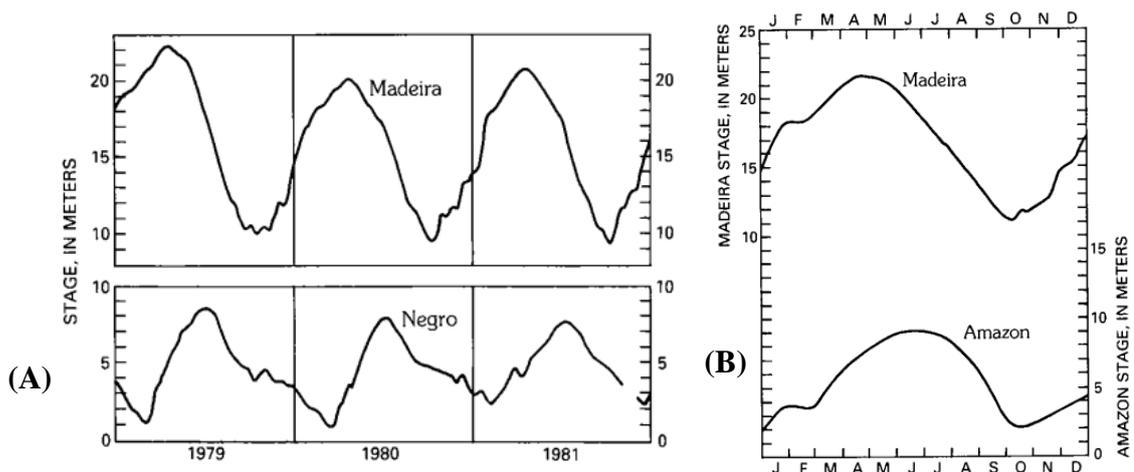


Figura 23: (A) Série de cotas fluviométricas diárias do Rio Madeira (em Fazenda Vista Alegre) e Rio Negro (em Barcelos), de 1979 a 1981. (B) Série de cotas diárias do Madeira (em Fazenda Vista Alegre) e Rio Amazonas (em Itacoatiara), 1977, mostrando diferença no tempo do pico de descarga. Fonte: Meade *et al.*, 1991.

A figura 23(A) mostra que os picos mínimos de nível d'água, no Rio Madeira ocorrem 4 a 5 meses antes do pico mínimo do Rio Negro e os picos máximos ocorrem de 2 a 3 meses antes do Rio Negro. Em relação ao Rio Amazonas (FIGURA 23- B), o Madeira alcança valores máximos de águas altas 2 meses antes. O que evidencia que o regime hidrológico na Amazônia é heterogêneo apresentando variabilidade espacial e temporal.

De acordo com Meade *et al.*, (1991) diferenças quanto ao regime de escoamento se dá pelo arrefecimento do chamado barramento hidráulico e armazenagem sazonal de água na várzea, observado nos afluentes do Amazonas.

Em estudos sobre os regimes hidrológicos Jean Rodier (1964) *apud* Molinier *et al.* (1996) estabeleceu uma classificação de 4 tipos de regimes hidrológicos da bacia Amazônica (FIGURA 24). O Madeira localiza-se predominantemente na zona 03, com regime tropical austral com uma pequena porção da alta bacia na zona 2S de tributários bolivianos. Os rios do regime tropical austral são caracterizados com um só pico de cheia (unimodal), normalmente acontecendo no primeiro semestre do ano calendário. Esse regime é representado pelos rios originários do hemisfério sul, como o Purus, o Madeira e seus afluentes, o Xingu e o Tapajós. Esta classificação foi confirmada em estudos na bacia do Rio Madeira.

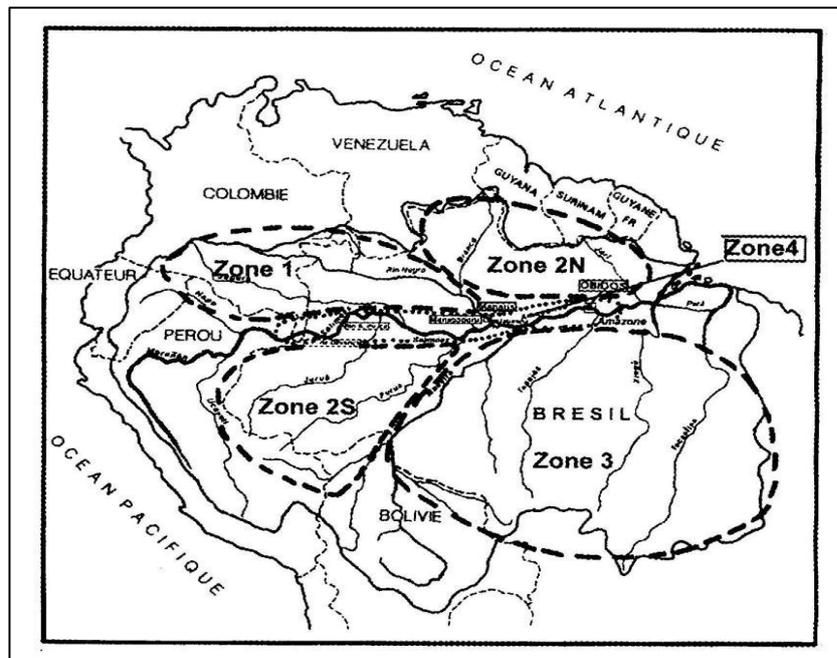


Figura 24: Regimes hidrológicos da Bacia Amazônica. Fonte: Rodier (1964) *apud* Molinier *et al.*, (1996).

Em estudo desenvolvido na alta bacia do rio Madeira na porção boliviana. Guyot (1993) ao observar os hidrogramas de vazões classificou o regime hidrológico na Bacia do Madeira em planícies como tipo tropical austral e identifica que os rios do escudo brasileiro (Rio Guaporé) exclusivamente nas planícies são muito mais regulares do que os rios andinos, sendo que os coeficientes de variação (desvio padrão/ média) dos fluxos mensais médios são mais baixos com os valores da ordem de 0,5.

No trabalho de Filizola *et al.* (2002) a variabilidade da altura das águas foi caracterizada com dados interanuais de cotas fluviométricas. Os autores concluem este trabalho com afirmativa de que o Rio Amazonas e seus tributários apresentam certa regularidade no regime hidrológico com exceção dos rios que nascem no escudo guianense ou da margem esquerda como o rio Madeira.

As características neste estudo a respeito do Rio Madeira apontam um regime misto (FIGURA 25), porém na porção brasileira, confirmaram o predomínio da classificação de regime austral associando o comportamento dos níveis dos rios com a vazão.

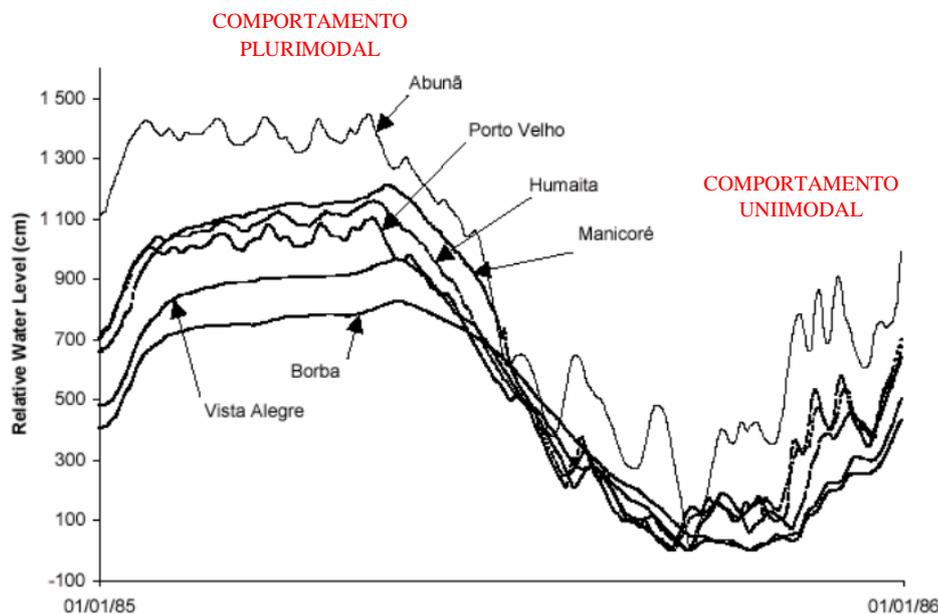


Figura 25: Hidrograma de cotas diárias interanuais das estações de referência no rio Madeira evidenciam o regime austral com um só pico de cheia. (FILIZOLA *et al.* 2002).

Para a variabilidade das alturas de águas (a diferença entre máximas e mínimas) foram utilizadas as séries históricas de cotas de 1970 a 1996. Os autores adotam neste trabalho a metodologia de cotas de Meade *et al.* (1991). Quanto ao rio Madeira as conclusões foram:

Os autores identificam assim como Guyot (1993) na estação de Angosto del situada no piemonte os Andes bolivianos, um hidrograma plurimodal, no entanto com uma estação úmida bem marcada de novembro a março. A partir da estação de Abunã (situada a jusante da fronteira Bolívia/Brasil) o hidrograma apresenta regime plurimodal, mas com uma defasagem no período de máximas, que nesta localidade se dá de janeiro a junho. Após a confluência com o Amazonas, na estação e Borba (1.328.600 km²), o hidrograma do rio Madeira apresenta

um pico único e suave de cheia no período de fevereiro a julho (FILIZOLA *et al.* , 2002, p.11).

O trabalho acima citado apresentou dados importantes para um comparativo com esta pesquisa, assim como metodologia utilizada, sendo que o presente projeto não se restringe às estações de referência no rio Madeira, mas se estende a análise das estações fluviométricas de toda a rede hidrográfica da Bacia do Rio Madeira.

4.3 Eventos hidrológicos extremos na Bacia do Rio Madeira

O clima na bacia do rio Madeira, assim como na bacia Amazônica, está condicionado, principalmente, a ação dos seguintes sistemas de circulação atmosférica: sistema representado por formação de depressões barométricas no interior dessas massas de ar equatorial, sistema de norte, da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sistema de sul, correspondente ao anticiclone polar com influência de frentes frias e massas de ar polar e sistema de circulação atmosférica o anticiclone da Alta da Bolívia (AB) (FISCH *et al.*, 1996).

Esse sistema forma-se em alto nível da troposfera, durante os meses de verão, associado com a forte convecção da região Amazônica. Estudos recentes analisaram que na época de ENSO esse anti-ciclone posiciona-se, em geral, a oeste de sua posição climatológica comum (FISCH *et al.*, 1996 e ANDRADE, 2008).

Na análise de Andrade (2008) sobre comportamento das precipitações mensais na bacia do rio Madeira (Bolívia – Brasil) numa série histórica compreendida entre 1978 e 1998 foi confirmada a influencia do fenômeno “El Niño” (1982-1983 e 1997-1998) .

Os resultados da análise mostraram a variabilidade mensal das chuvas, representadas por gráficos de sazonalidade segundo as regiões homogêneas. A observação da influência do fenômeno “El Niño” em certas regiões da bacia do Madeira constatou tanto casos de déficit hídrico como de excesso de precipitação. As inundações na planície Amazônica boliviana, que corresponde à parte central da bacia do Rio Madeira, ocorrem praticamente todos os anos durante o ano de 97 chuvas (novembro-março). Essas constituem uma ameaça presente, que se intensifica durante os anos em que o fenômeno El Niño se manifesta.

Em algumas regiões da zona sudoeste da bacia no escudo brasileiro, acontecem secas (sudoeste de Santa Cruz de la Sierra). Cabe destacar que não foram encontradas, na literatura, muitas relações com os eventos de El Niño no estado de Rondônia, somente uma indicação de seca em uma pequena faixa na porção sul do estado.

Ronchail *et al.* (2005) relacionou os fenômenos de inundações com o SST - Temperatura de Superfície do Mar do Oceano Atlântico e Pacífico ao investigar a alta bacia do Rio Madeira. Esta mudança no clima é determinada pelos movimentos da zona de convergência intertropical e do movimento dos anticiclones do Atlântico e do Pacífico, entre os quais frequentemente mantem um intervalo de baixas pressões sobre a Bolívia. A autora também apontam que além dos fenômenos El Niño e La Niña, outros fatores podem intensificar os efeitos das variações de precipitação sobre a América Amazônica como a circulação da célula de Walker no oceano Atlântico.

De acordo com Ronchail *et al.*, (2005) a variabilidade interanual na porção norte da bacia Amazônica está relacionada a eventos do tipo ENSO, onde a diminuição nas descargas ocorre durante eventos de El Niño e o aumento nas descargas durante os eventos de La Niña, sendo que isto ocorre de forma oposta a este sinal na alta bacia do Rio Madeira (sul da Bacia Amazônica).

Segundo Guyot (1993) no estudo do clima na alta bacia do rio Madeira menciona que as variações periódicas das chuvas médias anuais se conectam a mudanças climáticas importantes e afetam toda a região, como o famoso El Niño de 1982. A presença de um fenômeno tipo El Niño provoca uma seca na Bolívia nos Andes e nas planícies do norte, enquanto excessos de chuvas são observados nas planícies do Sul e afirma que existe relação quanto aos regimes dos rios e esta vem diminuindo junto a altimetria do terreno.

Confirmar na literatura a incidência de eventos climatológicos críticos na área de estudo, é extremamente importante, pois o fator pluviosidade é determinante nas condições de vazão e alteração das cotas fluviométricas.

4.4 Consequências dos eventos extremos

É importante entender que nem todo evento de enchente e estiagem trata-se de desastres. De acordo com Castro (1998) estes são resultados de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos,

materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Os desastres são quantificados, em função dos danos e prejuízos, em termos de intensidade, enquanto que os eventos adversos são quantificados em termos de magnitude. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado.

A variabilidade do regime hidrológico sob eventos extremos climatológicos possui influências sobre as sociedades já descritas na Amazônia (BORMA *et al.*, 2013). Segundo Santos *et al.*, (2006) os efeitos da falta d'água reportados em sua pesquisa no estado do Amazonas acarretam na inviabilização de serviço de transporte, e consequentemente a falta de materiais, problemas quanto à geração de energia e abastecimento de água.

Os problemas relatados devido às cheias são de áreas rurais e urbanas alagadas, ocasionando perda de culturas e de vidas por afogamento, resultando muitas vezes em condição de estado de alerta e calamidade de municípios. (SILVA *et al.*, 2006).

Com tais efeitos inclusive sobre a integridade humana crescem pesquisas sobre o desenvolvimento de método de previsão e de monitoramento de eventos de cheia e secas extremas, na tentativa de se realizar ações preventivas aos efeitos dos eventos extremos através de simples sistematizações de dados hidrológicos, como por exemplo, realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e do Programa Rios Online que está sendo desenvolvido no Laboratório de Potamologia da Amazônia (LAPA)

De acordo com Filizola *et al.*, (2006) apesar de apenas poucas localidades da bacia Amazônica, as séries de dados hidrológicos ultrapassarem os 20 anos, estes dados podem ser úteis para um acompanhamento anual da evolução dos níveis, de forma a avaliar as tendências e construir cenários em relação à intensidade dos eventos .

5. Materiais e métodos

- **Descrição metodológica**

Para alcançar os objetivos propostos neste estudo, a metodologia foi dividida em cinco fases principais, conforme visualizado abaixo no fluxograma metodológico (FIGURA 25).

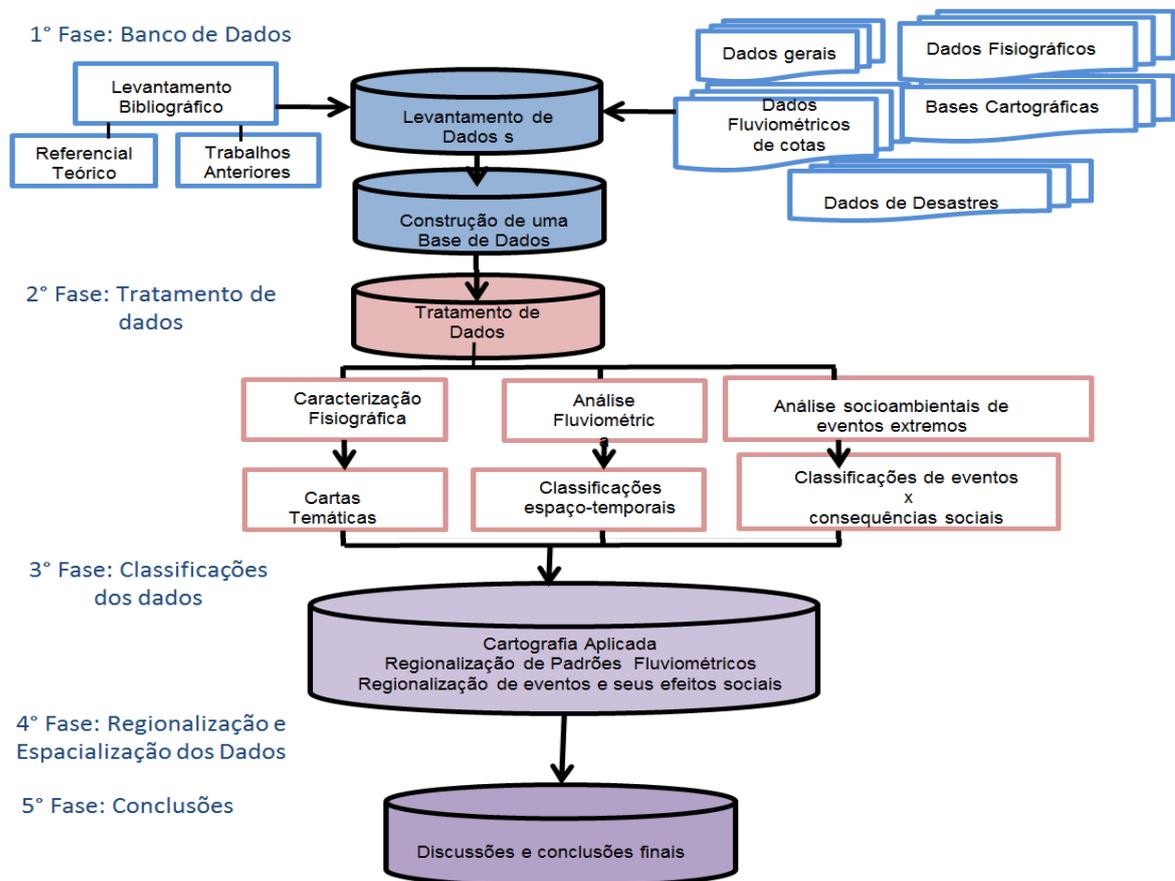


Figura 26: Fluxograma de execução da pesquisa.

A 1ª fase refere-se ao levantamento bibliográfico e à aquisição de insumos para construção do banco de dados e avaliação de sua consistência, na 2ª fase: foram tratadas as séries de dados de cotas fluviométricas e de desastres relacionados a enchente e estiagens ocorridos na área da estudo, na 3ª fase foram geradas as classificações destes dados e na 4ª fase foram realizadas a regionalização dos dados e a espacialização com técnicas da cartografia em SIG, de modo a serem analisados na 5ª fase.

5.1. Primeira fase: Obtenção de Dados

5.1.1 Levantamentos bibliográfico e cartográfico:

a) Levantamentos bibliográficos e de dados gerais e estatísticos climatológicos, hidrológicos em bacias hidrográficas, informações quanto a caracterizações climatológicas, geomorfológicas, geológicas, populacionais e topográficas da Amazônia e da bacia do rio Madeira, além de trabalhos sobre a fluviometria geral.

b) Levantamento bibliográfico de informações relacionadas aos eventos extremos:

- Levantamento de glossário, manuais de desastres e documentos oficiais do tipo AVADAN's, NOPRED e Portarias com dados quanto ao números de atingidos, acidentes, danos materiais e mortes, número de municípios que decretaram estado de alerta ou calamidade disponibilizados no sítio oficial da Defesa Civil Nacional www.mi.gov.br/web/guest/defesacivil

- Dados populacionais – CENSO 2000 E 2010/IBGE (2012a)

c) Levantamento de material cartográfico, do tipo vetoriais de escalas de 1: 50.000 a 1: 400.000 escalas melhores para a representação e detalhamento de uma grande bacia, além do reconhecimento e tratamento de dados da área de estudo.

- Temáticos de hidrografia, bacias hidrográficas, divisão política estadual e municipal da ANA (2012) em www.ana.gov.br
- Temáticos de hidrografia, tipo de solos, biomas, domínios morfoclimáticos, clima, geomorfologia, uso do solo do sítio IBGE (2013) http://www.ibge.gov.br/english/geociencias/cartografia/default_geog_int.shtm
- Imagens LANDSAT 5/TM (tabela 2) foram obtidas no sítio do INPE em: <http://www.obt.inpe.br/prodes> as cenas utilizadas foram:

PORTO VELHO (232/66)	HUMAITÁ (232/65)	MANICORÉ (231/64)	BORBA (230/63)
CHEIA 29-06-2009	CHEIA 29-06-2009	CHEIA 22-06-2009	CHEIA 02-08-2009
SECA 06-09-2005	SECA 05-08-2005	SECA 30-08-2005	SECA 08-09-2005

Tabela 2: Cenas utilizadas para a espacialização de eventos extremos.

- Imagens SRTM: as informações topográficas e de delimitação da bacia aplicadas neste estudo foram obtidas a partir de MDEs adquiridos por sensores orbitais amplamente difundidos, como os dados do Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) e obtidos no sítio da EMBRAPA Acesso: 24/07/2013 In. <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/>.
- Cenas utilizadas: SA-20-Z-C, SA-20-Z-B, SA-20-Z-C, AS-21-Y-A, AS-21-YC, SB-20-V-B, SB-20-V-D, SB-20-X-A, SB-20-X-B, SB-20-X-C, SB -20-X-D, SB-20-Y-B, SB-20-Y-B,SB-20-Y-C, SB-20-Y-C, SB-20-Y-D, SB-20-Z-A, SB-20-Z-B, SB-20-Z-C, SB-20-Z-D, SB-21-Y-A, SB-21-Y-C, SB-21-Y-D, SC-19-X-C, SC-19-X-D, SC-19-Z-A, SC-19-Z-B, SC-19-Z-C, SC-20-V-A, SC-20-V-B, SC-20-V-C E SC-20-X-A.
- d) Levantamento de dados secundários de cotas fluviométricas nos sítios da ANA e ORE-HYBAM.
- **Coleta de dados fluviométricos:**

No primeiro momento para compor a base de dados desta pesquisa os dados coletados foram da Agência Nacional de Águas - ANA que realiza o monitoramento hidrometeorológico. As variáveis hidrológicas são obtidas. Este serviço é encontrado no próprio *site* oficial da ANA - disponível na Internet via <http://www.ana.gov.br/> e /ou em <http://www.ore-hybam.org/> As estações fornecem dados de chuva em mm, de nível em cm e de vazão em m³/s.

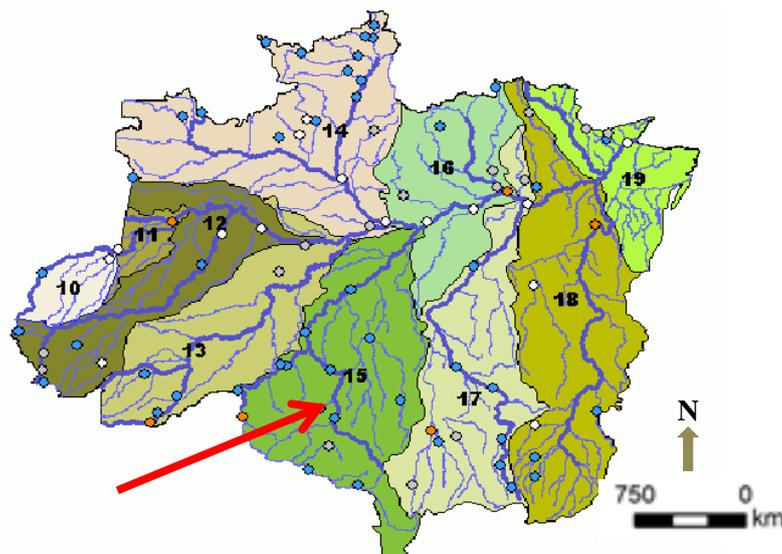


Figura 27: Mapa das sub-bacias Amazônicas. **Fonte:** ANA, 2010.

As estações fluviométricas e pluviométricas da Amazônia estão divididas e dispostas em 10 sub-bacias, cada uma delas codificada, a Bacia do Rio Madeira é codificada como de n°

15, como mostra a figura 27. A pontuação das estações hidrometeorológica foi realizada com o auxílio do inventário das estações fluviométricas (BRASIL, 2009a).

Na área de estudo foram identificadas na base de dados da ANA (90)/ ORE-HYBAM (113 incluindo a parte boliviana) estações com cotas fluviométricas (em toda bacia), a base de dados obtida foi atualizada até 2010. No primeiro momento os dados foram organizados em uma tabela de identificação, com o código, nome, localização, período de funcionamento de monitoramento de cotas e observações. Após a observação prévia das séries históricas, definiram-se critérios para a seleção das estações, seguindo os padrões recomendados pela OMM e pela ANA.

- a) Séries históricas de pelo menos 30 anos no período de 1980 a 2010;
- b) Defasagem de dados inferior a um ano nas séries temporais;
- c) Insignificantes períodos sem dados (lacunas), possíveis de serem reconstituídos;

Com estes critérios selecionou-se 21 estações de cotas fluviométricas. Apesar da primeira triagem, verificou-se ainda a eficácia dos dados quanto às atualizações diárias, medições defectivas e funcionamento das estações para evitar lacunas no banco de dados que servirão de parâmetros para a análise hidrológica da área de estudo. Então foi constituída uma tabela síntese de dados. Ainda para redução dos nomes das estações fluviométricas foram criados mnemônicos dispostos na tabela de identificação.

Após várias etapas com o uso de metodologias de avaliação de consistência dos dados de diários de cotas fluviométricas, selecionou-se 17 estações fluviométricas. Este estudo analisou os padrões fluviométricos da Bacia do rio Madeira, investigando suas variabilidades diárias, mensais e interanuais. Em razão das referências de nível das estações hidrométricas seguirem um plano de referência arbitrário (*datum* local) a análise foi realizada por meio de normalização de dados de cotas. Este método permitiu um comparativo de dados das séries históricas de várias estações, mesmo sendo analisadas somente as cotas linimétricas.

No mapa de localização das estações de cotas fluviométricas na bacia do Rio Madeira observa-se uma maior quantidade de afluentes e estações fluviométricas distribuídas na margem direita da bacia hidrográfica.

5.2 Segunda etapa: tratamento de dados

Esta fase consiste na digitação, sistematização e organização das informações, dados e valores encontrados.

Para a caracterização temática e visualização da área de estudo foram realizados trabalhos com bases digitais cartográficas e dados de aspectos físicos como: geologia, geomorfologia, clima, solo, vegetação e hidrografia e uso do solo da área da bacia do Rio Madeira nos sítios da ANA, INPE, IBGE e CPRM e trabalhos anteriores. Esses dados foram utilizados como base em plataforma SIG - Sistema de Informação Geográfica - ArcGIS 9.2. por meio de dados vetoriais.

a) Delimitação automática da Bacia Hidrográfica

A delimitação da bacia hidrográfica foi feita de forma automática seguindo a metodologia proposta no Manual de Discretização de bacias para aplicação do modelo MGB-IPH Versão 2.0 Agosto de 2010. Disponível em: <https://chasquebox.ufrgs.br/.../b1600df795a206c17c7899d66b1ef4ca.ph>

Etapas realizadas:

1. Montagem do mosaico das imagens SRTM – utilizando as ferramentas: Data Management Tools > Raster > Mosaic To New Raster
2. Remoção de depressões: ferramenta Terrain Processing/DEM Manipulation/Fill Sinks
3. Determinação das direções de fluxo: O cálculo das direções de fluxo utiliza a ferramenta Terrain Processing/Flow Direction no menu do ArcHydro.
4. Cálculo da área acumulada: ferramenta Terrain Processing/Flow Direction no menu.
5. Estabelecimento da rede de drenagem raster: Terrain Processing/Stream Definition no menu do ArcHydro.
6. Delimitação da bacia: O polígono com o contorno da bacia pode ser gerado usando a função Watershed Processing/Batch Subwatershed Delineation no menu do ArcHydro. Para usar esta função foi necessário definir um ponto com o exutório da bacia utilizando a ferramenta Batch Point Generation.

b) Consistência de dados de cotas fluviométricas

No primeiro momento para a consistência de dados foi obtido um cronograma com período de observações, e o segundo passo foi à detecção dos erros nas séries históricas de cotas fluviométricas observando localização adequada, grande período de observação, poucos períodos de interrupção, presumidamente bem operada com pouca ou nenhuma alteração na instalação (SANTOS *et al.*, 2001).

- Método para completar dados

Com a observação das séries históricas foram identificados períodos com lacunas de dados, tendo em vista que um período médio de máximas de enchente e vazante constituem aproximadamente 3 meses adotamos este período para selecionar os anos válidos para análise.

Após a tentativa de completar as lacunas existentes com dados das duas bases de cotas fluviométricas (ANA e ORE-HYBAM). Os anos com lacunas acima de 3 meses foram descartados das séries históricas. A discussão de problemas nas bases de dados está descrita nos resultados deste trabalho onde se identificam a origem destas lacunas.

Segundo Santos *et al.*, (2001) para substituir um período mais longo de observações incorretas pode-se estimar dados utilizando regressão linear simples de estações mais próximas ao avaliar quando observado o coeficiente de correlação que mostra a relação entre as duas estações, confirmando uma relação positiva pode-se utilizar as observações da variável (estação), caso contrário será necessária repetir o procedimento com as observações da série histórica de outra estação fluviométrica.

Os anos que apresentaram lacunas inferiores a 3 meses foram completados por estimativa por meio do trabalho estatístico descrito abaixo.

Passo 1: Observação geral da série temporal.

A descrição consiste basicamente em conhecermos o comportamento de uma série temporal. Portanto, o primeiro passo na análise foi elaborar o gráfico da série temporal com o objetivo de observar as principais propriedades da série como: tendência e ciclo sazonal.

Detecção e correção de *outliers* (valores que não parecem consistentes com os demais – denominados de pontos aberrantes). São valores que podem comprometer a análise modificando valores máximos e mínimos das médias e o desvio padrão das séries temporais.

No gráfico de dispersão (FIGURA 28) é possível visualizar os valores incoerentes com as séries históricas.

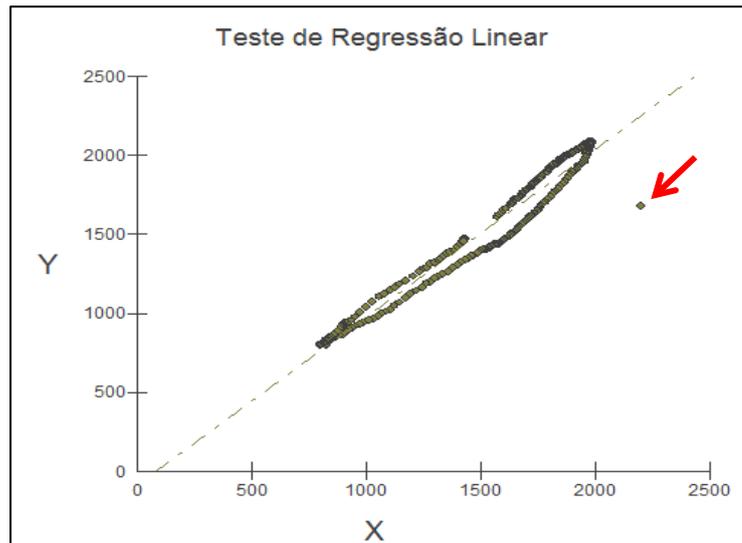


Figura 28: Gráfico de Dispersão permite visualizar valores incoerentes na série histórica.

Passo 2: Correlação de Pearson

A princípio buscou-se verificar a associação entre variáveis, ou seja, entre os anos civis de cotas fluviométricas de estações que apresentaram características similares quanto a mesmo ano civil, ordem hierárquica e posicionamento no canal.

Tratando os dados de cotas fluviométricas como dados paramétricos, aplicou-se a correlação de Pearson. A correlação indicada para a análise segundo Martins e Domingues (2005) é a de Pearson que é um indicador de uma relação linear entre duas variáveis intervalares é também denominado de Coeficiente de Correlação do Produto de momentos de Pearson (r). Trata-se de uma medida de associação que independe das unidades de medidas variáveis.

Sua formula é dada em:

$$r = \frac{[n \cdot \sum (x_i \cdot y_i)] - [\sum x_i] \cdot [\sum y_i]}{\sqrt{[n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] \cdot [n \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

onde $-1 \leq r \leq 1$

Onde: n é o número de observações, x a variável explanatória e y a variável dependente.

A interpretação do Coeficiente de Pearson dá a intensidade da relação linear entre duas variáveis é puramente matemática e está completamente isenta de qualquer implicação de causa e efeito. Na prática, se $r > 70\%$ afirmamos que existe uma forte correlação linear.

Passo 3: Regressão Linear Simples

Após a confirmação de correlação forte entre as duas variáveis. Foi realizada estimativa de valores por meio de regressão linear simples.

Onde:

$$\hat{Y} = a + bX$$

1) O coeficiente angular da reta é dado pela tangente da reta e se denomina “b”. 2) A cota da reta em determinado ponto é o coeficiente linear denominado “a”, que é o valor de Y quando $X=0$.

O utilitário adotado para a consistência dos dados foi o software Bioestat 5.3 (programa estatístico gratuito disponível na página oficial do Instituto Mamirauá <http://www.mamiraua.org.br/downloads/programas>) e planilha eletrônica.

Exemplo prático (figura 29): O ano de 1990 da estação Fazenda Rio Branco (FZR) tinha com uma lacuna de 8 dias na série, ao gerar a correlação com a estação de apoio Ariquemes (ARI) estação mais próxima a montante, verificou-se um coeficiente acima de 70%. Portanto, o grau de correlação entre estas duas estações é forte.

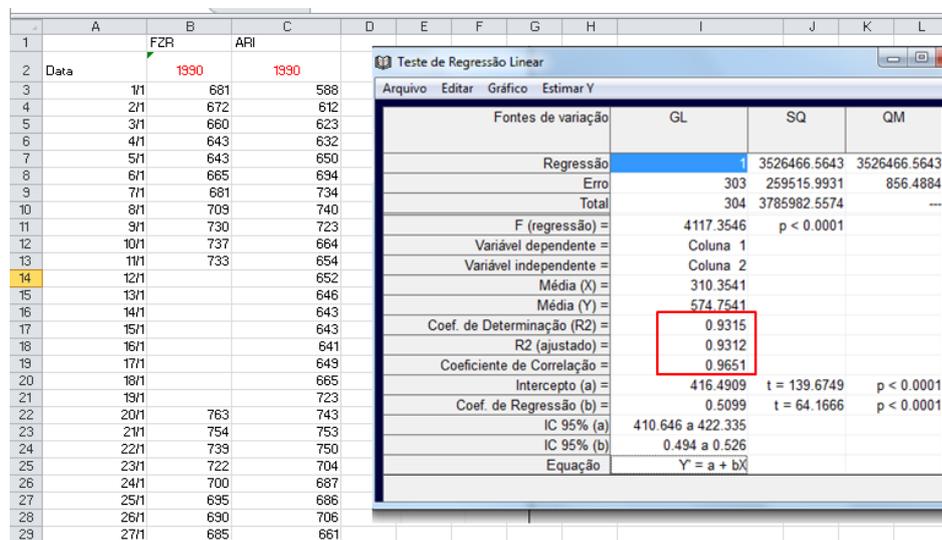


Figura 29: Processo de correlação de séries de cotas fluviométricas.

Na mesma janela o programa também fornece os componentes e valores da regressão linear **a** e **b**. Tais valores são substituídos na fórmula de regressão linear em planilha eletrônica e assim os valores são expandidos sobre as células com lacunas de dados (figura 30).

M	N	O	P	Q	R	S	T
FZR	ARI	ESTIMADO					
1990	1990	$Y = a + bx$	$=(416.4909)+(0.5099*N3)$				
681	588	716					
672	612	729					
660	623	734					
643	632	739					
643	650	748					
665	694	770					
681	734	791					
709	740	794					
730	723	785					
737	664	755					
733	654	750					
	652	749					
	646	746					
	643	744					
	643	744					
	641	743					
	649	747					
	665	756					
	723	785					
763	743	795					
754	753	800					
739	750	799					
722	704	775					
700	687	767					

Figura 30: Correção de lacunas através de estimativa com uso de regressão linear.

Os valores estimados não são iguais aos da série a serem completados em alguns casos os valores são superestimados devido à existência de resíduos comuns devido à dependência temporal das séries.

- Representação da variabilidade sazonal dos níveis dos rios da Bacia do Rio Madeira

Esta parte consistiu no tratamento das séries temporais de cotas linimétricas, os gráficos gerados a princípio foram para observar o comportamento local da série histórica. Por meio de técnicas da estatística descritivas, utilizando média, máximas e mínimas dos dados históricos de nível diários interanuais.

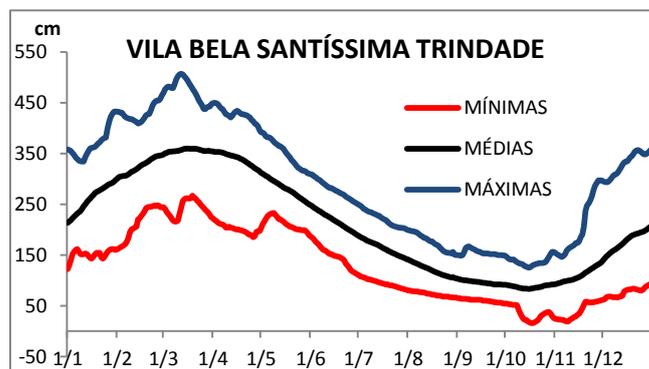


Figura 31: Gráfico de dispersão de cotas fluviométricas históricas diárias.

As cotas fluviométricas são dados arbitrários e suas referências estão em *datum* local, a princípio as cotas não seriam dados válidos para serem comparados a não ser se fossem convertidos em vazão, devido a altitude diferenciada entre as estações.

Na tentativa de comparar as séries históricas entre estações, utilizou-se um método simples de normalização. Este método já é utilizado comumente em variáveis climatológicas principalmente de precipitação e vazão. Foi adaptado para cotas fluviométricas permitindo a análise do regime hidrológico e possibilitando a comparação das estações. A normalização de séries diárias interanuais é dada pela razão de **médias mensais interanuais divididas pela média interanual.**

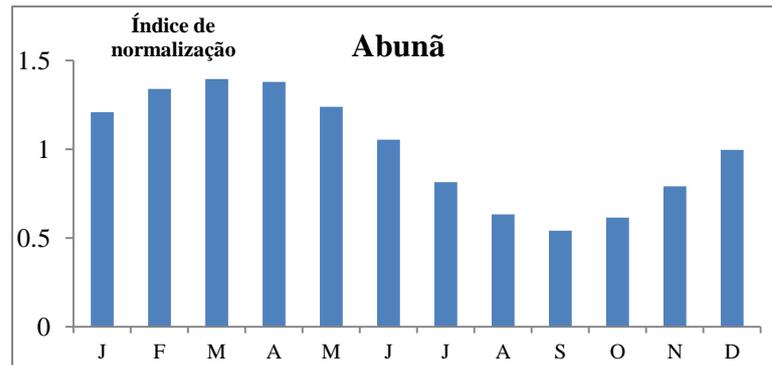


Figura 32: Gráfico de cotas mensais interanuais normalizadas – estação fluviométrica de Abunã (RO) mostra o comportamento fluviométrico ao longo do ano, evidenciando os meses de cheia e vazante da série histórica nesta estação.

Nos gráficos de normalização ao representar as cotas com índices de normalização o comportamento do regime hidrológico pode ser comparado entre as estações, deixando evidentes os períodos de enchente e vazante.

Com os dados tratados nesta fase o objetivo foi observar o deslocamento da onda de cheia e de vazante e ainda observar a existência dos picos de cheia, considerando a que a tendência geral do comportamento de cotas siga o de vazão, os dados foram comparados com a classificação de Molinier *et al.* (1996) que caracterizou e regionalizou os principais tributários da bacia Amazônica quanto aos seus regimes hidrológicos, definindo regiões utilizando dados de vazão.

Com a normalização de cotas anuais observamos que foi possível gerar linhas tendências para cheias e secas.

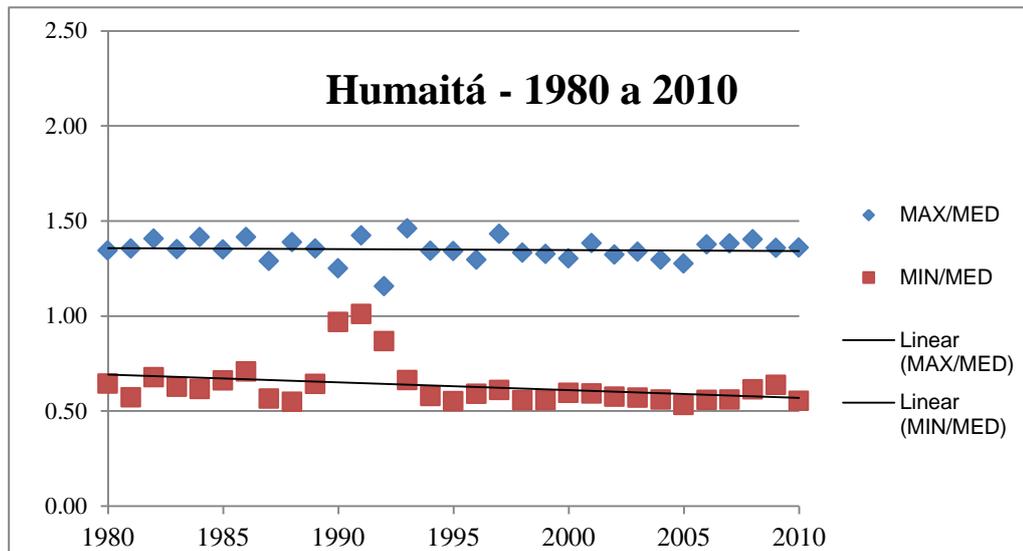


Figura 33: Cotas anuais normalizadas da estação de Abunã.

A operação realizada para gerar estas séries normalizadas foi: **a divisão de máximas e mínimas anuais pela média interanual.**

A inclinação das linhas evidenciam as tendências gerais em longo prazo dos níveis máximos e mínimos nas estações do rio principal e afluentes. No exemplo (figura 33) as linhas evidenciam certa estabilidade tanto para cheias e vazantes ao longo da série histórica.

- Representação da variabilidade sazonal dos níveis dos rios em anos considerados críticos devido a influencia de ENOS na Amazônia

Tendo em vista que são confirmados pela literatura as influências de fenômenos hidroclimáticos, como o ENSO e aquecimento do Atlântico sobre a variabilidade hidrológica da bacia do Madeira. Foi realizado um estudo comparativo, destacando os 10 maiores e menores anos de eventos dos regimes hidrológicos cada estação fluviométrica, conflitando-os com os anos identificados e descritos sob influência de eventos hidroclimáticos.

As séries de dados diários de cada estação foram transformadas em séries mensais, e depois foram extraídas as suas máximas e mínimas para cada ano da série, utilizando um filtro em planilha eletrônica sobre as séries de máximas e mínimas de cada ano, foram extraídas os 10 primeiros anos de cheia (do maior para o menor) e os 10 primeiros anos de vazante (do menor para o maior).

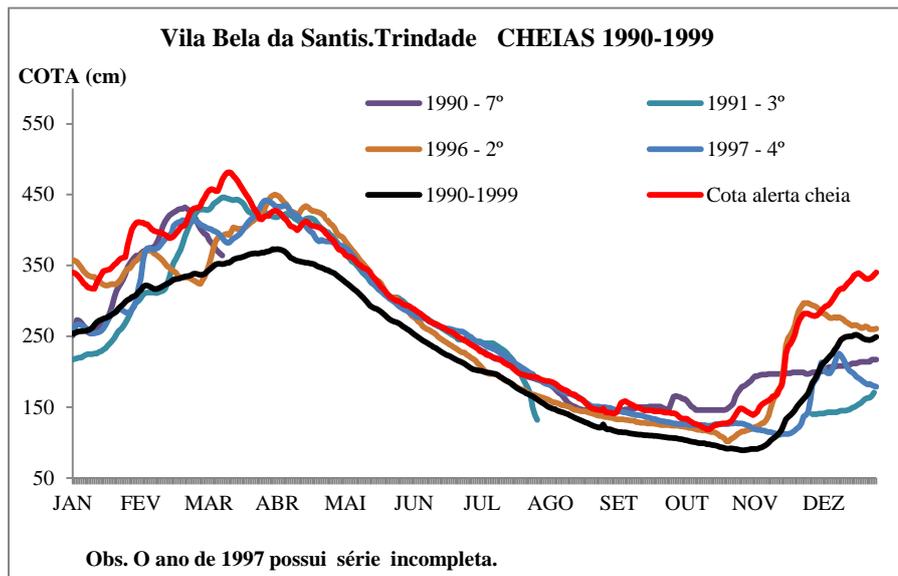


Figura 34: Gráfico de dispersão de cotas fluviométricas diárias com os anos de eventos extremos em relação às séries decenais e a cota de alerta.

Este método foi utilizado por Sternberg (1998) para analisar os anos de eventos extremos em relação às médias decenais.

Ainda neste gráfico (FIGURA 34) foram inclusas cotas de alerta, uma proposição de monitoramento para eventos extremos baseada no tempo de recorrência de acontecimentos de eventos extremos utilizado pela ANA.

A normalidade e disponibilidade hídrica são calculadas por uma linha de permanência 95% das vazões em rios não regularizados, o que caracteriza um regime hidrológico normal com disponibilidade hídrica (ANA, 2010).

O mesmo calculo foi adaptado neste trabalho para as cotas fluviométricas. As cotas de alerta foram calculadas tanto para cheias quanto para secas. Tendo como base cotas máximas e mínimas diárias.

- **Cota de alerta de cheias:** cotas máximas diárias interanuais multiplicadas por 95%.
- **Cota de alerta de secas:** cotas mínimas diárias interanuais multiplicadas por 105%

Os comportamentos anômalos de eventos de *El Niño* e *La Niña* e influencia do Atlântico foram verificados na literatura e em boletins de monitoramento do CPRM em anos hidrológicos, na tentativa de observar a variabilidade dos picos de cheia e vazante ao longo da

bacia. A influência destes fenômenos no regime hidrológico da bacia do Rio Madeira foi confirmada neste trabalho.

5.3 Terceira fase: classificação de dados

De acordo com as informações obtidas na fase anterior foram criadas classificações quanto às características do regime hidrológico na bacia do rio Madeira. Com as características fisiográficas (clima, vegetação, relevo, geologia e hidrografia) foram criadas cartas temáticas para caracterizar a área de estudo.

Os dados já tratados de cotas fluviométricas foram identificados seguindo a classificação já estabelecida de regimes de Rodier (1964) *apud* Molinier *et al.*, (1996) e quanto à variabilidade do nível dos rios e tempo de permanência dos comprimentos de ondas que indicarem as séries. A classificação dos picos de cheia e vazante com e sem a influência de ENSO. Os dados hidrológicos foram tratados nos softwares *Hidraccess* com licença cedida pelo IRD e disponível no site do ORE-HYBAM, além da utilização do pacote office (2010) na identificação, codificação, agrupamento e tratamento dos dados representados em forma de tabelas e gráficos.

A pontuação dos eventos extremos de cheia e estiagem (identificadas na etapa anterior) deu base ao ultimo objetivo deste projeto que consistiu em relacionar os eventos extremos de cheia e estiagem por meio de cotas fluviométricas com dados socioambientais obtidos da defesa civil tais como de: número de atingidos, desabrigados e municípios que entraram em estado de alerta e ou calamidade em ano destes eventos na Bacia do Rio Madeira. Tal metodologia foi adaptada de Silva (2006) e Santos (2006). Nesta etapa identificamos os efeitos dos eventos extremos de cheia e vazante sobre a população ribeirinha da bacia do Rio Madeira no Brasil.

5.4 Quarta e quinta fases: regionalização e espacialização das classificações e análise

Na quarta fase a finalidade foi de regionalizar às características dos padrões fluviométricos quanto ao regime, domínio e tendência de cheias e vazantes buscando padrões homogêneos por meio do agrupamento de características da variabilidade hidrológica observadas nos gráficos das estações. Por meio do tratamento dos dados de desastre também

foram identificados os municípios com maiores ocorrências de desastres assim verificando e a relação de influência da variabilidade hidrológica (cotas fluviométricas) nas atividades humanas na bacia do Rio Madeira.

Os dados uma vez regionalizados foram espacializados de acordo com técnicas da cartografia aplicada, durante este trabalho foram utilizados os softwares dispostos na rede SIG – **Sistema de Informação Geográfica (SIG** ou *GIS - Geographic Information System*) Arq GIS 9.3 que se trata de um sistema de hardware, software, informação espacial e procedimentos computacionais que permitem e facilitam a análise, ou representação do espaço e dos apontamentos nele estudados. A licença de utilização é do laboratório de Potamologia da Amazônia (LAPA).

Com a geração dos produtos cartográficos representativos aos padrões fluviométricos e das condições de variabilidade do funcionamento das cotas fluviométricas estes dados foram relacionados às características fisiográficas da Bacia do rio Madeira e criticados na análise final (quinta fase).

Resultados e discussões

6. Análise dos padrões de cotas fluviométricas

6.1 Incertezas

Neste trabalho compreendeu-se a complexidade de se trabalhar com dados de séries históricas principalmente quando são secundárias, começando pelo processo de obtenção de dados. O banco de dados da ANA (portal do Sistema de Informações Hidrológicas) é vasto, porém ainda incompleto, devido aos erros e lacunas nas séries temporais.

De acordo com as observações acima listadas, investigaram-se as possíveis causas dos problemas recorrentes as séries históricas primeiramente em trabalho em campo ocorrido entre os dias 07 a 18 julho de 2011 foi realizado durante a Campanha de Campo ao Rio Madeira do projeto IHESA em parceria com do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e (IRD) que desceu o Rio Madeira desde a estação de Abuña/RO até a foz.

No trabalho de reconhecimento de campo, observou-se o motivo de pequenas lacunas nas séries devido à qualidade do trabalho de aferição pelo observador e a transmissão dos dados até o banco de dados da ANA. Os trabalhos de coleta das cadernetas são geralmente intermediados pelo CPRM ou empresa contratadas.

Ainda em campo foram verificadas as condições das cadernetas de anotação de dados de nível dos rios. Comumente eram observadas lacunas de vários dias. Além disso, muitas estações automáticas estavam com problemas na placa de emissão de dados.

Os técnicos que fazem a coleta das cadernetas com o observador também são responsáveis pela manutenção das réguas fluviométricas, sendo que muitas dessas são desniveladas e até arrastadas pelo próprio rio.

Um problema detectado também foi o período de recolhimento de cadernetas e manutenção das réguas linimétricas que pode chegar a mais de 3 meses em determinadas localidades, principalmente se estiverem em localidades de difícil acesso.

A réguas encontradas no rio Madeira são do tipo esmaltadas de alumínio fixadas em suporte de madeira como no caso da estação de Abuña e Porto Velho e as pintadas em

madeira como as de Humaitá, Fazenda Vista Alegre, Manicoré e Borba, todas com lances de 1 a 2 m e denteadas a cada 2 cm.

Durante a campanha observou-se as condições das réguas linimétricas de algumas estações (tabela 03), de acordo com a classificação do CPRM (2010), as primeiras visitadas estavam em bom estado de conservação, porém as demais apresentavam problemas devido a má localização.

CODIGO	NOME	DATA	ESTADO
15320002	Abunã	07.07.11	Ótimo
15400000	Porto Velho	08.07.11	Ótimo
15630000	Humaitá	11.07.11	Intermediário
15860000	Fazenda V. Alegre	15.07.11	Intermediário
15700000	Manicoré	13.07.11	Péssimo
15900000	Borba	16.07.11	Péssimo

Tabela 3: Estado das réguas linimétricas observadas em campo.

As estações fluviométricas geralmente estão localizadas em frente às cidades, dispostas onde as embarcações param ou encostam e muitas vezes desnivelam ou arrastam as réguas.



Figura 35: A esquerda foto da estação fluviométrica de Humaitá (AM) e a direita foto da estação da Fazenda Vista Alegre (AM) ambas servem de ancoradouro de embarcações. Fonte: Muniz, 2011.

Outro problema observado quanto à localização é o acesso à estação fluviométrica, o difícil acesso como ocorre na estação de Borba (AM) (FIGURA 36), impossibilita a anotação

dos valores de nível diariamente, principalmente em dias de chuva, pois a encosta fica escorregadia.



Figura 36: A esquerda foto da estação de Borba (AM) localizada em encosta muito íngreme de difícil acesso o que dificulta o trabalho do observador e a direita a estação de Manicoré (AM) sem várias régua foram removidas pela dinâmica fluvial e ou tombadas devido aos barcos. Fonte: Muniz, 2011.

Outro caso se trata das estações que foram descartadas devido às sucessivas paralizações ou extinção em algum período, tendo dados insuficientes (acima de 3 meses) para a realização desta pesquisa.

As séries incompletas podem alterar a observação do comportamento fluviométrico, como por exemplo, ocasionar erro em médias. Nesse sentido, os dados fluviométricos foram consistidos e estimados em algum breve período das séries históricas.

Em alguns casos os valores estimados resultaram em séries com períodos superestimados, neste caso estas séries foram utilizadas para compor as médias interanuais, mas não no estudo de caso em anos extremos os dados foram projetados com séries incompletas para uma análise mais fiel a realidade.

Nesse sentido, com verificação da consistência dos dados, após várias triagens que iniciaram com 90 estações de cotas fluviométricas, definiu-se o intervalo de dados fluviométricos seguros a esta pesquisa, no período de 1980 a 2010, ou seja, 31 anos. Admitindo-se as causas acima citadas, foram selecionadas 17 estações de cota fluviométricas para formar a base de séries históricas da bacia do Rio Madeira.

Os dados utilizados não são ininterruptos. O inventário de dados (VER EM ANEXO 01) mostram períodos coincidentes de ausência de dados entre estações.

As lacunas no período de 1989 a 1993 podem ser atribuídas a influências de políticas de redução da manutenção da rede hidrometeorológica. Neste período de transição de gestão no governo federal ocorreram inúmeras reformulações quanto a atribuição de responsabilidade do monitoramento.

Segundo Rodrigues (2002) nota-se que, sem a garantia por Lei da manutenção da Rede, a mesma possuía tendência de redução, no final da década de 80 e início de 90. Com a implementação da Lei de compensação financeira em meados de 1991 e uma pequena parte dos recursos desta sendo utilizados para a manutenção da Rede (< 3%), houve o retorno gradativo da manutenção e aumento de estações.

A partir da criação da ANEEL em 1996, a Rede Hidrometeorológica Nacional do Ministério de Minas e Energia passou a ser administrada temporariamente pela Agência, bem como a responsabilidade de cumprir e fazer cumprir o Código de Águas, atividades essas exercidas até então pelo DNAEE, extinto com a criação da ANEEL. Da mesma forma que o DNAEE, a ANEEL deu continuidade a operação da rede através de contrato com a CPRM e convênios com entidades estaduais e governamentais (RODRIGUES, 2002).

2.2 Análises do comportamento fluviométrico do Rio Madeira e seus principais tributários em território brasileiro.

Neste trabalho se desenvolve uma interpretação com base nos dados de 17 estações de cotas fluviométricas (TABELA 04) com séries históricas de aproximadamente 31 anos ou de 1980 a 2010. As estações utilizadas para análise estão identificadas na tabela abaixo. As tabelas resumo mais detalhadas e inventário de dados estão disponibilizadas em anexo 1, 1.1 e 1.2.

Nº	ESTAÇÃO	MNEMÔNICO	CURSO	UF	INÍCIO	FIM
1	Pedras Negras	PEN	Rio Guaporé	RO	1980	2010
2	Vila Bela da S.Trindade	VST	Rio Guaporé	MT	1976	2010
3	Fazenda Rio Branco	FZR	Rio Branco	RO	1979	2010
4	Santa Isabel	SAI	Rio Candeias	RO	1976	2010
5	Pimenta Bueno	PIB	Rio Apedia	RO	1980	2011
6	Ji-Paraná	JIP	Rio Jiparana	RO	1977	2010
7	Tabajara	TAB	Rio Jiparana	RO	1977	2010
8	Boca do Guariba	BGA	Rio Aripuana	AM	1977	2010
9	Sucunduri	SUC	Rio Sucunduri	AM	1973	2010
10	Nova Esperança	NVE	Rio Marmelos	AM	1982	2010
11	Abuna	ABU	Rio Madeira	RO	1976	2010
12	Porto Velho*	PVH	Rio Madeira	RO	1967	2011
13	Humaitá	HUM	Rio Madeira	AM	1931	2010
14	Manicoré	MAN	Rio Madeira	AM	1967	2010
15	Fazenda Vista Alegre	FVA	Rio Madeira	AM	1967	2010
16	Borba	BOR	Rio Madeira	AM	1967	2010
17	Nova Olinda do Norte	NOV	Rio Madeira	AM	1994	2010

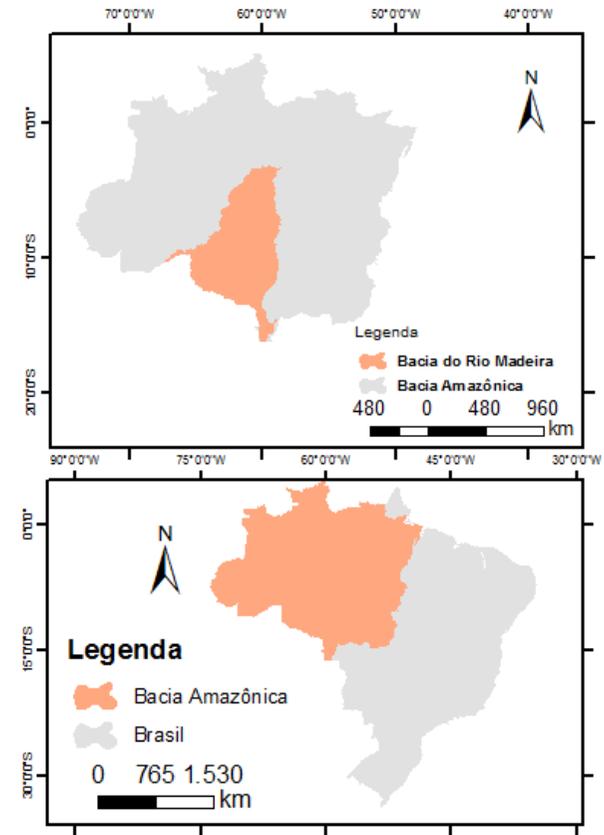
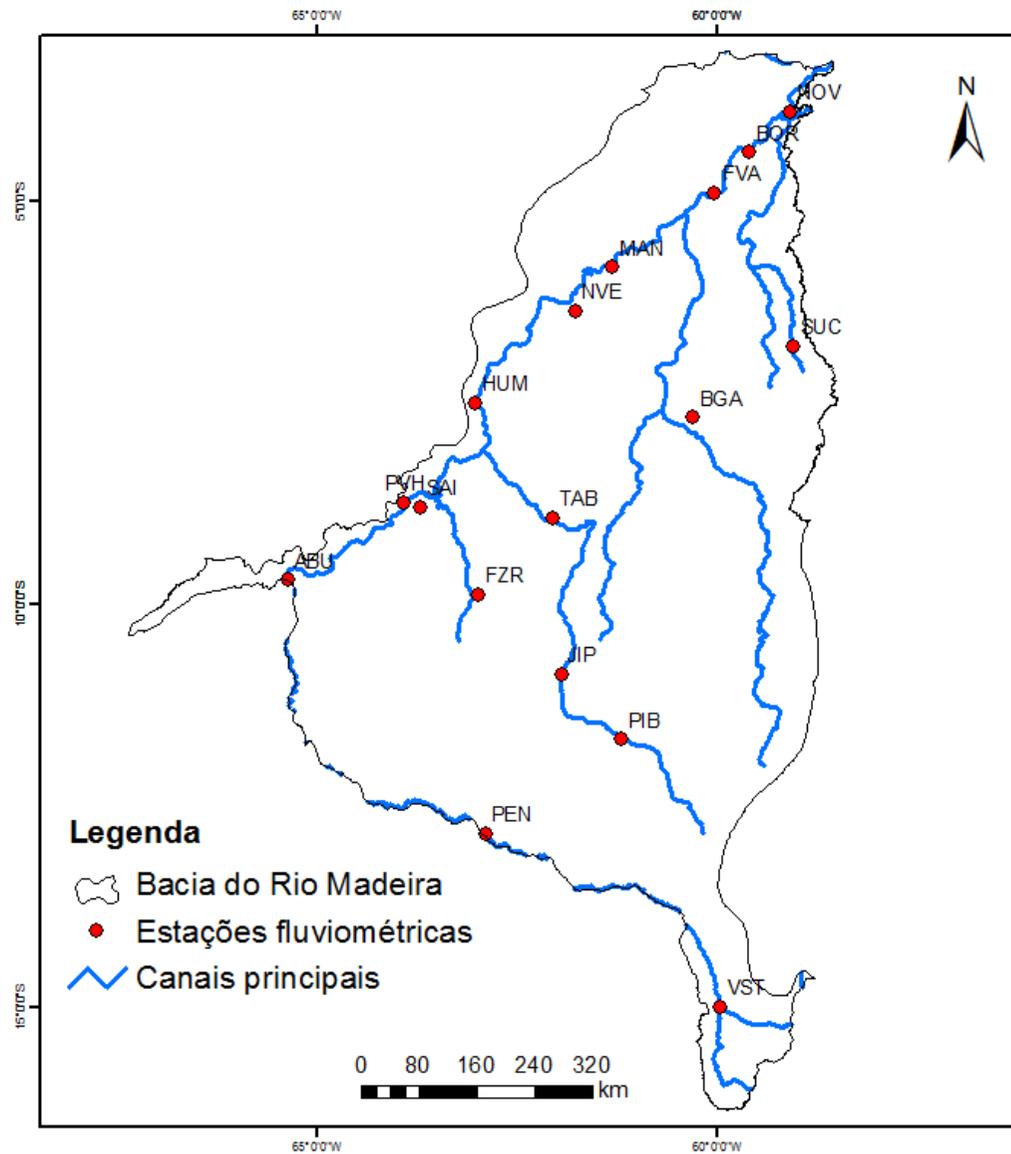
Tabela 4: Identificação de estações de cotas fluviométricas, com a localização e o período de monitoramento até o momento da pesquisa. *Dada à observação da mudança das réguas na estação de Porto Velho a partir de maio de 1975.



Figura 37: Distribuição de estações por estados constituintes da bacia do Rio Madeira no Brasil.

As estações de cotas fluviométricas analisadas não estão igualmente distribuídas nas porções dos estados do Amazonas e Rondônia com ocorrência de 47% nesses dois estados e com apenas 6% na porção correspondente ao estado do Mato Grosso (FIGURA 38). Porém no estado do Amazonas estas estações estão localizadas em sua maioria na calha do rio principal desta bacia.

Neste capítulo serão descritos os resultados obtidos durante a realização do presente trabalho, no primeiro momento destacando a variabilidade das cotas fluviométricas interanuais diárias “puras” e normalizadas e depois anuais normalizadas. E no segundo momento serão discutidos e descritos os efeitos dos eventos extremos.



Escala numérica: 1:8.000.000

Sistema de Coordenada Geográfica: WGS 1984
 Bases cartográficas: Ministério dos Transportes (2008),
 Agência Nacional de Águas (2012) e
 extraída de imagem: SRTM/EMBRAPA
 Organizadores: Luciana Muniz
 Laboratório de Potamologia Amazônica - LAPA
 Departamento de Geografia - DEGEO
 Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Figura 38: Mapa de localização das estações fluviométricas na bacia do Rio Madeira no Brasil.. Fonte: ANA, 2010.

6.2.1 Tributários

As estações fluviométricas analisadas em tributários estão em canais perenes ao longo da bacia do rio Madeira. É importante analisá-las, pois os afluentes possuem um papel importante no abastecimento hídrico do canal principal e estão muito mais susceptíveis as mudanças nas condições de uso e ocupação do solo nas áreas de cabeceiras.

A. Rio Guaporé

1. Estação: 15120001 = Vila Bela da Santíssima Trindade (VST)

A estação localiza-se às margens do Rio Guaporé no município de Vila Bela Santíssima Trindade /MT. Os dados secundários de cotas fluviométricas trabalhados são ao total de 25 anos (ANEXO 2.1). Não sendo possível estimativa por regressão linear com estação adjacente devido à coincidente ausência de dados nas demais estações.

As séries diárias puras mostram um único pico de cheia e vazante anual. Com suaves repiques nos períodos de águas altas e baixas. Apresenta amplitude média de 270 cm e máxima de 491 cm e um intervalo de 220 dias entre médias das máximas de águas altas e mínimas de águas baixas.

Nas cotas normalizadas os picos de águas altas e águas baixas ficam destacados. Para esta estação as máximas ocorrem no mês de março e as cotas mínimas nos meses de outubro.

De acordo com as máximas da série histórica os meses de incidência de águas altas são fevereiro, março e abril com predomínio do mês de março (50%). Os meses de ocorrência de águas baixas para esta estação são setembro, outubro e novembro com a culminância em cerca de 70% no mês de outubro.

No comparativo das médias de cotas decenais a última década mostrou uma suave diminuição dos níveis de cotas, as demais não evidenciaram grandes mudanças nos padrões fluviométricos.

De acordo com a relação das máximas em função das médias anuais esta estação aponta uma linha de tendência estável durante toda a série histórica. Enquanto que na relação

das mínimas em função das médias anuais a linha de tendência linear aponta um declínio na última década, ou seja, existe uma possível intensificação nos eventos de secas neste período.

2. Estação: 15150000 = Pedras Negras (PEN)

Esta estação localiza-se no rio Guaporé no município de Alta Floresta/ RO os dados fluviométricos trabalhados vem de uma série histórica de 27 anos no período de 1980 a 2010 (ANEXO 2.2).

O gráfico de cotas interanuais “puras” de Pedras Negras mostram um único pico de cheia e vazante ao longo do ano civil, sem quase influencia de repiquetes. Para esta estação a amplitude média da série é de 432 cm e a amplitude máxima de é 538 cm e o período médio entre o pico de cheia e vazante é de 184 dias.

Os gráficos de séries normalizadas mostram um o pico de cheia médio da série histórica no mês de abril e a vazante média em outubro e confirma um único pico de cheia e vazante durante o ano gregoriano.

Para esta estação existe um predomínio (64%) na ocorrência de máximas em águas altas no mês de abril seguido de março (30%) e os restantes distribuídos em fevereiro e maio.

Existe o predomínio da ocorrência de mínimas de águas baixas para a estação no mês de outubro (38%), seguidos de novembro (23%). Nesta estação observamos que para águas baixas ocorreu maior dispersão na ocorrência nas mínimas de cotas em relação às águas altas.

No comparativo entre as séries diárias decenais interanuais puras observamos que não ocorrem grandes mudanças ao longo dos 31 anos.

De acordo com o gráfico de normalização de cotas médias anuais (acima). A relação entre as médias em função das máximas anuais a linha de tendência mostra-se estável, porém na relação de médias em função das mínimas anuais a linha de tendência mostra uma intensificação nas cotas ao longo da série histórica.

B. Rio Branco

3. Estação: 15430000 = Fazenda Rio Branco (Rio Branco ou Ariquemes) - FZR

Esta estação localiza-se no Rio Branco no município de Ariquemes/RO. Os dados de cotas fluviométricas trabalhadas são ao total de 28 anos (ANEXO 2.3).

O gráfico da estação apresenta um único pico de cheia e vazante ao longo do ano e grande número de repiquete nos meses de pico de águas altas e baixas.

O gráfico dos meses de ocorrência de máximas aponta maior ocorrência no mês de maio (40%) seguido do mês de fevereiro (25%). Para esta estação o pico de águas altas ocorrem na série com uma variação de 4 meses. Enquanto que o gráfico para a ocorrência de águas baixas culmina no mês de outubro (45%) e setembro (38%) as mínimas são bem definidas para águas baixas nesta estação.

As cotas decenais não apontam grandes alterações ao longo das décadas para a estação Fazenda Rio Branco.

De acordo com o gráfico de normalização de cotas médias anuais. A relação entre as médias em função das máximas anuais e na relação de médias em função das mínimas anuais a linha de tendência mostra-se estável.

C. Rio Candeias

4. Estação: 15550000 = Santa Isabel (Candeias) - SAI

Esta estação localiza-se no Rio Candeias contribuinte do Rio Jamari no município de Candeias do Jamari/ RO. Os dados de cotas fluviométricas são ao total de 29 anos (ANEXO 2.4).

As séries de cotas puras interanuais para esta estação apontam um único pico de cheia e vazante durante o ano civil. No trimestre de águas altas apontam um maior número de repiquetes.

Os meses quando ocorre o predomínio de águas altas para esta estação é abril (60%) seguido de março (40%). Para águas baixas o mês de outubro é bem destacado (70%) dos demais meses nesta estação.

As séries decenais não apontam significativas mudanças ao longo dos 30 anos, com exceção da última década que aponta um suave crescimento no trimestre de subida das águas.

Para a estação de Santa Isabel as séries anuais normalizadas não apontam linhas de tendências estáveis ao longo dos 30 anos.

D. Rio Pimenta Bueno

5. Estação : 15558000 = Pimenta Bueno (Apedia ou Pimenta Bueno) - PIB

Esta estação fluviométrica localiza-se no rio Apedia ou Pimenta Bueno (contribuinte do rio Jiparaná ou Machado) situa-se no município de Pimenta Bueno/RO. Os dados de cotas fluviométricas trabalhadas são ao total de 28 anos (ANEXO 2.5).

Para a estação de Pimenta Bueno o gráfico de cotas puras diárias interanuais apresenta série histórica mais irregular com muitos repiques ao longo do ano. Esta estação apresenta amplitude média de 363 cm e amplitude máxima de 687 cm e o período médio entre as médias máximas de enchente e vazante é de 193 dias.

O gráfico normalizado de cotas médio interanuais evidencia um único pico de águas altas e águas baixas ao longo do ano gregoriano.

A maioria dos picos de águas altas nesta estação ocorre em março (44%) seguido de fevereiro (37%) e o restante em janeiro (17%). As mínimas de vazante nesta estação ocorrem com predomínio em setembro (46%), seguido de outubro e agosto.

As máximas de águas baixas mostram-se mais bem definidas do que as mínimas de águas baixas que apresentam maior dispersão ao longo dos meses.

O gráfico decenal não mostra significativas diferenças entre as cotas decenais somente nos períodos de águas altas na década de 2000.

De acordo com o gráfico de normalização de cotas médias anuais. A relação entre as médias em função das máximas anuais a linha de tendência mostra-se um pouco intensa, porém na relação de médias em função das mínimas anuais a linha de tendência mostra estável nas cotas ao longo da série histórica.

E. Rio Jiparaná

6. Estação: 15560000 = Jiparaná (JIP)

Localiza-se no rio Jiparaná (tributário do rio Madeira), situa-se no município de Jiparaná/RO. Os dados fluviométricos trabalhados nesta estação foram de 25 anos (ANEXO 2.6).

As séries de cotas puras para esta estação apresentaram um único pico de cheia e vazante com períodos expressivos de repique no ano civil.

Para esta estação os picos de águas altas ocorrem predominantemente em março (45%) seguido de fevereiro de (25%). Os picos de águas baixas ocorrem em setembro (50%), seguido de outubro (30%).

As séries com médias decenais não apontam grande variação ao longo dos 31 anos com exceção do primeiro trimestre da última década. O que indica uma suave intensificação de cheias.

As séries anuais normalizadas em função da média para esta estação apontam uma leve tendência de intensificação de águas altas e baixas. Porém em geral tais tendências são estáveis aos índices normalizados.

E. Rio Jiparaná

7. Estação: 15580000 = Tabajara (Madeira)

Localiza-se no rio Jiparaná (tributário do rio Madeira), situa-se no município de Machadinho D'Oeste/RO. Os dados fluviométricos trabalhados nesta estação foram de 24 (ANEXO 2.7).

Na estação as séries puras interanuais apresentaram um único pico de cheia e vazante ao longo do ano também com presença de vários repiquetes.

O gráfico de séries de médias decenais apontam suaves diferenças nos picos de cheia ao longo das 3 décadas. Ocorrendo uma sensível intensificação de cotas máximas medianas.

Nesta estação a linha de tendência de mínimas em função das médias apresenta uma inclinação maior que na relação de máximas com as médias.

F. Rio Aripuanã

8. Estação: 15800000 = Boca do Guariba (Aripuanã) - BGA

A estação de Boca do Guariba localiza-se no município de Apuí no estado do Amazonas. Os dados analisados nesta estação constituem um período de 29 anos (ANEXO 2.8).

As séries de médias diárias interanuais apontam um único pico de cheia e vazante ao longo do ano civil. As médias de máximas evidenciam um maior número de repiquetes nesta variável.

Nesta estação foi observada a maior ocorrência de máximas de águas altas no mês de abril (68%) e março (30%). Para águas baixas o mês de outubro (60%).

Nas séries de médias decenais esta estação não apresenta mudanças ao longo das décadas. Apresentando as séries bem alinhadas tanto para cheias quanto para as vazantes.

Para esta estação os dados normalizados anuais indicam uma tendência em longo prazo, os gráficos apontam uma suave tendência de cheia e uma predisposição a intensificação de secas.

G. Rio Sucunduri

9. Estação: 15910000 Sucunduri (Sucunduri) - SUC

A estação de Sucunduri está às margens do rio Sucunduri no município de Apuí no estado do Amazonas. Os dados trabalhados nesta estação foram de 29 anos (ANEXO 2.9).

A estação apresenta um único pico de cheia e vazante, porém suas séries apresentam grandes influências de repiquetes e resíduos se tratando se um tributário com visível interferência do escoamento de canais intermitentes.

Para a esta estação o mês de maior ocorrência de águas altas é abril (38%) seguido de março (32%) e fevereiro (28%) estes dados apontam uma maior dispersão de máximas de enchente.

Para as águas baixas os meses de maior ocorrência são setembro (60%) seguido de outubro com (40%), mostrando que ocorre menor dispersão dos picos de vazante em relação os de enchente.

Para a estação o primeiro trimestre de águas altas aponta um pequeno deslocamento do pico de cheia do término de fevereiro para início de abril na última década. Ao longo das décadas as séries não apontam mais mudanças significativas.

No gráfico de séries anuais normalizadas são visíveis linhas de tendências suaves ao longo das séries. O que não apontam mudanças significativas ao longo dos 31 anos.

G. Rio Marmelos

10. Estação: 15670000 - Nova Esperança (Marmelos) – NVE

A estação de Nova Esperança está localizada as margens do Rio Marmelos entre os municípios de Humaitá e Manicoré no estado do Amazonas. Os dados trabalhados nesta estação são de 23 anos (ANEXO 2.10).

A estação apresenta um único pico de cheia e vazante ao longo do ano civil. Dentre as estações localizadas em tributários apresentou a maior amplitude de cotas com cerca de 14 m. Talvez isso ocorre devido a proximidade, portanto influencia do rio principal.

A maior ocorrência e predomínio de picos de enchente no mês de abril (70%), enquanto que o pico de águas baixas ocorre no mês de outubro(54%) seguido de setembro (33%) e ainda nos meses de novembro e dezembro, o que indica uma distribuição mais ampla dos picos de águas baixas.

As séries médias decenais apontam cotas maiores de cheias na década de 1980 para esta estação após este período as máximas apontam um declínio e estabilidade.

6. 2. 2 Rio Principal: Rio Madeira

1. Estação: 15320002 = Abunã (Madeira) – ABU

A estação de Abunã está localizada no Rio Madeira no Distrito de Abunã em Porto Velho no estado de Rondônia. Os dados trabalhados nesta estação são de 24 completos (ANEXO 2.11).

As séries diárias interanuais apontam que esta estação apresenta um único pico de cheia e vazante e assim como a maioria das estações apresenta séries com ocorrência de repiquetes.

A estação de apresenta suaves oscilações ao longo das séries decenais e aponta uma pequena diminuição nos valores de cotas na última década principalmente no trimestre de vazante.

A tendência em longo prazo apresenta suave intensificação para as linhas de máximas e mínimas, mas em geral são estáveis ao longo da série histórica.

2. Estação: 15400000 - Porto Velho (Madeira) – PVH

A estação de Porto Velho é localizada no Rio Madeira no município de Porto Velho no estado de Rondônia. Apresentou a série de dados mais completa dentre as estações analisadas com os 31 anos completos (ANEXO 2.12).

As séries de cotas interanuais apontam um único pico de cheia e vazante ao longo da série histórica. Os meses de maior ocorrência de águas altas é abril (60%) seguido de março (38%), esta estação apresenta o pico de cheia bem marcado com predomínio em abril. Para águas baixas isso também ocorre com o predomínio no mês de setembro (62%) seguido de outubro (28%).

As séries decenais apresentam uma redução dos valores de cotas nas últimas décadas, principalmente nos trimestres de vazante.

O gráfico de tendência em longo prazo indicam uma estabilidade na linha de tendência de cheias e uma intensificação na linha de águas baixas nesta estação.

3. Estação: 15630000 = Humaitá (Madeira)

A estação de Humaitá é localizada no Rio Madeira no município de Humaitá no estado do Amazonas. Os dados analisados foram de 28 completos (ANEXO 2.13).

As séries interanuais de cotas fluviométricas apontam um único pico de cheia e vazante e regulares períodos de repique ao longo da série histórica.

Esta estação apresentou máximas de águas altas e mínimas de águas baixas bem definidas. Os picos de águas altas nesta estação ocorrem no mês de abril (68%) e março (32%), enquanto que os de águas baixas ocorrem predominantemente no mês de outubro (60%).

As séries decenais apresentam uma redução nos valores de cotas nas últimas décadas para águas baixas e uma estabilidade nos valores de águas altas.

A estação de Humaitá apresentam suave intensificação das linhas de tendências tanto para cheias quanto para secas em longo prazo.

4. Estação: 15700000 = Manicoré (Madeira)

A estação de Manicoré é localizada no Rio Madeira no município de Manicoré no estado do Amazonas. Os dados analisados nesta estação foram de 27 anos (ANEXO 2.14).

A estação apresentou os maiores valores de amplitude das estações analisadas. Suas séries diárias interanuais apontam um único pico de cheia e vazante durante o ano. A estação apresenta o pico de águas alto bem definido no mês de abril (80%) e para águas baixas no mês de outubro (60%) seguido de setembro (40%).

Nas séries decenais um acréscimo sensível aos valores de cotas ao contrário do que ocorre nas outras estações a montante. A estação de Manicoré apresentou valores de cotas anuais normalizados com linha de tendência estável ao longo da série histórica.

5. Estação: 15860000 - Fazenda Vista Alegre – FVA

A estação Fazenda Vista Alegre está localizada no Rio Madeira no município de Novo Aripuanã no estado do Amazonas. Os dados trabalhados nesta estação foram de 31 anos (ANEXO 2.15).

Esta estação apresenta um único pico de cheia e vazante ao longo do ano e suaves pico de repiquete.

Esta estação apresenta a ocorrência de máximas de águas altas e mínimas de águas baixas bem definidas. Para águas altas ocorre o predomínio do mês de abril (70%) e para águas baixas a maior ocorrência se dá no mês de outubro (65%).

Nas séries decenais é observado uma estabilidade nas cotas do período de enchente enquanto que uma redução nos valores de cotas no trimestre de vazante nas últimas décadas.

O gráfico de cotas anuais normalizadas apontam linhas de tendência estáveis ao longo dos trinta anos.

6. Estação: 15900000 - Borba (Madeira) BOR

A estação de Borba é localizada no Rio Madeira na frente da cidade de Borba no estado do Amazonas. Os dados analisados foram de 31 anos, ou seja, todos os anos propostos nesta pesquisa (ANEXO 2.16).

As séries diárias interanuais desta estação apontam um único pico de cheia e vazante ao longo do ano.

Os predomínios de picos de águas altas ocorrem no mês de abril (52%) seguido do mês de março (45%), para águas baixas a ocorrência de mínimas é maior no mês de outubro. Existe uma definição do mês para águas baixas enquanto que para águas altas a ocorrência praticamente se equilibra nos meses de abril e maio.

As séries de cotas decenais não apontam mudanças significativas ao longo das décadas, somente no último trimestre de vazante nas médias das últimas décadas ocorre uma diminuição dos valores de cotas.

7. Estação: 15940000 - Nova Olinda do Norte (Madeira) NOV

A estação de Nova Olinda do Norte é localizada no Rio Madeira no município de Nova Olinda do Norte no estado do Amazonas. Os dados trabalhados nesta estação foram de apenas 15 anos (ANEXO 2.17). Sua utilização se justifica pelo sua localização, pois não existem estações de cotas com períodos significativos de dados localizadas na foz do Rio Madeira.

As séries diárias interanuais apontam um único pico de enchente e vazante durante o ano civil.

A estação de Nova Olinda do Norte apresenta a ocorrência de águas alta bem definida no mês de maio (90%). Enquanto que as águas baixas ocorrem em sua maior parte no mês de outubro (68%).

Observando as séries decenais pode-se descrever certa estabilidade ao longo das décadas com uma suave diminuição nas cotas do último trimestre de vazante na estação de Nova Olinda.

As cotas anuais normalizadas representadas no gráfico abaixo apontam estabilidade das linhas de tendências tanto para enchentes quanto para vazante ao longo dos 15 anos de dados.

6.3 Avaliações Gerais do Regime Fluviométrico da bacia do Madeira

6.3.1 Variabilidade das alturas de águas ou amplitude das variações de cotas

Neste tópico a análise foi feita utilizando as séries de dados diárias interanuais. A análise das estações da bacia do Rio Madeira apresentam diferenças quanto à variabilidade das cotas principalmente quando comparamos as estações do curso principal e estações localizadas em tributários, estas apresentando maior número de oscilações durante a série. Isto ocorre, uma vez que, os tributários são mais susceptíveis as variações, pois escoam águas das áreas coletoras de cursos intermitentes e perenes, tendo em vista que estes possuem menores áreas de drenagem (ANEXO 1).

Outra diferença evidenciada nas cotas das estações do Rio Principal é quanto à amplitude. As amplitudes médias e máximas são maiores nas estações do Rio Madeira, tendo em vista que recebem vazões de vários tributários, recebendo um grande volume d'água. O clima também é importante para entender estas características, pois a bacia do Rio Madeira é muito ampla e se estende por área de diferentes tipos climáticos, drenando terrenos com diferenciada distribuição de precipitação.

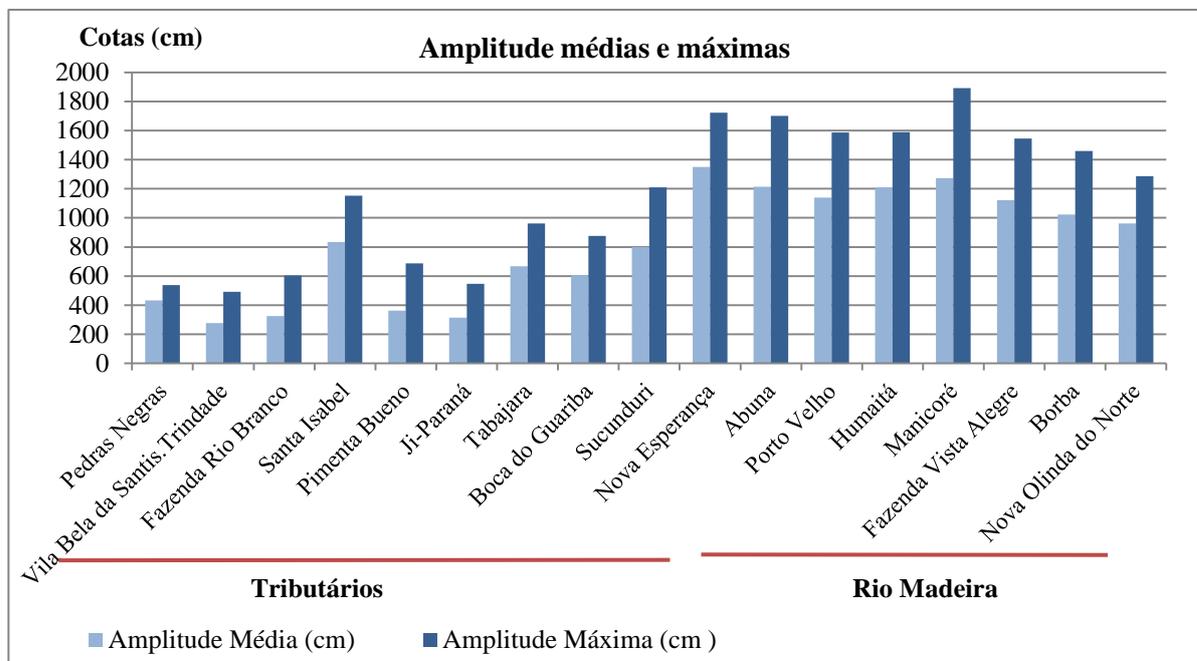


Figura 39: Amplitudes médias e máximas das cotas interanuais diárias.

No curso principal também são observadas diferenças nas cotas de montante a jusante (FIGURA 39) devido ao barramento hidráulico do Solimões/Amazonas sobre a foz do

Madeira, a propagação da onda é arrefecida a medida da proximidade com a foz. Até mesmo a incidência das oscilações é reduzida diante da constatação do barramento hidráulico, pois as estações a jusante os efeitos de repiquete são pouco observados durante a série.

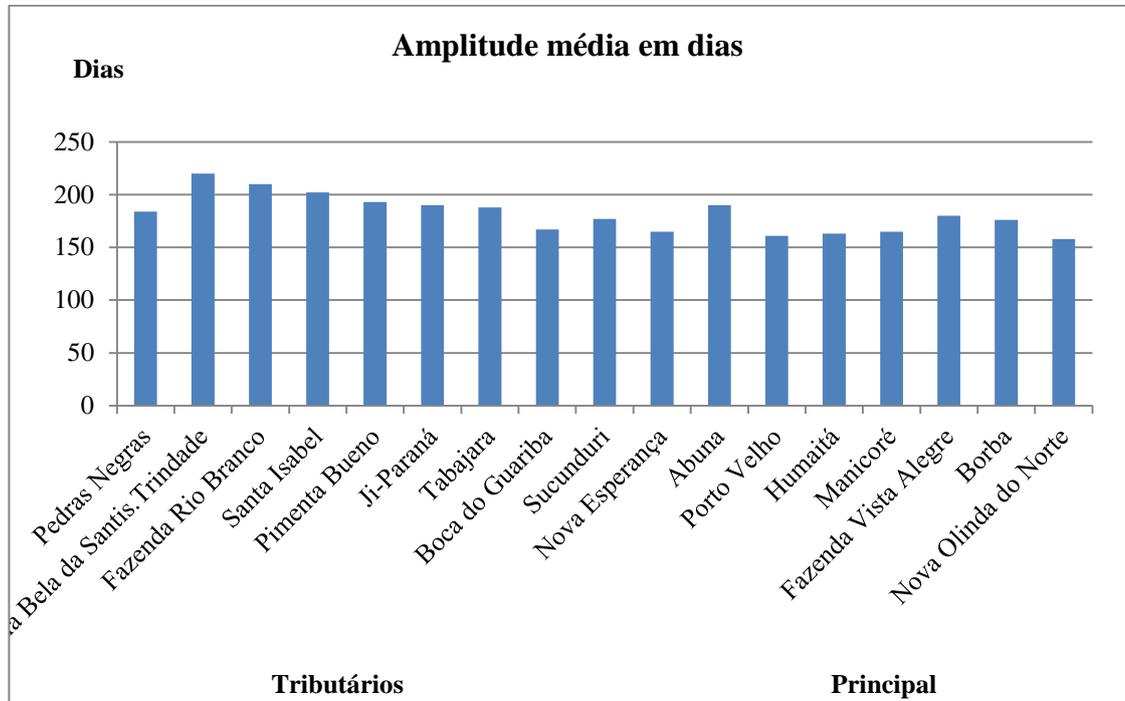


Figura 40: Amplitudes médias em dias do período entre máximas e mínimas das cotas interanuais diárias.

De acordo com o gráfico acima o período entre as máximas de cheia e mínimas de vazante vão de 170 a 220 dias, sendo que esse intervalo nos tributários é sensivelmente maior em relação ao curso principal.

Os valores de cotas mensais normalizados destacam os meses de ocorrências gerais de máximas de águas altas e mínimas de águas baixas (FIGURA 41). Os gráficos espacializados permitiram a comparação e a regionalização do comportamento dos regimes das estações (FIGURA 42 A e B). Nas estações localizadas nos tributários a ocorrência dos picos de águas altas e baixas é mais difusa entre os meses que nas estações do curso principal.

A maior parte das estações da Bacia do Madeira apresenta período de enchente nos meses de março, abril e maio tendo o pico de cheia em abril e período de vazante nos meses de setembro e outubro. Os cotogramas das estações fluviométricas mostram um único pico de cheia e vazante.

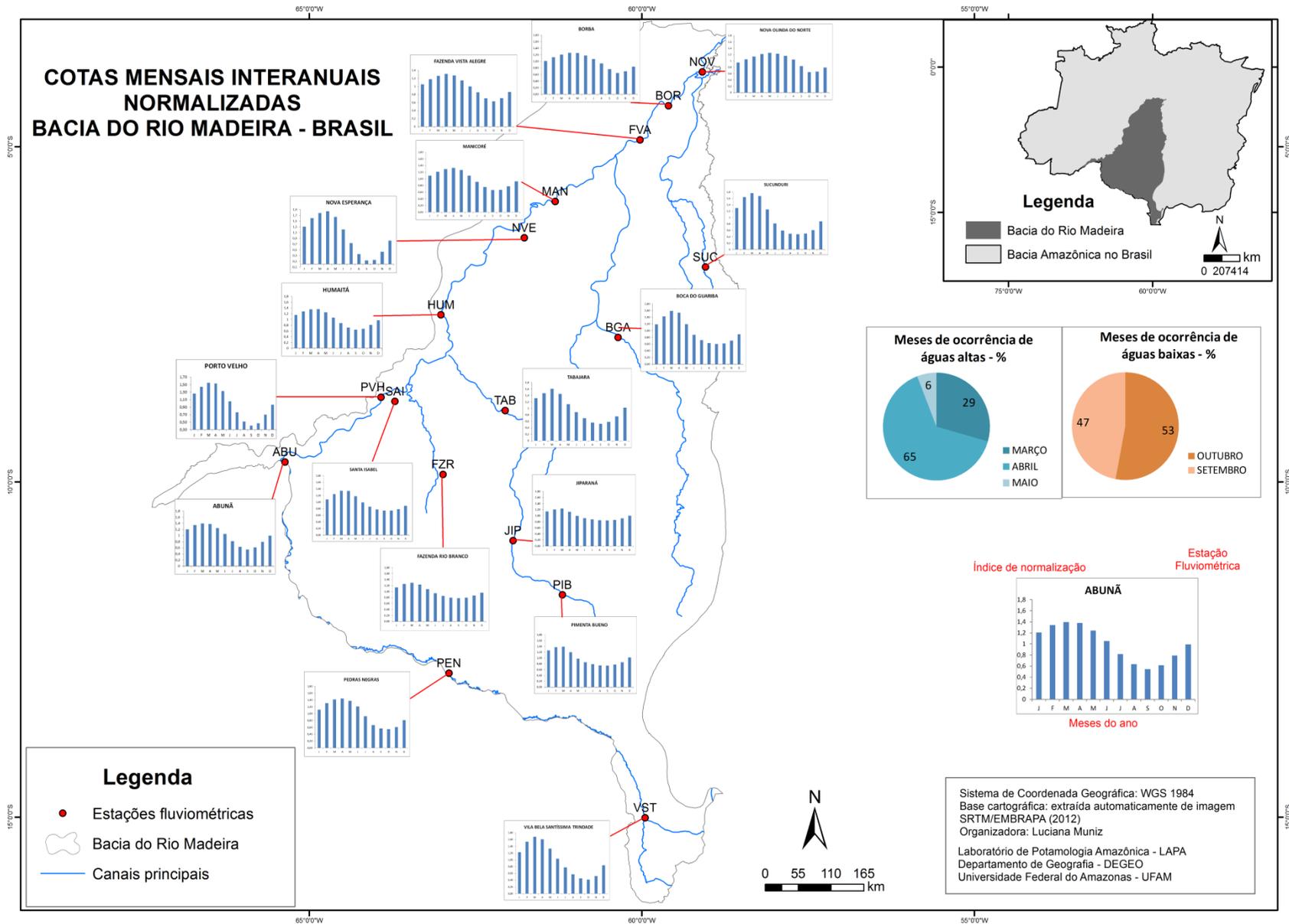


Figura 41: Mapa de cotas mensais interanuais normalizadas. Neste trabalho.

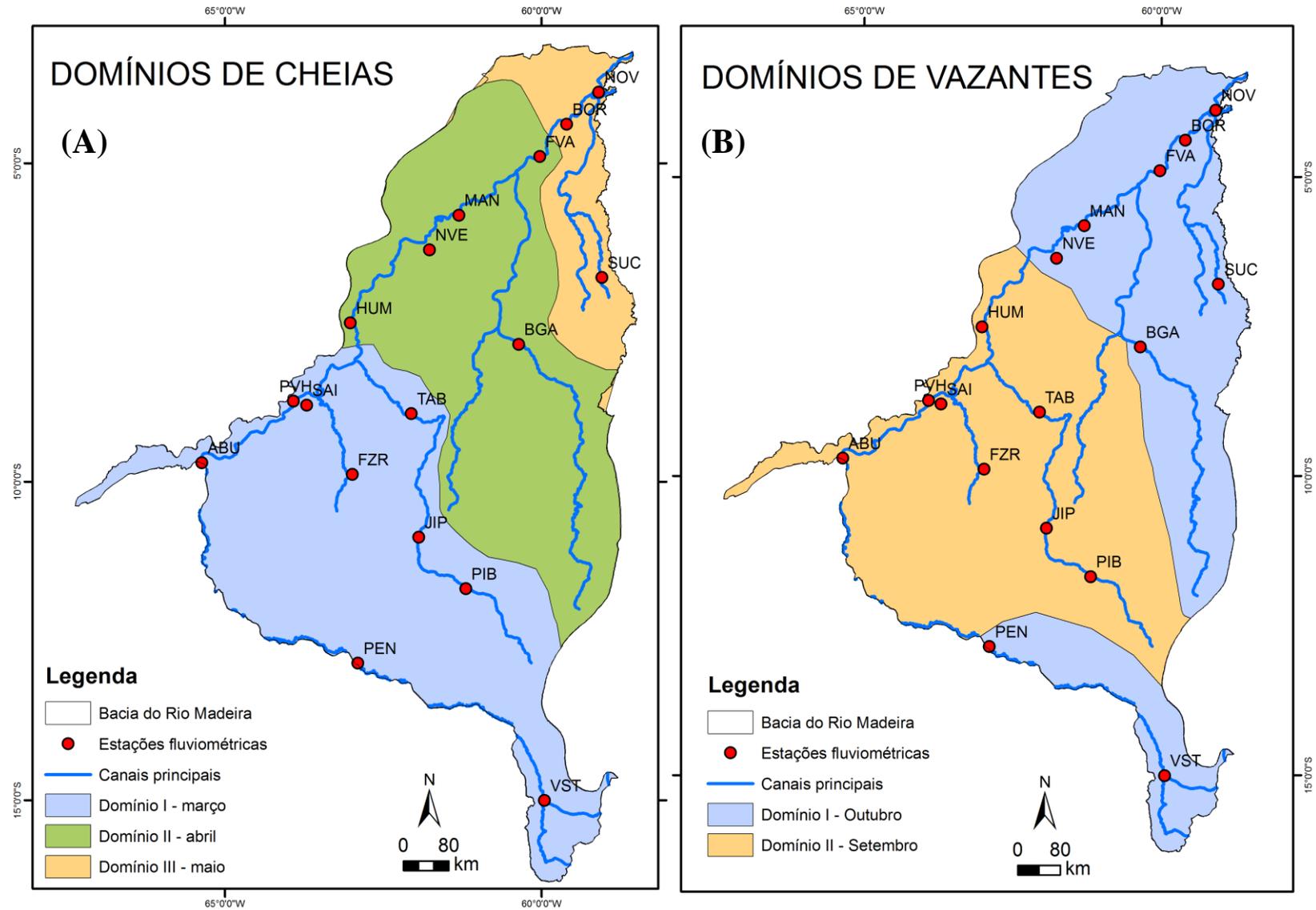


Figura 42: Mapa de classificação de domínios de cheias (A) e Domínios de Vazantes (B) na Bacia do Rio Madeira. Neste trabalho.

Considerando todas as estações, ao observar os meses de picos de águas altas foi possível agrupar estações, dividindo a bacia em regiões. Observaram-se para águas altas, uma gradual propagação nas máximas de cotas fluviométricas de montante para jusante no rio principal. No mapa de domínio de águas altas (FIGURA 42/A) verificou-se que a bacia apresenta 3 zonas de domínio de águas bem definidas. As estações contempladas nas zonas I, II, e III apresentam picos máximas, respectivamente nos meses de março, abril e maio.

O entendimento dado seria que o Domínio I estaria vinculado ao escoamento resultante do período final de chuvas nesta área da bacia (março), o Domínio II ao escoamento acumulado no médio curso (abril) e o Domínio III o resultado da propagação mais o efeito de remanso do Rio Amazonas.

Para as águas baixas (FIGURA 42/B) verificou-se que não ocorre uma definição dos meses de valores mínimos como ocorre para as águas altas com as observações dos picos de águas baixas foi possível obter duas regiões no qual denominamos Domínios I e II, comumente estes ocorrem em setembro na maioria das estações e em outubro nas estações a jusante.

Devido à disposição e quantidade de estações na área da bacia fez-se a representação dos picos de águas altas e baixas no curso principal do Madeira. Os gráficos (FIGURA 43) representam os momentos máximos de águas altas e os mínimos de águas baixas utilizando cotas normalizadas.

O gráfico mostra uma propagação suave de montante para a jusante tanto para as águas baixas quanto para as águas altas. Porém, na estação de Porto Velho é visível os índices maiores para as águas altas e menores para as águas baixas em relação as demais estações.

A explicação para os valores normalizados mais intensos em Porto Velho pode está relacionado aos parâmetros hidráulicos da seção ou elevação provocada pelo represamento do curso ou ponto de estrangulamento.

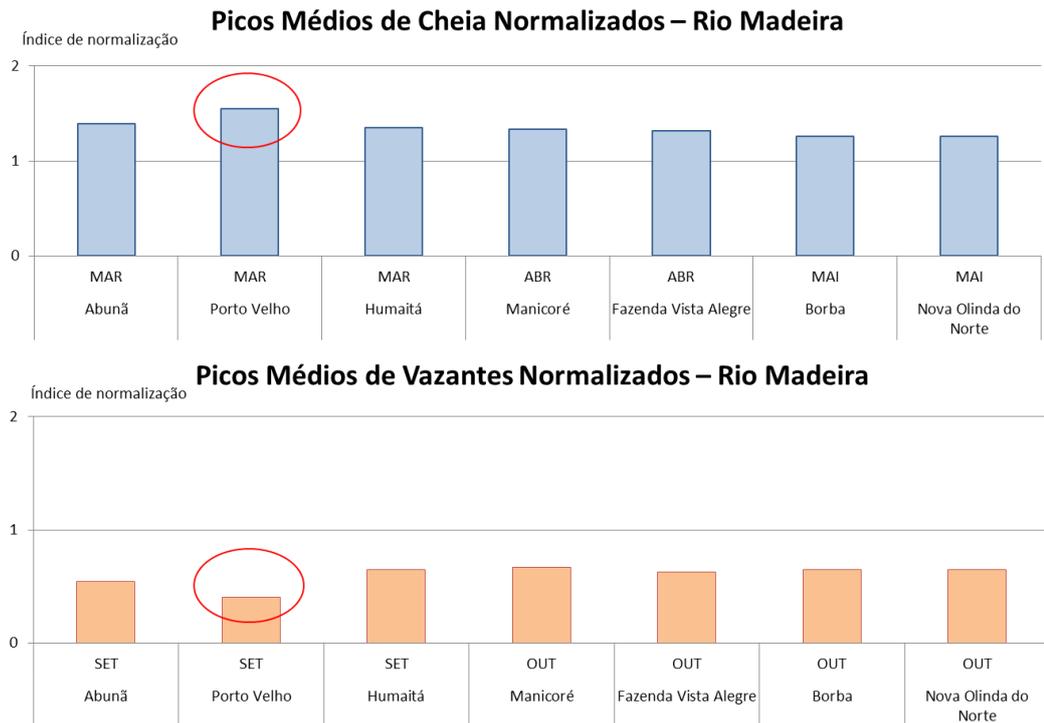


Figura 43: Normalização de águas altas de cotas médias mensais para as estações no Rio Madeira. Org. Luciana Muniz. Neste trabalho.

Ao investigar a localização desta estação e a contribuição possível das demais estações adjacentes, verificou-se a existência de uma provável influência das características geológicas e geomorfológicas neste trecho, pois a estação de Porto Velho localiza-se em uma área com o substrato rochoso mais resistente (cráton neoproterozoico) como mostra o mapa de Unidades Morfoestruturais (FIGURA11B) o que pode ter definido o encaixe do canal.

6.4 Avaliação Geral de Tendência em longo prazo dos Regimes Fluviométrico Anuais das estações da bacia do Rio Madeira

Os gráficos de máximas e mínimas anuais em relação à média interanual mostram as tendências em longo prazo para as estações durante a série histórica analisada (FIGURA 44).

Para as águas altas e baixas, as linhas de tendência lineares nos gráficos evidenciam estabilidade das máximas e mínimas na maior parte das estações analisadas. As maiores inclinações nas linhas de tendência estão nas estações de tributários que apresentam em geral menores áreas de drenagem (ANEXO 1) e conseqüentemente maior influencia das chuvas nestas áreas e a presença de ruídos nas séries históricas.

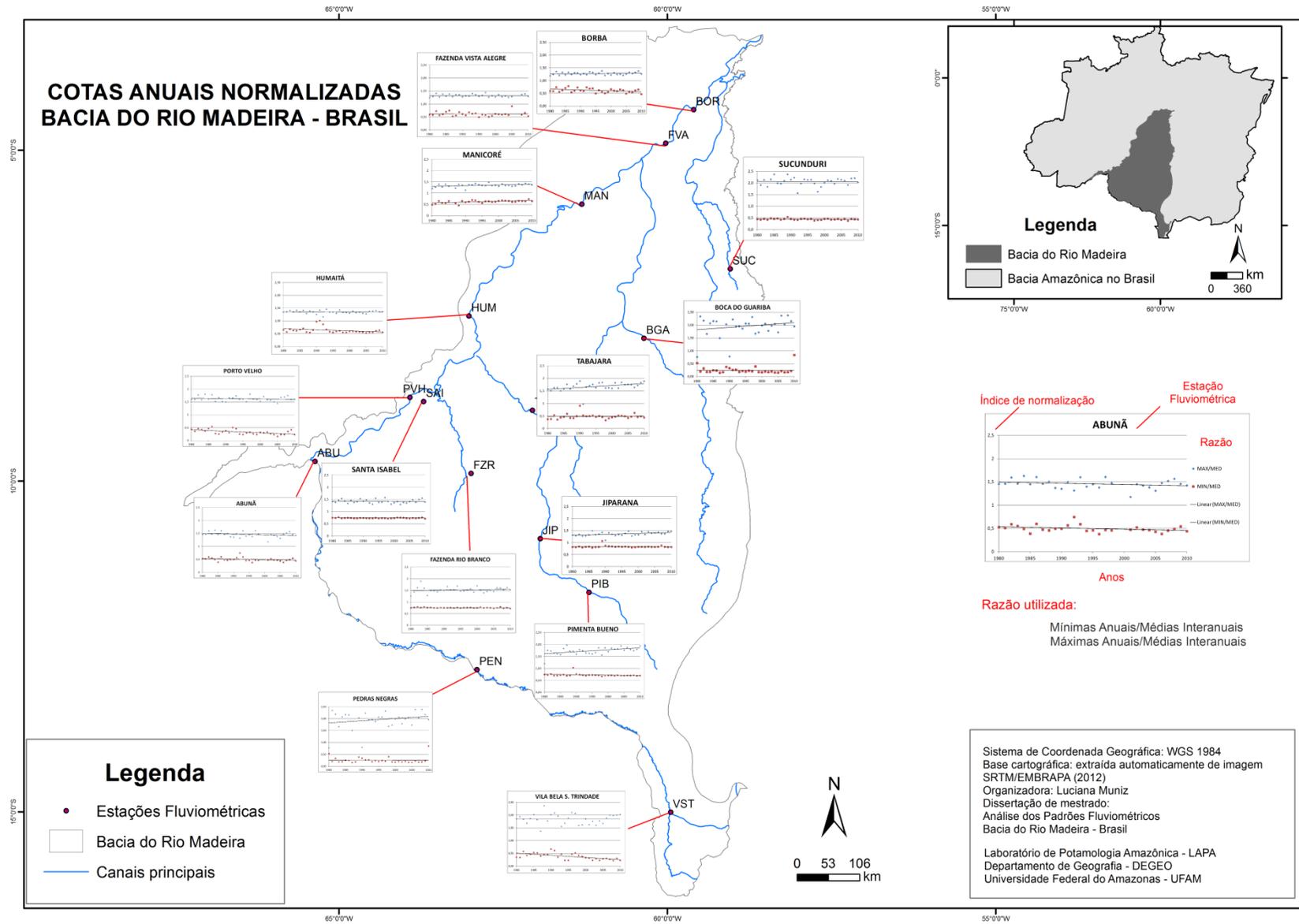


Figura 44: Mapa de tendência em longo prazo com dados de cotas mínimas e máximas divididas pela média interanual (1980-2010).

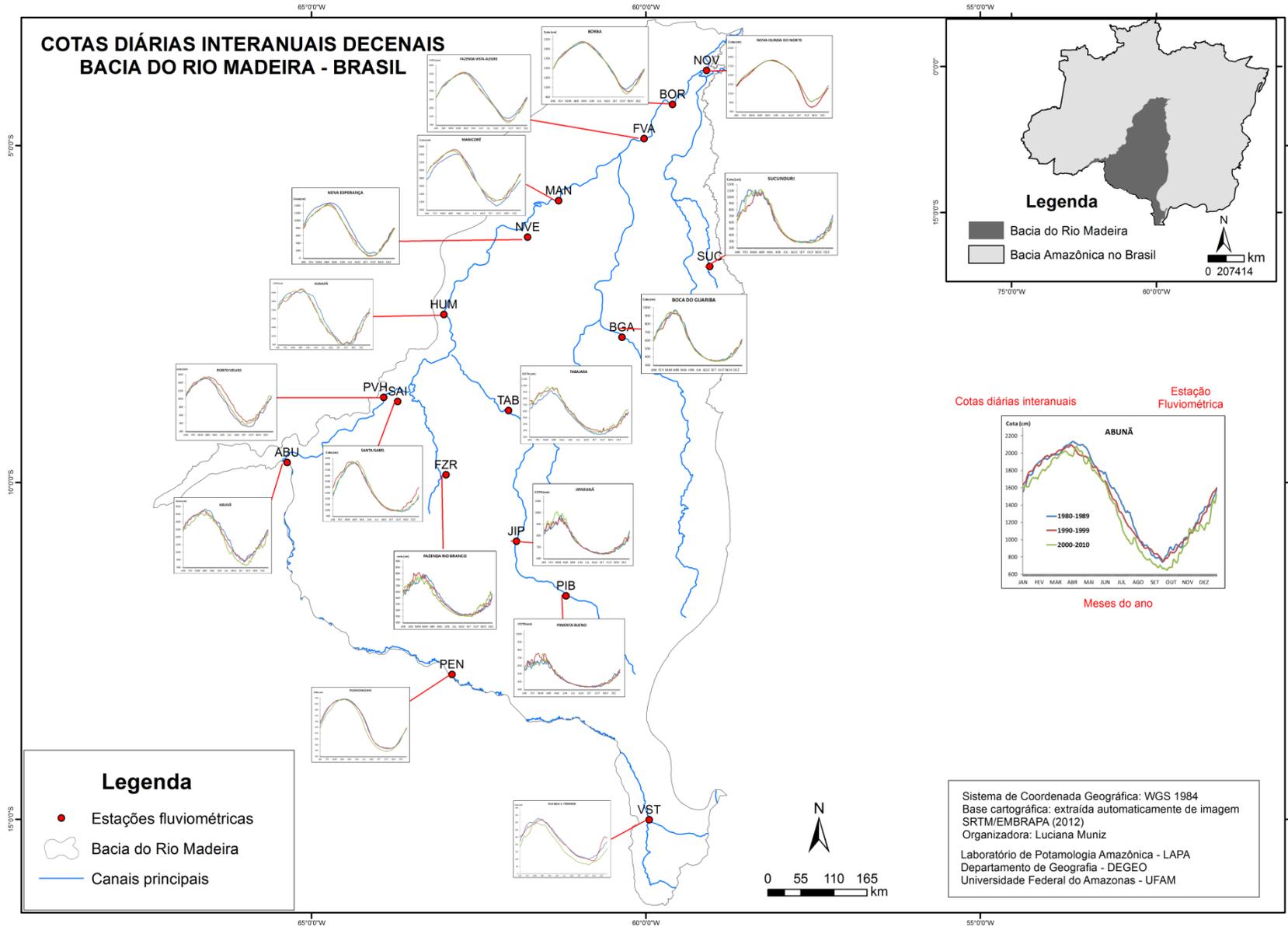


Figura 45: Mapa de cotas “puras” interanuais decenais.

Por meio dos gráficos de séries puras interanuais decenais, verificar-se uma sensível mudança nos valores de cotas entre as décadas (FIGURA 45). Para as águas altas percebe-se que a década de 90 mostra-se suavemente acima das demais, tendo em vista que a maior série registrada foi no ano de 1997. As oscilações de valores também são maiores nas últimas décadas para as estações a montante e de tributários na parte central da bacia.

Para as águas baixas foi possível verificar em geral uma intensificação nos eventos de secas, principalmente nas áreas a montante e na parte central da bacia. Os gráficos de cotas decenais apontaram na diminuição dos valores de cotas no trimestre de vazantes na última década para a maioria das estações da área da bacia, lembrando que os 2 eventos de seca registrados foram em 2005 e 2010.

Uma das explicações apontadas pode ser o avanço do desmatamento (FIGURA 18) nestas porções da bacia nos últimos anos. Segundo os dados populacionais do IBGE (2010a) é evidente o aumento da população na área da bacia com cerca de 14% de aumento no estado de Rondônia e cerca de 21% nos demais estados, aumento que resulta na ocupação maior de novas áreas do território.

Segundo dados disponíveis do IBGE (2010a) o desflorestamento vem diminuindo significativamente na Amazônia, porém o estado do Mato Grosso encontra-se no chamado “arco de desflorestamento”. Com um produto bruto de desflorestamento de 828 km² seguido do estado de Rondônia com cerca de 427 km² (ver em caracterização da área de estudo). O que pode ter acarretado em mudanças nas condições de drenagem na área da bacia.

7. Análise de eventos fluviométricos extremos

7.1 Avaliação de eventos extremos segundo os dados fluviométricos

As distribuições temporal e espacial da precipitação são as principais condições climatológicas. A disponibilidade de precipitação em uma bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, para o controle de inundações e a erosão do solo (TUCCI, 2007).

Portanto as condições climatológicas e os fenômenos que influenciam são extremamente importantes para conhecer o regime hidrológico. De acordo com Marengo (2003) e Ronchail *et al* (2005) a variabilidade interanual de precipitação é fortemente

relacionada a eventos do tipo ENSO no Pacífico e da alteração também da temperatura do oceano Atlântico.

Observando a tabela dos 10 anos de séries históricas para águas altas e águas baixas identificamos os anos mais importantes para toda a série e confrontamos alguns casos com a literatura de pontuações de eventos hidroclimáticos.

Verificou-se que os eventos de cheias são mais frequentes na bacia do Rio Madeira do que os de seca. As 3 cheias mais importantes para toda a área da bacia segundo os dados fluviométricos são 1997, 2006 e 2009. Sendo que o ano de 1993 aparece em destaque nas estações localizadas no estado do Amazonas a jusante da bacia, mas não nas estações no estado de Rondônia.

O ano que apresentou maiores valores na série histórica é o de 1997 perpassando até mesmo o ano mais difundido na mídia de 2012.

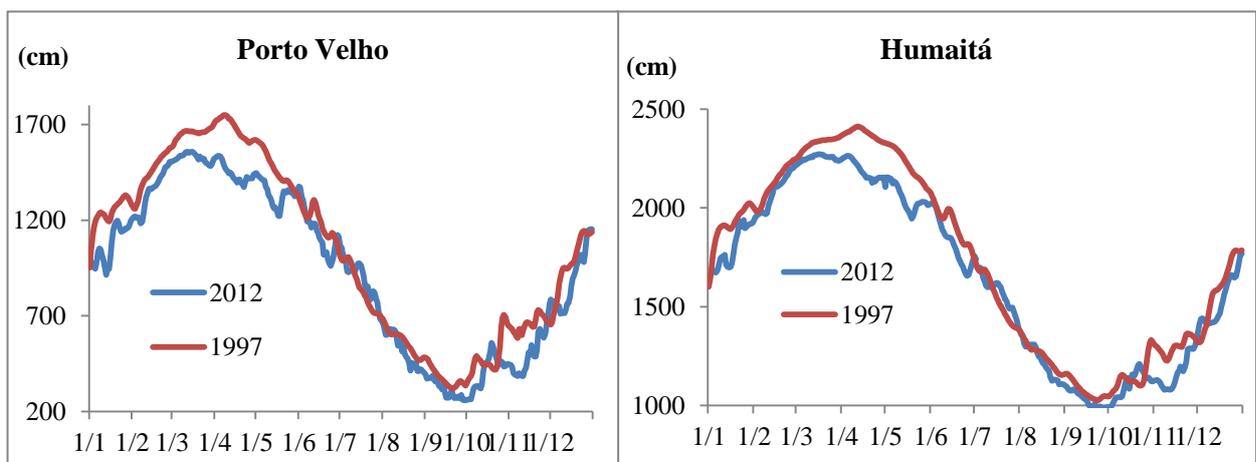


Figura 46: Comparativo de cotas “puras” diárias do ano de 1997 e 2012 para as estações de Porto Velho/RO e Humaitá/AM. Fonte: ANA/ Rios Online (2013).

O comparativo foi realizado somente nas duas estações, pois os dados de cotas recentes ainda não estavam disponíveis nos bancos hidrológicos existentes.

A propagação da cheia de 1997 em dados puros dos meses de valores máximos (FIGURA 46). O comportamento da cheia em dados de cota é semelhante aos das médias normalizadas, lógico com acréscimo de valores devido tratar-se de um ano de evento extremo.

Na figura 47 mostra-se um breve comparativo de 4 estações no curso principal (sob a referência do nível da estação mais a jusante) nota-se o e arrefecimento das oscilações com a proximidade da foz.

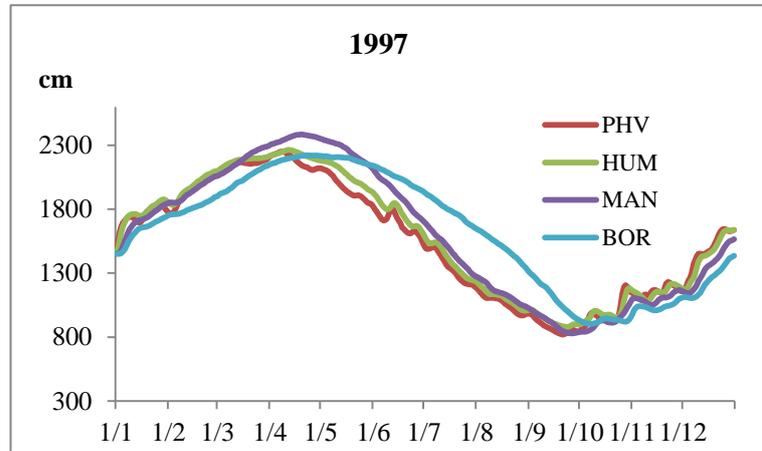


Figura 47: Propagação da cheia de 1997 ao longo do Rio Madeira.

Da estação de Abunã a Nova Olinda do Norte com exceção de Porto Velho, o prolongamento da cheia ocorre de maneira esperada suavizando o sinal à medida que se aproxima do Amazonas.

No entanto na estação de Porto Velho é destacada a intensidade do evento em relação às demais estações, como ocorre nas médias normalizadas devido à propagação do sinal dos contribuintes bolivianos como acontece nas cotas médias normalizadas.

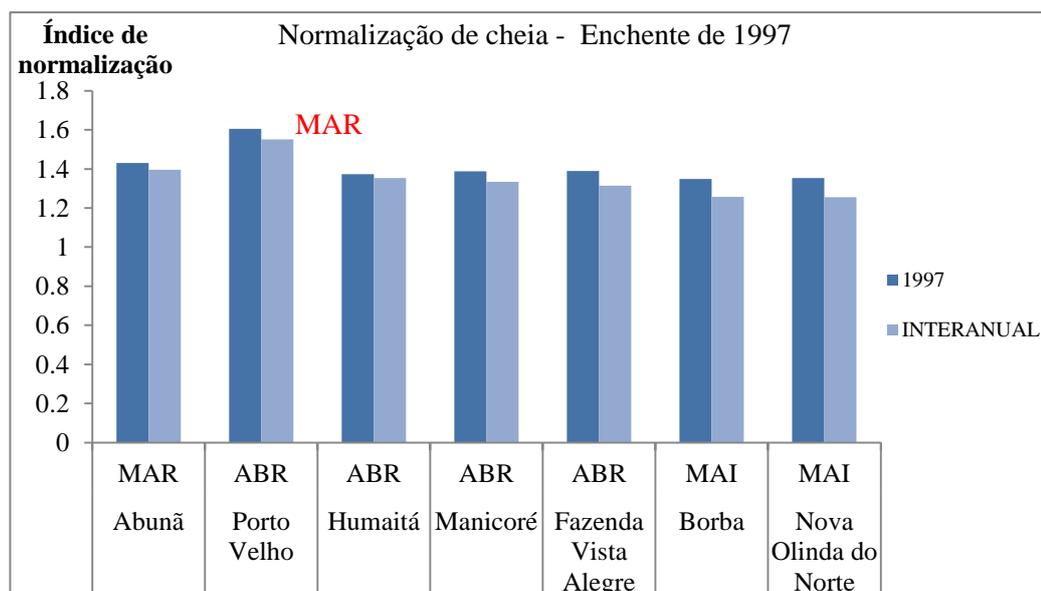


Figura 48: Propagação dos picos de cheia de 1997 ao longo do Rio Madeira (dados normalizados).

O ano de 1997 segundo o boletim Climatológico CPTEC/INPE (1997) foi um ano de El Niño marcado pelo aumento da temperatura do Pacífico. O que geralmente promove seca na maior parte da Amazônia, na bacia do Rio Madeira promove períodos chuvosos, isso ocorre porque a resposta ao sinal de El Niño e La Niña é oposta ao restante da Amazônia.

“Em 1997-98, incêndios associados a uma seca excepcional causados pelo El Niño devastaram grandes áreas das florestas tropicais no norte e no leste da Amazônia (Nepstad et al. 1999 *apud* Marengo, 2003 p. 10)”.

O evento de ENOS na maior parte da Amazônia brasileira neste ano apontava secas severas, porém na bacia do Madeira o evento foi de cheia.

A explicação pode está no regime de chuvas nesta bacia. Segundo Gyout (1993) os rios Mamoré e Madre de Dios formadores do Rio Madeira na Bolívia, recebem o que denomina de “sinal andino”. Na área estudada da bacia do Madeira na Bolívia o autor identifica o predomínio em 49% do débito de escoamento de origem andina.

Neste sentido, assume-se um sistema misto de condições climáticas no caso desta bacia, a influência da Alta da Bolívia descrita por Andrade (2008) e das condições climáticas do sul da Amazônia. Verificou-se também que durante o evento extremo as estações de Porto Velho e Humaitá apresentaram máximas no mês de abril, ou seja, atrasadas em relação às máximas em anos ditos normais que ocorrem no mês de março.

Quanto aos eventos extremos de secas, de acordo com os dados fluviométricos analisados, destacamos os anos de 2005 e 2010 como os mais importantes para a bacia hidrográfica do Rio Madeira.

Estes eventos de seca se mostraram impactantes sobre a sociedade. Verificou-se que os anos de eventos extremos estão associados ao aumento da temperatura das águas do Atlântico Tropical.

“Ao contrário dessas secas, as de 2005, assim como as de 1963-64 e de 1979-1981 não ocorreram em associação a eventos do El Niño. Em 2005, grandes partes do sudoeste da Amazônia sofreram uma das secas mais intensas dos últimos cem anos. A seca afetou gravemente a população humana ao longo do canal principal do rio Amazonas e seus tributários orientais e ocidentais, o Solimões, também conhecido como Rio Amazonas nos outros países da Amazônia, e o Rio Madeira. Os níveis fluviais chegaram aos mais baixos da história, e a navegação ao longo desses rios teve que ser suspensa, isolando vilarejos e afetando o turismo e as moradias ao longo dos rios Solimões e Madeira” (MARENGO, 2009 pag.9).

Para a Amazônia a seca de 2010 foi citada como mais drástica que a de 2005, porém os dados de cotas puras mostram certo equilíbrio quanto intensidade destes eventos na bacia do Madeira.

Escolheu-se o ano de 2005 para analisar a propagação do evento de seca ao longo do Rio Madeira, tendo em vista que este ano ocorre em destaque na maior parte das estações.

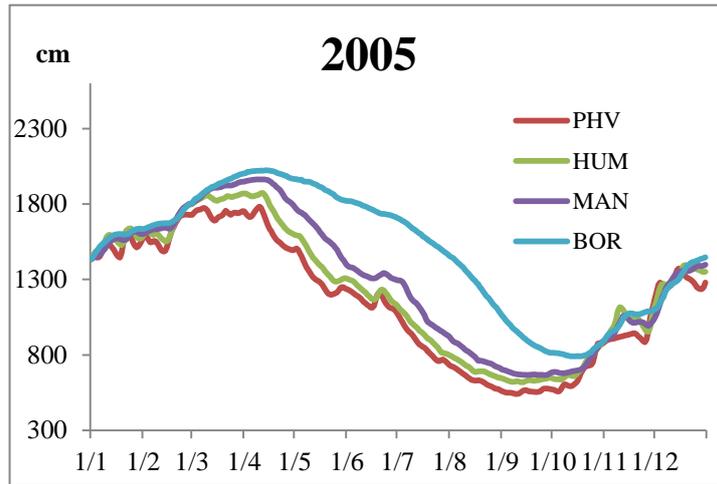


Figura 49: Acompanhamento da onda da seca de 2005 ao longo do Rio Madeira.

Observa na figura 49 com 4 estações do curso principal o mesmo comportamento de arrefecimento das séries quanto a proximidade da foz, porém o efeito de barramento é identificado como maior sobre estes ano de seca e as onda de seca são mais suave do que no ano de cheia.

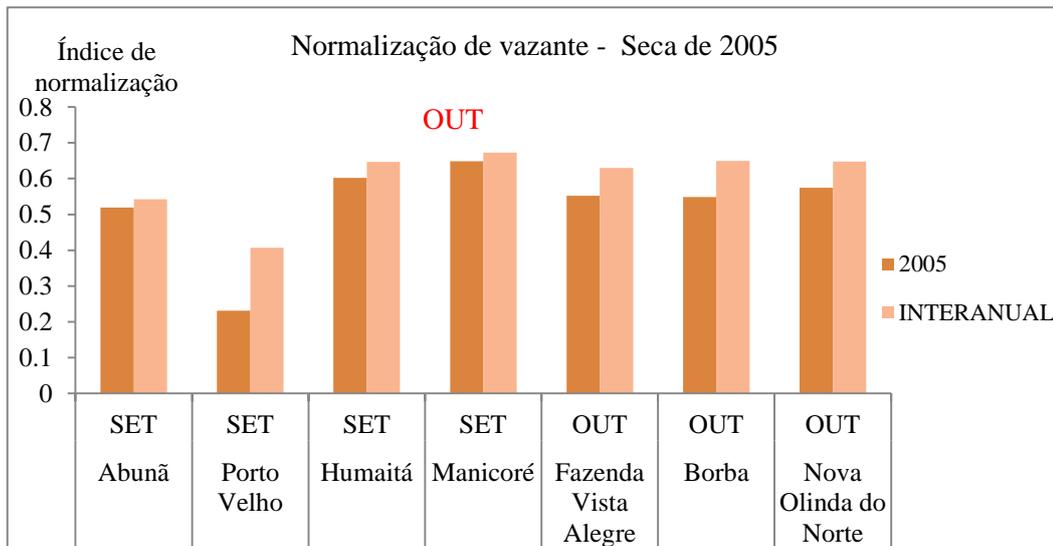


Figura 50: Representação do comportamento da seca de 2005 nas estações do Rio Madeira. Org. Luciana Muniz. Neste trabalho.

O comportamento das cotas normalizadas de vazante ao longo do Rio Madeira é suave na parte média à jusante da bacia. A montante nas estações de Abunã e Porto Velho o evento mostra-se mais intenso. Em Abunã devido à contribuição das estações de Pedras Negras e V. B. Santíssima Trindade e em Porto Velho a diferença das cotas mínimas e médias é maior que nas cheias. Neste ano de seca os valores mínimos na estação de Manicoré ocorrem em outubro sendo que em anos ditos como normais as cotas mínimas em média ocorrem em setembro.

7. 1.1 O caráter heterogêneo do regime fluviométrico da Bacia do Rio Madeira

Ao observarmos a lista dos dez maiores eventos para cada estação fluviométrica, verificou-se que os mesmos não ocorrem da mesma forma para todas as estações da área de estudo. Para esta análise destacamos exemplos de estações no Rio Madeira as demais poderão ser vistas em anexo.

-Observações a cerca de cheias: nesses dois casos (TABELA 5) o maior evento de cheia para a bacia é coincidente em primeiro nas duas estações, mas não acontece com os demais anos.

CHEIAS				
Nº	PORTO VELHO - RO		MANICORÉ – AM	
	Ano	Cota (cm)	Ano	Cota (cm)
1	1997	1750	01/07/1997	2726
2	1984	1744	01/07/1993	2634
3	1986	1725	01/07/2008	2632
4	1982	1714	01/07/2006	2610
5	2008	1694	01/07/2001	2598
6	1993	1683	01/07/2009	2580
7	2001	1654	01/07/1982	2570
8	2007	1641	01/07/1984	2569
9	2006	1623	01/07/1988	2560
10	1988	1618	01/07/1991	2532

Tabela 5: Lista com os maiores eventos de cheias para as estações de Porto Velho (RO) e Manicoré (AM), mostrando diferenças quanto à intensidade e importância do evento para cada estação.

De acordo com os gráficos de eventos (FIGURA 51) podemos observar a distribuição destes dos eventos a cada década.

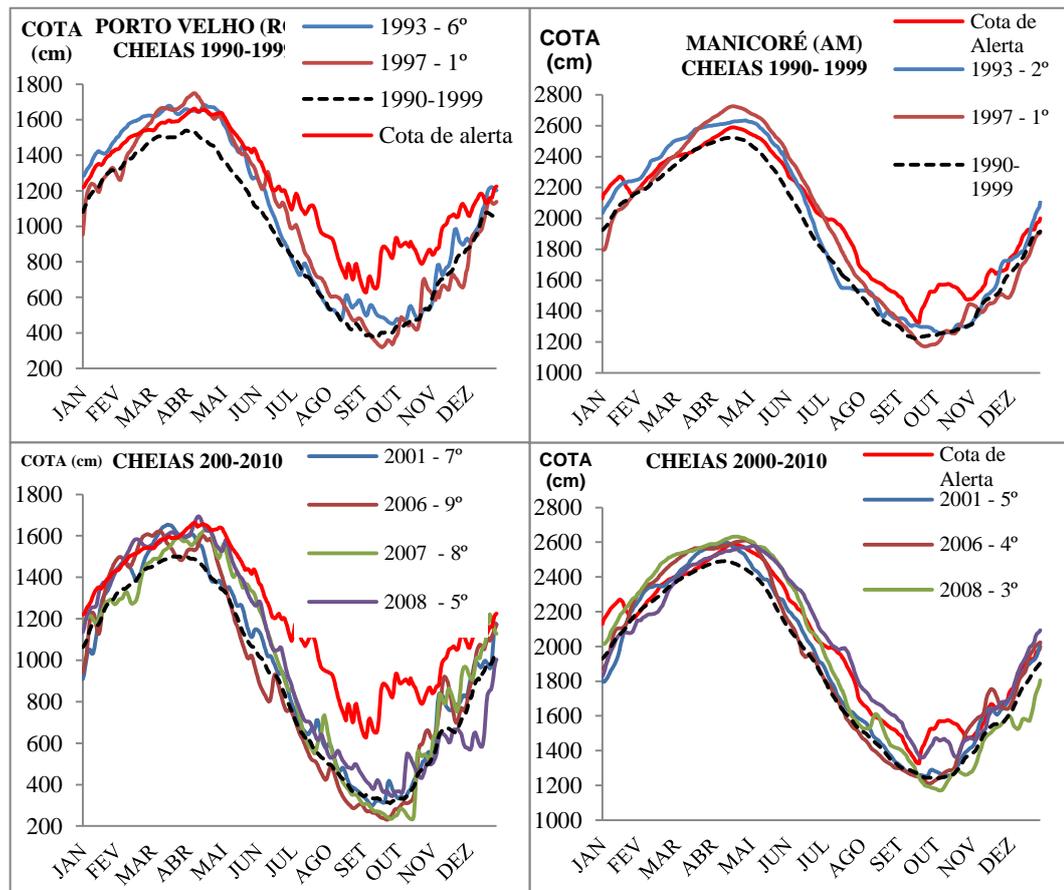


Figura 51: Gráficos decenais com os principais eventos de cheias nas estações de Porto Velho (RO) e Manicoré (AM).

Sobre as séries foi traçada a cota de alerta de 5% para as mínimas e de 95% para as máximas de acordo com a metodologia adotada pela ANA. Verificou-se nas estações acima:

Na estação de Porto Velho, na década de 1990 a 1999 destacam-se 2 eventos cheia, os anos de 1993 e 1997. O ano de 1997 foi o maior de toda a série histórica. O gráfico da última década 2000 a 2010 a quantidade de eventos foi maior, e os dois últimos eventos muito próximo do outro os anos de 2007 e 2008. Porém, as séries destes últimos eventos passaram suavemente pelas cotas de alerta de 95%. De acordo com o gráfico (FIGURA 52) se pode perceber que a duração dos eventos de cheias ao longo dos 31 anos na estação de Porto Velho vem reduzindo na quantidade de dias, ou seja, ocorreu a redução do tempo de permanência em cotas altas. Para a estação de Manicoré os anos de 1990 a 1999 os anos em destaque foram somente 2, porém foram os anos mais importantes para a série toda.

Ambos ultrapassaram as linhas de cota de alerta. O período de 2000 a 2010 apresentou a maior quantidade de eventos ao todo 4, os anos de 2001, 2006, 2008 e 2009. Estes últimos

anos apresentaram os menores intervalos entre um evento e outro. E um maior número de dias acima da cota de permanência (FIGURA 52).

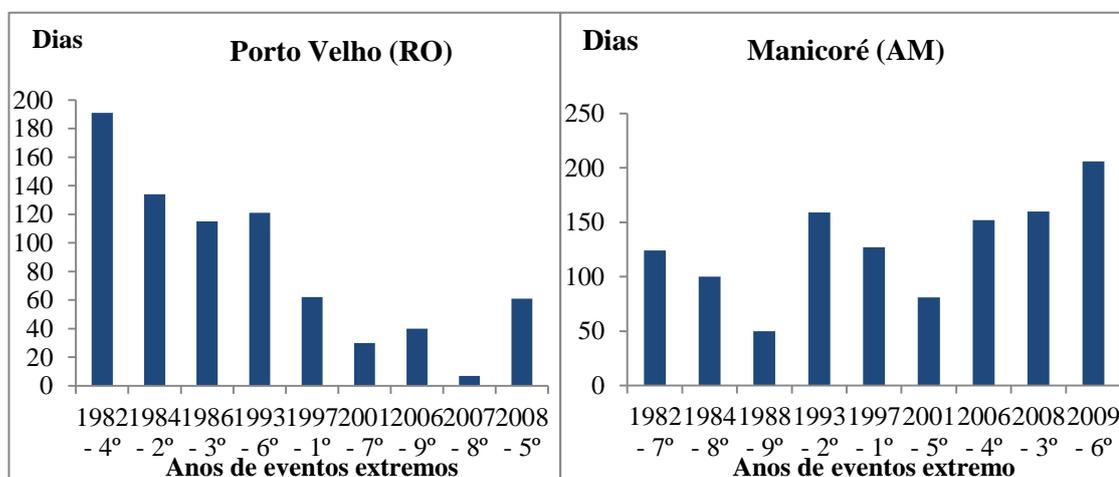


Figura 52: Duração de eventos em dias acima da cota de alerta de 95% para as cheias – Estações de Porto Velho e Manicoré.

Em avaliação geral das estações fluviométricas nas últimas décadas baseada na observação dos gráficos decenais de eventos mais importantes e na média de dias acima da cota de alerta, é possível afirmar que as cheias vêm ocorrendo em intervalos menores de tempo considerando os 3 últimos eventos ocorridos com uma média de 3 em 3 anos.

Quanto à duração segundo a média de dias de duração eventos acima da cota de alerta verificaram-se que apesar dos eventos ocorrerem mais frequentemente, eles têm apresentado uma redução no número de dias de duração fator importante para as consequências socioambientais e mobilizações de ações públicas.

Observações acerca de secas: de acordo com a tabela 06 o ano de 2005 é tido como maior para a bacia e está em primeiro lugar na estação de Porto Velho, enquanto que em Borba é o segundo lugar, o mesmo acontece com outros eventos. Esse fato é comum devido às características peculiares de cada área de drenagem.

SECAS				
Nº	PORTO VELHO		BORBA	
	Ano	Cota (cm)	Ano	Cota (cm)
1	01/07/2005	164	01/07/2010	762
2	01/07/2004	228	01/07/2005	790
3	01/07/2010	228	01/07/1995	798
4	01/07/2006	230	01/07/1998	813
5	01/07/1995	231	01/07/2007	866
6	01/07/1999	231	01/07/1987	882
7	01/07/2007	232	01/07/1999	893
8	01/07/1988	248	01/07/1997	904
9	01/07/1994	248	01/07/2006	905
10	01/07/1998	254	01/07/1983	910

Tabela 6: Lista com os maiores eventos de secas para as estações de Porto Velho (RO) e Borba (AM), mostrando diferenças quanto à intensidade e importância do evento para cada estação

Para a estação de Porto Velho (RO) observou-se que das 10 séries destaque, quatro estão na década de 1990 e 4 estão na última década (FIGURA 53), o que ocorre similarmente na estação de Borba. Porém vale salientar que os eventos de seca são pouco aportados na bacia do Rio Madeira a lista de mínimas anuais não representam as secas extremas só mostram um indicativo. De acordo com a investigação as séries que caracterizaram e foram apontadas como eventos extremos foram as de 2005 e 2010.

Ao construirmos uma cota de alerta sobre as mínimas das séries diárias interanuais de 5% verificamos que somente os anos de 2005 e 2010 tocam a série de alerta. Portanto, pela falta de mais séries que se admitam como evento extremo de secas não foi possível mensurar a duração em dias dos eventos de secas.

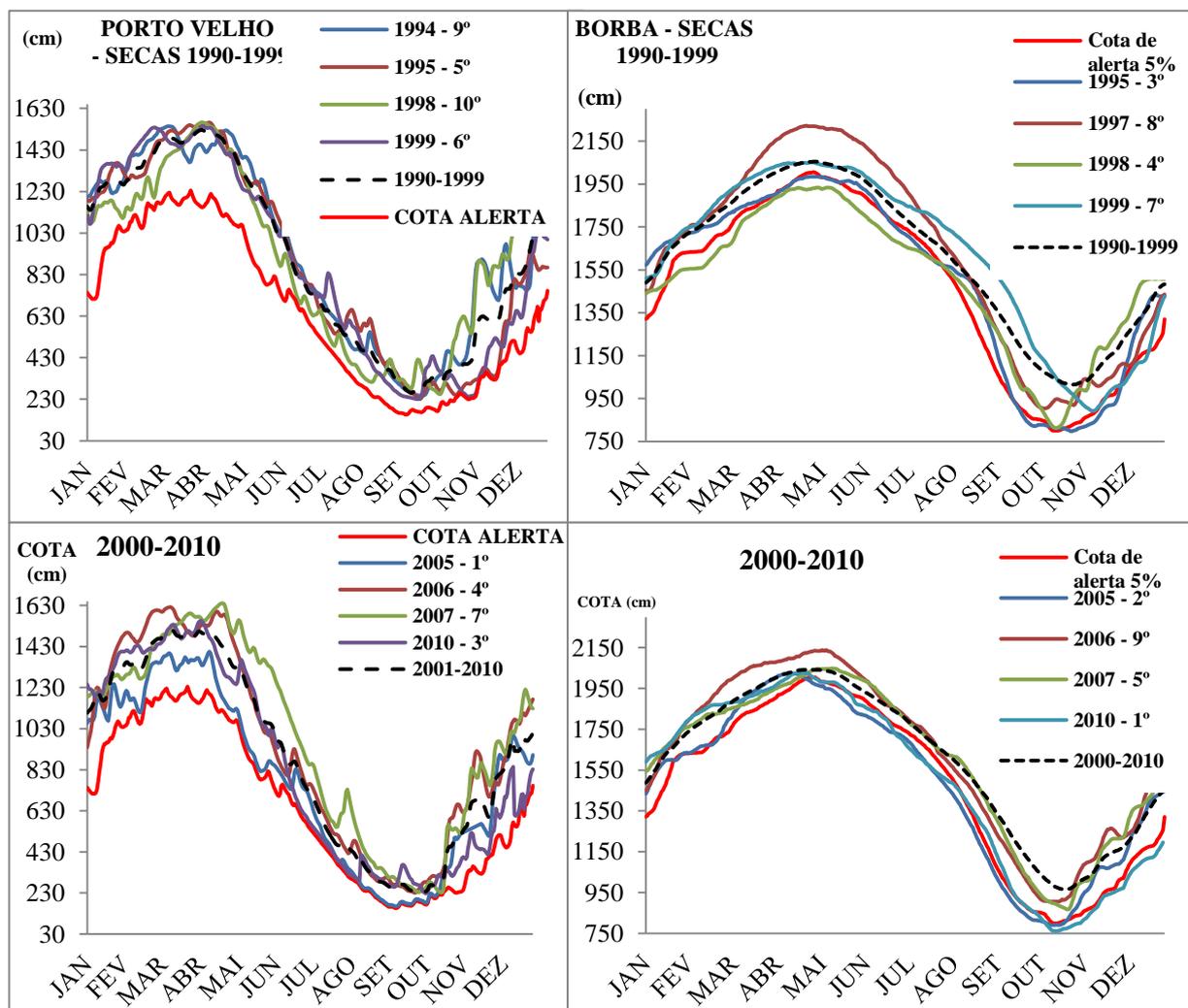


Figura 53: Gráficos decenais com os principais eventos de estiagem nas estações de Porto Velho (RO) e Manicoré (AM).

Neste tópico identificaram-se os anos com maior ocorrência de séries mais importantes nos fenômenos de cheias e secas. Observou-se pelos cotagramas que um evento não se comporta da mesma forma em todos os lugares da bacia, assim admitiu-se um caráter heterogêneo no regime fluviométrico da Bacia do Rio Madeira.

7.3 Impactos dos eventos extremos de seca e cheia sobre as sociedades e ações da Defesa Civil - Dados de desastres

Neste subitem abordamos as consequências da variabilidade do regime hidrológico sob influência de eventos hidroclimáticos sobre as sociedades ribeirinhas por meio de documentos oficiais da Defesa Civil Nacional.

De acordo com a Lei Federal nº 12.340 de 01/12/2010, cabe à Defesa Civil, o “conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e reconstrutivas, destinadas a evitar ou minimizar os desastres, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social” (CASTRO, et al., 2007).

Em lei também está descrita e disposta à competência da Defesa Civil que dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil, as transferências de recursos para ações de socorro, assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução nas áreas atingidas por desastre, e sobre o Fundo Especial para Calamidades Públicas, e dá outras providências.

De acordo com o Manual de Desastres (CASTRO *et al.*, 2007) no ato das ações públicas assistencialistas, são exigidas ações burocráticas, que condicionam a liberação ou não de recursos para ações mitigadoras diante dos efeitos de desastres.

Inicialmente, os núcleos da Defesa Civil Municipal identificam as ocorrências de situações críticas, e elaboram a Notificação Preliminar de Desastres /**NOPRED**, na qual é identificado o fenômeno que está ocorrendo na localidade, quais as causas, as áreas de risco, e a estimativa de danos humanos e materiais. Feito isso, é realizado também pela Defesa Civil a Avaliação de Danos /**AVADAN**, documento no qual são detalhadas as áreas de impactos, englobando os danos humanos, materiais, ambientais, econômicos e sociais.

Partindo de uma avaliação inicial dos estudos acima destacados, é emitido em portarias a de Situação de Emergência ou Estado de Calamidade, que é o reconhecimento legal pelo poder público de situação anormal, provocada por desastre, causando danos suportáveis à comunidade afetada (CASTRO, 1998). A emissão de tais documentos são pré-requisitos essenciais para a disposição de recursos financeiros a serem empregados nas ações assistencialistas emergenciais de áreas afetadas pelos eventos de desastre.

7.3.1 Incertezas

Neste trabalho os resultados obtidos foram concernentes ao tratamento de dados secundários de desastres extraídos do Banco de Dados da Defesa Civil. Os documentos oficiais tabulados são referentes a eventos do tipo de cheias e inundações graduais e secas ou estiagens graduais consequentes ao regime do escoamento superficial.

Na observação do universo de documentos verificaram-se grandes períodos de ausência de dados no início da série estudada e a existência de documentos oficiais mais frequentes nas últimas décadas. Além disso, tais documentos possuem forma diferenciada, sendo do início dos anos 80 a 2000 os documentos obtidos eram relatório sem qualquer tipo de padrão.

Após os anos 2000, foram encontrados formulários padronizados no caso a ocorrência de NOPRED's e AVADAN's. A opção em utilizar os documentos digitalizados do banco de dados Nacional foi devido à negativa na autorização em obter os dados diretamente da defesa civil do estado do Amazonas, pois os dados não foram liberados até o fim desta pesquisa.

Na defesa civil do estado de Rondônia a comunicação foi possível, porém os dados segundo informação da coordenadoria, só tinham sido armazenados nos últimos anos.

Portanto, ainda que defectivos o Banco de Dados Nacional foi o que forneceu o maior número de documentos aqui tratados ao todo 137 analisados. Durante o tratamento a atenção foi voltada para as portarias e os AVADAN's, mas na ausência destes, os dados obtidos foram de documentos prévios de notificação de desastres denominados de NOPRED's. Para verificar a veracidade dos dados também foram analisados os Atlas de desastres Naturais da Defesa Civil do Estado do Amazonas e Rondônia.

Os documentos oficiais estaduais muitas vezes forneceram situação de alguns municípios em um único formulário ou portaria. Estes documentos mostraram-se extremamente amplos em sua descrição. Não sendo possível identificar comunidade e ou área afetados nos municípios.

Os mapas de identificação de áreas mais afetadas pelos eventos extremos só puderam ser representados pelos limites municipais, pois não existem campos nos formulários identificando e limitando áreas que ostensivamente são afetadas.

O ideal seria que as áreas afetadas fossem georeferenciadas a modo de se identificar áreas susceptíveis ou recorrentes a eventos.

Vale ressaltar que os documentos de desastres são emitidos quando ocorrem eventos com potencial ou efetivo dano humano, social, econômico e ambiental. Portanto, nem todos os anos destacados nas séries históricas são coincidentes anos de desastres.

7.3.2 Desastres de enchentes e inundações graduais

Adotou-se esta classificação, pois as águas elevam-se de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente.

A escolha desta tipologia para análise deve ao fato de que estes desastres são correspondentes à variabilidade do escoamento superficial gradual de característica cíclica e sazonal.

As inundações graduais são intensificadas por variáveis climatológicas de médio e longo prazos e pouco influenciáveis por variações diárias do tempo. Relacionam-se muito mais com períodos demorados de chuvas contínuas do que com chuvas intensas e concentradas. O fenômeno caracteriza-se por sua abrangência e grande extensão. Este tipo de evento é identificado pelos possíveis danos humanos, econômicos ou sociais devido ao aumento gradativo do nível das águas dos rios.

A tabela abaixo (07) mostra os municípios dentro da bacia do Rio Madeira que possuem documentos oficiais.

AVADAN ▲ NOPRED ● PORTARIA □ OUTROS ★

UF	Município	1980	1981	1982	1984	1986	1987	1993	1994	1997	2006	2007	2008	2009	2010	Total
AMAZONAS	AUTAZES							★ □				▲		● ★	★ □	7
	BORBA			□				□			★ ▲			● ★	★	7
	HUMAITÁ										★			★ ▲		2
	LÁBREA										★ ▲			★ ▲	□	5
	MANICORÉ			□		□		□			● ▲ ★		★ ▲	★ ▲		10
	MAUÉS													★		2
	NOVA OLINDA							□						● ★	★ □	5
	NOVO ARIPUANÁ			□		□		□	□		★ ▲			▲	□	8
TOTAL		0	0	3	0	2	0	6	1	0	10	1	2	14	7	46
MATO GROSSO	PONTES E LACERDA										★ ▲					2
	PORTO ESPERIDIÃO			★ ★												2
	VILA BELA DA SANTÍSSIMA TRINDADE	★	★	★ ★												4
	TOTAL		1	1	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
RONDÔNIA	COSTA MARQUES					□						▲	●			3
	GUAJARÁ MIRIM			★ ★	★ □	★ □							▲			7
	JI-PARANÁ			★		★				□						3
	MACHADINHO DO OESTE										▲					1
	PIMENTA BUENO					★ ★	★								★	4
	PORTO VELHO			★ ★		★ □				□		▲				6
TOTAL		0	0	5	2	8	1	0	0	2	1	2	2	0	1	24
TOTAL GERAL		1	1	12	2	10	1	6	1	2	13	3	4	14	8	78

Tabela 7: Distribuição de documentos oficiais por estado e municípios da Bacia do Rio Madeira. Fonte: Defesa Civil Nacional (2013). Luciana Muniz e Marcio Corrêa, 2013.

Observa-se que nem todos os municípios possuem suas sedes para as áreas dentro da bacia hidrográfica como os casos de Lábrea e Maués (AM). Mas estão inclusas devido a referencia nos documentos ao aumento gradual do nível do Rio Madeira.

A maior quantidade de documentos emitidos são do estado do Amazonas, seguidos de Rondônia e Mato Grosso.

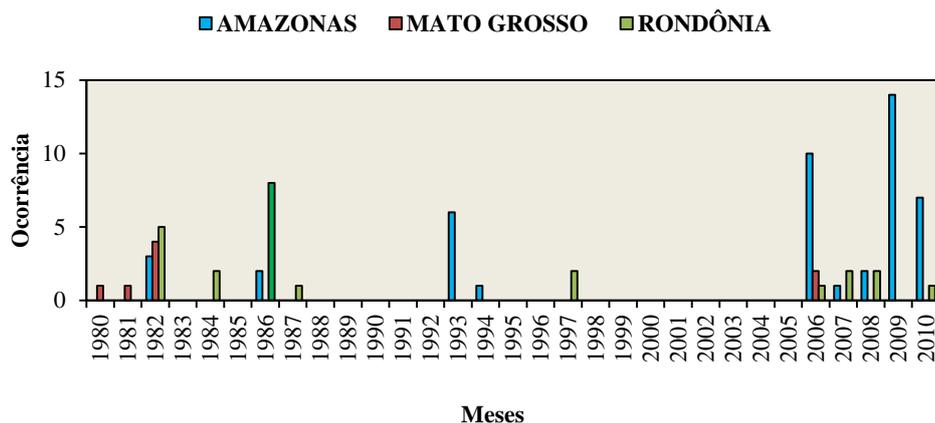


Figura 54: Distribuição da ocorrência de documentos oficiais por estado distribuídos de 1980 a 2010.

Segundo os dados do Atlas Brasileiros de Desastres Naturais (BRASIL, 2011 a) os anos de 2006, 2008, 2010 e 1993 foram os mais importantes para o Estado do Amazonas, isso é possível verificar no gráfico acima com os dados trabalhados nesta pesquisa, porém os

eventos não ocorrem na mesma intensidade, no estado de Rondônia (BRASIL, 2011b), é menor a quantidade de municípios afetados nos mesmos anos apesar de Rondônia possuir todo o seu território na área da bacia.

No ano de 1993 não existem registros de desastres no estado de Rondônia somente no Amazonas o que nos possibilita supor que os municípios mais afetados aos desastres eventos de enchentes e inundações graduais são do estado do Amazonas (FIGURA 55).

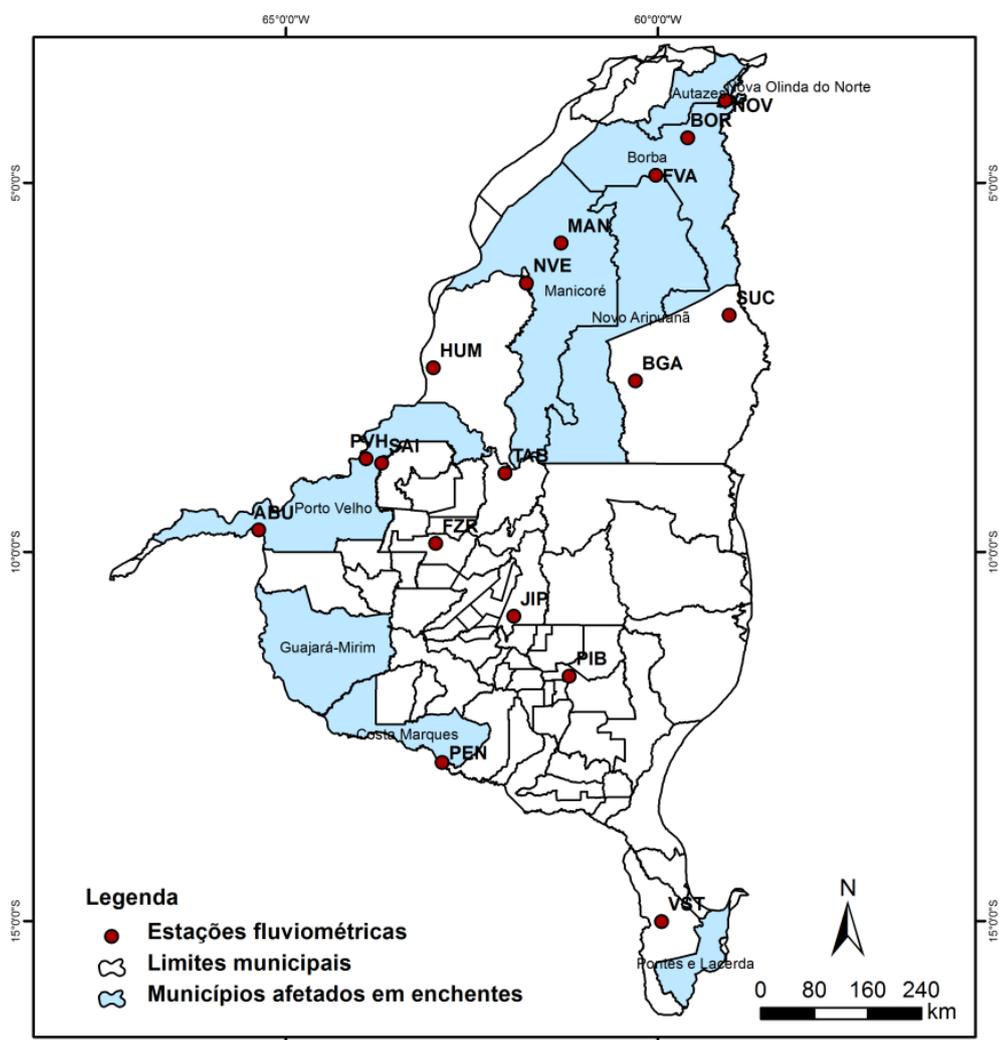


Figura 55: Municípios que apresentaram maiores quantidades de documentos oficiais. Fonte: Defesa Civil Nacional.

Em 50% dos registros foi possível verificar o mês de emissão. O trimestre onde ocorre a maior quantidade de documentos é no mês de março, abril e maio, meses de maiores valores de cotas durante as cheias.

Observou-se então que tais documentos são emitidos nos períodos máximos de inundações, até mesmo o NOPRED (documento de Notificação Preliminar), portanto, o evento não é acompanhado em longo prazo.

Portarias: situação de emergência e estado de calamidade

Após as notificações prévias de desastres e trâmites legais os municípios podem decretar situação de emergência ou estado de calamidade.

As portarias encontradas mostram (TABELA 08) os meses em que o evento de desastre foi mais intenso. O maior número de portarias são publicadas no mês de abril coincidindo com o período hidrológico de máximas de águas altas na maior parte das estações.

TIPO DE DOCUMENTO	MESES						Total Geral
	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	OUTUBRO	
AVADAN	1	5	7	1	1		15
NOPRED		3	2				5
PORTARIA		1	9	8	3		21
OUTROS		11				5	16
Total Geral	1	20	18	9	4	5	57

Tabela 8: Quantidade e tipo de documentos analisados. Fonte: Defesa Civil Nacional.

A emissão de um registro como este evidencia anos que houve maiores danos para a sociedade ou que mais acionaram as ações públicas.

Os dados comprovam (TABELA 09) que o ano de 1993 ocorreu à enchente mais importante para o Amazonas, porém, não para o restante da bacia, destacando também o ano de 2010, 1982, e 1986 para o trecho da bacia no Amazonas e 1986 e 1997 para a porção a montante da bacia no estado de Rondônia.

SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA ▲ ESTADO DE CALAMIDADE ●

TIPO DE EVENTO POR ANO DE REGISTRO		1982	1984	1986	1987	1993	1994	1997	2010
AMAZONAS	AUTAZES					●			▲
	BORBA	▲				●			
	LÁBREA								▲
	MANICORÉ	▲		▲		●			
	NOVA OLINDA					●			▲
	NOVO ARIPUANÃ	▲		▲		●	●		▲
RONDÔNIA	GUAJARÁ MIRIM		▲	●					
	JI-PARANÁ							▲	
	PIMENTA BUENO				▲				
	PORTO VELHO			●				▲	
	COSTA MARQUES			●					

Tabela 9: Distribuição de ocorrência de portarias. **Fonte:** Banco de dados da Defesa Civil Nacional (2012). Luciana Muniz e Marcio Corrêa, 2013.

Vale ressaltar que podem existir outras portarias emitidas, porém estas foram às obtidas nesta pesquisa.

AVADAN – Relatório de Avaliação de Danos

Os relatórios possuem vários campos que classificam o evento de cheia e ou inundação, os campos possíveis de serem tabulados em 26 documentos foram quanto à intensidade, danos e números de afetados.

Os registros mostram que a maioria dos eventos foram classificados como médios e grandes. Destacando os anos de 2006 e 2009 como mais intensos deste universo de dados.

MÉDIO ○ GRANDE ● MUITO GRANDE ●

ESTADO	MUNICÍPIO	ANOS			
		2006	2007	2008	2009
AMAZONAS	AUTAZES		○		
	BORBA	○			
	LÁBREA	○			○
	MANICORÉ	●		○	○
	MAUÉS				○
	NOVO ARIPUANÃ	○			○
MATO GROSSO	PONTES E LACERDA	○			
RONDÔNIA	COSTA MARQUES		○		
	GUAJARÁ MIRIM			○	
	MACHADINHO DO OESTE	○			
	PORTO VELHO		○		

Tabela 10: Classificação de intensidade de evento de cheia ou inundação. Fonte: AVADAN's – Defesa Civil Nacional (2012).

Quanto aos danos o ano de 2006 foi o mais apontando um maior número de municípios e classificado como importante, seguido de 2009 classificado como importante a muito importante na porção a jusante nos municípios do Amazonas.

O ano de 2007 também foi classificado como evento muito importante quanto a danos humanos, prejuízo econômico e social, apesar de não estar presente em muitos municípios é percebido ao longo de toda bacia.

POUCO IMPORTANTE ○ MÉDIO OU SIGNIFICATIVO ◐ IMPORTANTE ◑ MUITO IMPORTANTE ●

INUNDAÇÕES OU ENCHENTES GRADUAIS							
UF	ANO	MUNICÍPIO	DANO HUMANO	DANO MATERIAL	DANO AMBIENTA	PREJUÍZO ECONÔMICO	PREJUÍZO SOCIAL
AMAZONAS	2006	BORBA	◑	○	◐	◑	◑
	2006	LÁBREA	◑	◑	-	◑	◑
	2006	MANICORÉ	◑	◑	-	●	●
	2007	AUTAZES	●	◑	○	◐	◑
	2008	MANICORÉ	◑	◐	○	◑	◑
	2009	LÁBREA	●	◑	○	◑	◑
	2009	MANICORÉ	◑	◑	○	●	◑
	2009	MAUÉS	◐	◑	◐	●	●
	2009	NOVO ARIPUANÃ	●	○	○	-	◑
MATO GROSSO	2006	PONTES E LACERDA	○	○	○	◐	◐
RONDÔNIA	2006	MACHADINHO DO OESTE	◐	◑	○	○	◐
	2007	COSTA MARQUES	○	◑	○	◐	◐
	2007	PORTO VELHO	●	◐	○	○	●
	2008	GUAJARÁ MIRIM	◐	◑	◐	◐	◐

Tabela 11: Classificação de intensidade de danos em evento de cheia ou inundação. Fonte: AVADAN's – Defesa Civil Nacional (2012).

Quanto ao número de afetados o ano de 2006 foi classificado como importante principalmente na parte à jusante da bacia no estado do Amazonas.

Assim, os anos mais importantes segundo o número de afetados (TABELA 12) foram 2006, 2007 e 2009. Destacando o Amazonas como estado com maior quantidade de municípios atingidos e maior número de afetados.

ESTADO	MÊS	ANO	MUNICÍPIO	DOCUMENTO	AFETADOS
AMAZONAS	MARÇO	2006	BORBA	AVADAN	7219
	MARÇO	2006	MANICORÉ	NOPRED	8000
	MARÇO	2006	LÁBREA	AVADAN	8800
	MARÇO	2006	MANICORÉ	AVADAN	932
	ABRIL	2006	NOVO ARIPUANÃ	AVADAN	1488
	JUNHO	2007	AUTAZES	AVADAN	17,660
	FEVEREIRO	2008	MANICORÉ	AVADAN	9600
	ABRIL	2009	AUTAZES	NOPRED	14161
	MARÇO	2009	BORBA	NOPRED	9345
	MARÇO	2009	NOVA OLINDA	NOPRED	5249
	ABRIL	2009	LÁBREA	AVADAN	12266
	MAIO	2009	MANICORÉ	AVADAN	9625
	ABRIL	2009	MAUÉS	AVADAN	3034
	ABRIL	2009	NOVO ARIPUANÃ	AVADAN	2343
MATO GROSSO	MARÇO	2006	PONTES E LACERDA	AVADAN	8000
RONDÔNIA	ABRIL	2006	MACHADINHO DO OESTE	AVADAN	5988
	MARÇO	2007	COSTA MARQUES	AVADAN	1062
	ABRIL	2007	PORTO VELHO	AVADAN	1440
	ABRIL	2008	GUAJARÁ MIRIM	AVADAN	1107

Tabela 12: Número de afetados em eventos de cheias ou inundações graduais. Org. Luciana Muniz, 2013.

7.3.3 Desastres de secas ou estiagens graduais

Foram isolados os eventos referentes a redução demasiada das cotas fluviométricas em efeito gradual pela redução de chuvas nessas regiões, pois tais eventos nos registros possuem a mesma descrição, porém ora são denominados de secas ora são denominados de estiagem pelo técnico que preencheu os formulários.

▲AVADAN ●NOPRED ■PORTARIA ★OUTROS

UF	Município	2005	2007	2009	2010	Total
AMAZONAS	APUÍ	★ ▲				2
	AUTAZES	★ ▲			★ ■	4
	BORBA	★ ▲		★	★ ■	5
	HUMAITÁ	★				1
	LÁBREA	★ ● ▲			★ ●	5
	MANICORÉ	★ ▲	★ ●		★ ▲	6
	MAUÉS	★ ▲			★ ▲	4
	NOVA OLINDA	★ ▲			★ ■ ▲	5
	NOVO ARIPUANÃ	★ ▲			★ ■	4
TOTAL GERAL		18	2	1	15	36

Tabela 13: Distribuição temporal da ocorrência dos registros de secas ou estiagens na Bacia do Rio Madeira. Org. Luciana Muniz, 2013.

Os eventos destacados com grande importância nesta pesquisa foram os de 2005 e 2010, estes anos foram evidenciados em mais de 97% dos documentos analisados, como anos de eventos extremos, grande número de ocorrências de desastres nos municípios da bacia no estado do Amazonas.

Segundo os dados do Atlas Brasileiros de Desastres Naturais - Amazonas (BRASIL, 2011a) os anos de 2005 e 2010 também são relatados como os mais importantes para a maior parte do Amazonas.

Para os dados de cheia foi possível realizar um comparativo dos dias de eventos acima da cota de alerta, porém para as secas não, pois seguindo a metodologia de alerta proposta neste trabalho de 5% abaixo das mínimas os anos de 2005 e 2010 são os únicos que perpassam tais valores nos gráficos sobre as séries de 30 anos.

Portanto, é possível relatar que os eventos de secas não são frequentes considerando ao período analisado e nem existentes mediante a visualização dos dados até a década de 2000, quando ocorreram estes dois grandes eventos.

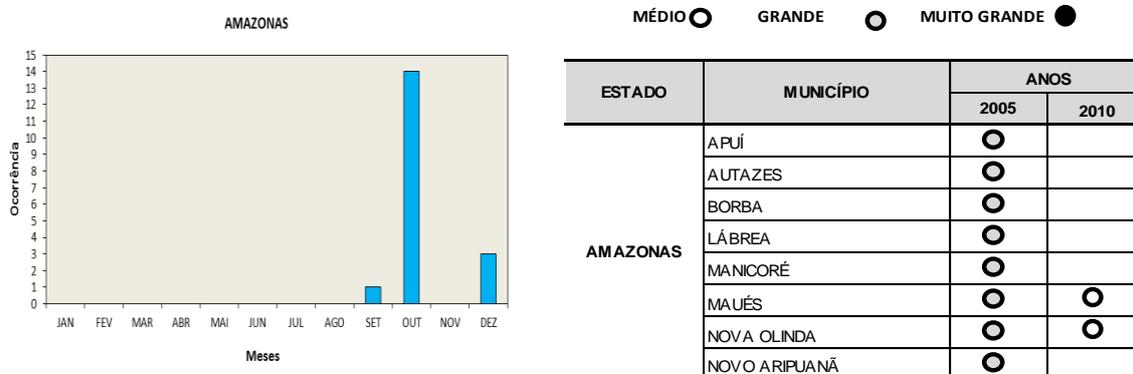


Tabela 14: Meses de emissão de documentos de secas ou estiagens e a intensidade do evento de secas e meses de ocorrência. Luciana Muniz, 2013.

Observa-se que em geral o mês de maior registro de eventos se dá no mês de pico dos eventos extremos em outubro e quanto a intensidade geral do evento nos registros de desastres foram classificados como grande.

Segundo os dados de AVADAN's os eventos de estiagens apresentaram a classificação predominante de muito importante em diversos aspectos descritos como dano ambiental, social e econômico com significativos prejuízos sociais e econômicos (TABELA 15).

		ESTIAGEM OU SECA					
UF	ANO	MUNICÍPIO	DANO HUMANO	DANO MATERIAL	DANO AMBIENTAL	PREJUÍZO ECONÔMICO	PREJUÍZO SOCIAL
AMAZONAS	2005	APUÍ	●	●	●	●	●
	2005	AUTAZES	●	●	●	●	●
	2005	BORBA	●	●	●	●	●
	2005	LÁBREA	●	●	●	●	●
	2005	LÁBREA	●	●	●	●	●
	2005	MANICORÉ	●	●	●	●	●
	2005	MAUÉS	●	●	●	●	●
	2005	NOVA OLINDA	●	●	●	●	●
	2005	NOVO ARIPUANÁ	●	●	●	●	●
	2010	MAUÉS	●	○	○	●	●
	2010	NOVA OLINDA	●	○	○	●	●

Tabela 15: Intensidade do evento de secas quanto aos danos humanos, materiais, ambientais e prejuízos econômico e social. Luciana Muniz, 2013.

Os registros de desastres obtidos evidenciam um pontuação dos eventos de secas na bacia do Madeira, pois estes só foram emitidos em municípios principalmente que possuem sedes para o grande Madeira e que se localizam na parte baixa da bacia ou no estado do Amazonas (FIGURA 56).

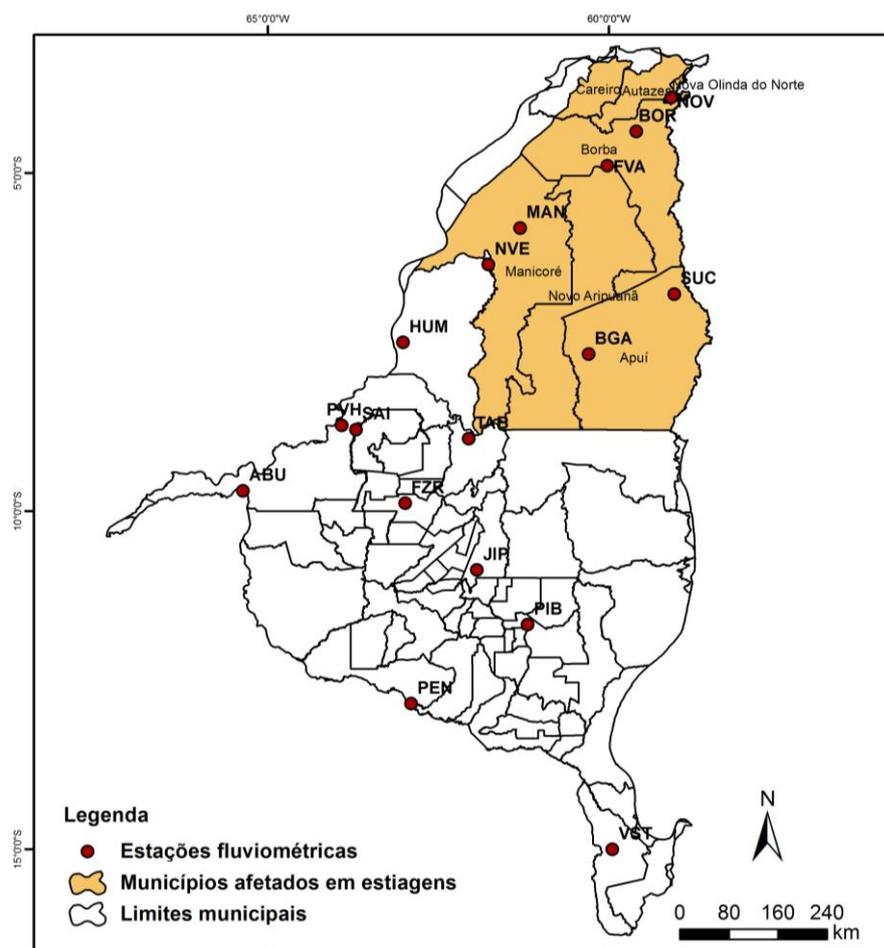


Figura 56: Localização dos municípios de maior ocorrência de registros de desastres por estiagem e secas graduais. Org. Luciana Muniz, 2013.

Considerações:

Os anos de séries de cotas estudados que apontam maior amplitude e tempo de permanência durante o período de enchente coincidem na maior quantidade de municípios atingidos nos mesmo anos, municípios que são Porto Velho (RO), Manicoré (AM), Nova Olinda do Norte (AM), Borba (AM), Novo Aripuanã (AM) e Autazes (AM) recorrem em situação de emergência em 2006, 2008 e 2009 segundo os registros da Defesa Civil Nacional de enchentes ou inundações graduais.

De acordo com os relatórios de avaliação de danos o ano de 2009 apontam os maiores números de atingidos Manicoré (AM) com 2.343, Nova Olinda do Norte (AM) com 5.249, Borba (AM) com 9.345, Novo Aripuanã (AM) com 2.243 e Autazes (AM) 14.161 atingidos.

O mais instigante fato na pesquisa é verificar que estes anos apontados pelos registros da defesa civil, não são os anos de maiores cheias das séries de 30 anos, porém são os que mais encontramos registros de desastres de enchentes e inundações graduais.

Observou-se que nos período de permanência de picos de estiagem é menor que nas cheias, fato atenuante em casos de desastres, o que pode explicar o menor número de municípios atingidos pelas fortes estiagens que são: Manicoré (AM), Nova Olinda do Norte (AM), Borba (AM) com, Novo Aripuanã (AM) e Autazes (AM).

Em 2005 segundo dados de Relatório de Avaliação de Danos o evento de estiagem foi considerado de grande porte isolando os municípios de Autazes (AM), Novo Aripuanã (AM), Borba (AM), Nova Olinda do Norte (AM) e Manicoré (AM) totalizando o número de 7 376 atingidos.

Notou-se que os eventos de estiagens afetam mais os municípios do estado do Amazonas do que de Rondônia, existe a possibilidade de lacunas quanto ao atendimento da Defesa Civil nestes municípios sejam maiores, assim como o acesso a tais documentos por meio digital.

7.4 A espacialização do caráter heterogêneo do Regime Fluviométrico da Bacia do Rio Madeira

Tendo em vista a investigação do caráter heterogêneo da bacia do Rio Madeira neste tópico se propôs espacializar a variabilidade de cotas fluviométricas em anos de eventos extremos identificados nesta pesquisa. Parte deste subitem foi publicada no Simpósio de Sensoriamento Remoto (SBSR) ocorrido em foz do Iguaçu em abril de 2013 (Muniz *et. al.* 2013 em anexo).

Após a observação das séries históricas e os dados de desastres destacou-se o ano de 2005 e 2009 com a finalidade comparar na mesma década a variabilidade de um evento de cheia e estiagem espacialmente, vale lembra que o ano de 2009 foi o segundo maior evento de cheia para a maior parte das estações da bacia.

As feições resultantes de estiagem (2005) e cheia (2009) foram sobrepostas para verificar a distribuição espacial da variabilidade hidrológica em dois anos de eventos extremos.

Observou-se (FIGURA 57) que em Humaitá a mudança da linha d'água é mínima (diferença entre o polígono vermelho e azul) em quase toda a orla, no entanto nos demais isso não ocorre, pois a variabilidade espacial do nível da água é maior, principalmente em Manicoré município com grande ocorrência de documentos de desastres.

Analisando os dados e imagens de eventos extremos, observa-se que as áreas resultantes da diferença entre os valores máximos e mínimos são maiores nas cidades do trecho médio e baixo do Rio Madeira em território brasileiro: Porto Velho, 1410 km²; Humaitá, 1028 km²; Manicoré, 2313 km² e Borba com 1834 km².

Estas diferenças podem ser explicadas pela variação das altitudes dos terraços e encostas daquelas localidades. Sendo grande a influência de aspectos fisiográficos locais, principalmente ligados a existência de áreas de várzea. Segundo Meade *et al.* (1991) as várzeas são importantes no balanço hídrico da Amazônia. Regulam o tempo de permanência da água no sistema e arrefecem para jusante a propagação do escoamento superficial.

De acordo com Tonello (2005) o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica está relacionado às suas características fisiográficas, pois, as características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica desempenham papel importante nos processos de ciclo hidrológico, influenciando, entre outros, a infiltração, o deflúvio, a evapotranspiração, os escoamentos superficial e subsuperficial.

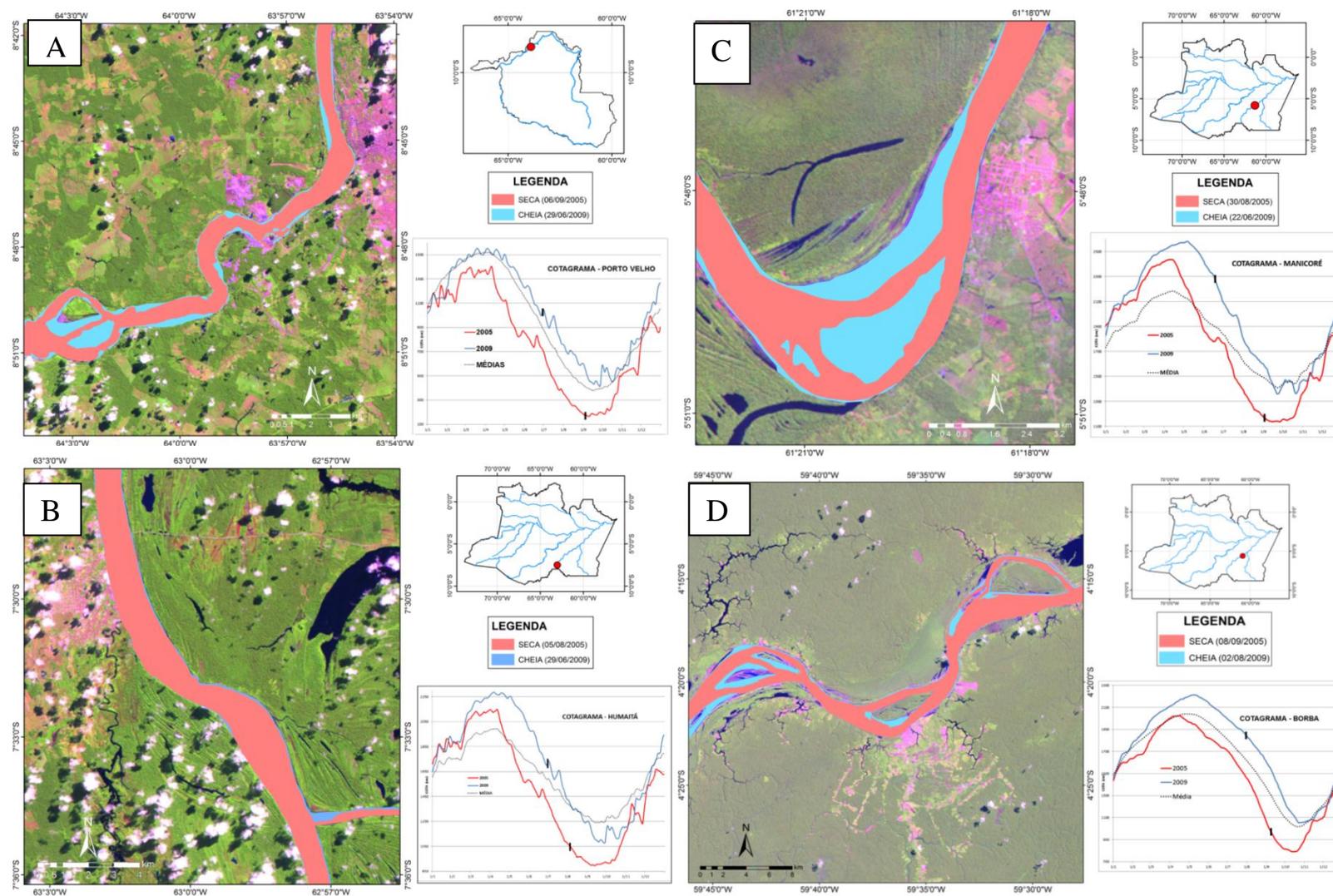


Figura 57: As imagens de satélite mostram a variação do nível do Rio Madeira nos anos de 2005 (seca) e 2009 (cheia) em frente aos municípios de Porto Velho (A), Humaitá (B), Manicoré (C) e Borba (D). Fonte: Muniz *et al.*, 2013.

8. Conclusões

Neste estudo, compreendeu-se a complexidade de investigar as causas e consequências dos eventos extremos na Amazônia, pela necessidade de investigar vários fatores, tais como dados hidrológicos, fisiográficos e sociais, que em sua maior parte são secundários e precisam de um trabalho bem elaborado para obtenção de resultados coerentes e verídicos.

A investigação dos dados e a interpretação dos resultados obtidos nesta pesquisa para a bacia do Rio Madeira permitiram concluir que é possível analisar os padrões hidrológicos por meio de dados secundários de cotas fluviométricas.

Com base na análise dos dados fluviométricos averiguou-se diferenças na amplitude de cotas entre estações nos tributários e rio principal, apontando maior incidência de oscilações nos rios tributários e maior amplitude de cotas no curso principal.

Verificou-se a existência de dois domínios quanto aos sinais dos padrões de escoamento no curso principal o primeiro denominado de andino que se destaca com índices irregulares nas estações de Abunã e Porto Velho e o domínio de planície da estação de Humaitá a Nova Olinda.

Foi possível também identificar os meses de domínios de cheia bem definidos ao longo das estações (março, abril e maio), e os de secas (outubro e novembro).

Quanto aos eventos extremos investigados foi possível apontar os eventos mais importantes das séries históricas investigadas - cheia (1997) e seca (2005) para a bacia do Madeira contrariando ao que se pensa quanto ao evento de 2009. Verificou-se que os eventos de cheias e secas não foram coincidentes aos eventos de ENOS na Amazônia, porém seria mais cauteloso afirmar a ausência de tais influências baseando-se em estudos com dados de chuva e vazão.

A tendência geral para os eventos de cheia e secas constatada é de intensificação, para os eventos de cheia apesar de apresentarem uma maior frequência nos últimos anos gradativamente ocorre menor tempo de duração em dias destes eventos, quanto às secas, sua ocorrência é relativamente nova, com apenas dois anos em destaque, o que ainda não permite um comparativo significativo na série.

Com base na análise dos documentos oficiais, os efeitos dos eventos extremos são mais significativos nos municípios do estado do Amazonas do que Rondônia, com ressalva de que possam existir lacunas quanto ao atendimento da Defesa Civil nestes municípios e/ou falhas no abastecimento no banco de dados de registos de desastres.

Pode-se apontar uma influência do regime do Rio Amazonas sobre as estações no identificado domínio de planície da Bacia do Rio Madeira (da estação de Manicoré até Nova Olinda/AM), pois os anos de grandes eventos na grande bacia Amazônica foram coincidentes a estas estações o mesmo comportamento não ocorre para o restante da bacia.

A diferenciação das características entre as estações fluviométricas permitiu o diagnóstico do caráter heterogêneo do regime fluviométrico da bacia do Rio Madeira atribuído à complexidade dos seus aspectos fisiográficos e hidrológicos.

A identificação dos padrões foi importante para entender o comportamento hidrológico ainda do quadro natural desta bacia, a fim de permitir no futuro um estudo comparativo, considerando que esta área é alvo de grandes obras que provavelmente contribuirão para a alteração dos padrões dos regimes hidrológicos.

9. Referências bibliográficas

ANA, Agência Nacional de Águas. **Dados Hidrológicos**. <http://www.ana.gov.br>. Acesso: 10/03/2010.

ANDRADE, C. D. **Análise pluviométrica da bacia transfronteiriça do rio Madeira**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2008.

BORMA, L. S. TOMASELLA, S.T. ROBALLLO, L.A. CUARTAS, D. A. RODRIGUES, J.A. MARENGO, NOBRE, C.A. Impactos dos eventos extremos de seca e cheia sobre os recursos hídricos amazônicos e ações da Defesa Civil (Cap.17). In. BORMA, L. S., NOBRE, C.A. (org.) **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. 1.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.153-157.

BRASIL, **Manual técnico de uso da terra** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2006.182 p. – (Manuais técnicos em geociências, ISBN 85-240-3866-7.

BRASIL, **Manual técnico de pedologia** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2007.182 p. – (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598 ; n. 5)

BRASIL. **Inventário das Estações Fluviométricas**. Agência Nacional de Águas – ANA .2^oed.- Brasília: ANA; SGH, 2009a.

BRASIL, IBAMA Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. RIMA BR 319. **Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA. Obras de reconstrução/pavimentação da rodovia BR-319/AM**, no segmento entre os km 250,0 e o km 655,7. UFAM, Ed. DNIT, 2009b.

BRASIL, **Manual técnico de geomorfologia** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009c.182 p. – (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598 ; n. 5)

BRASIL, Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010**. Volume Amazonas/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSR, 2011a.55p.: il. Color.;30 cm

BRASIL, Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010**. Volume Rondônia/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSR, 2011b.55p.: il. Color.;30 cm

BRASIL, **Manual técnico de vegetação** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2012.182 p. – (Manuais técnicos em geociências, ISBN 978-85-240-4272-0).

CARPIO, J.MOLINA. In."Análisis de Los estudios de Impacto Ambiental del Complejo Hidroeléctrico del Rio Madeira—**Hidrología y Sedimentos**". Publicado em: 15 de maio, 2007 Disponível em: <http://www.riomadeiravivo.org/docs/aguasturvas/Aguasturvaslo-res-27-48.pdf>. Acesso em: 02/10/2011.

CASTRO, A. L.C.(org) MOURA, A.Z.B, CALHEIROS, L.B. **Glossário de Defesa Civil estudos de riscos e medicina de desastres**. Ministério do Planejamento e Orçamento. Departamento de Defesa Civil. 2^o edição revista. Brasília, 1998. Disponível em: www.defesacivil.gov.br/glossario/ Acesso em: 08/01/12.

CASTRO, L.H; MOREIRA, A.M.; ASSAD, E. D. Definição e regionalização dos padrões pluviométricos dos cerrados; brasileiros. In. **Chuva nos Cerrados** – Brasília: EMBRAPA-CPAC: EMBRAPA-SPI, 1994.

CASTRO, A. L. C.; CALHEIROS, L. B. CUNHA, M. I. R.; BRINGEL, M. L. N. C. **Manual de Desastres: Desastres Naturais**. Brasília: Ministério de Integração Nacional, 2007. 182 p.

CHRISTOFOLETTI, A. A análise de bacias hidrográficas. In. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2^o edição, 1980.

COELHO NETO, A. L. (1994). Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. (1994). **Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro, Bertrand.

COLLISCHONN, W. KAYSER, R. BUARQUE, D. PAIVA, R. FAN, F. **Manual de Discretização de bacias para aplicação do modelo MGB-IPH Versão 2.0** Agosto de 2010. Disponível em. <https://chasquebox.ufrgs.br/.../b1600df795a206c17c7899d66b1ef4ca.ph>

DEFESA CIVIL NACIONAL. **Documentos oficiais de desastres**. Ministério da Integração Nacional/ Secretaria Nacional de Defesa Civil: *Política Nacional de Defesa Civil*. <http://www.mi.gov.br/defesacivil>. Acesso: 20/04/2012.

DIEGUES, A. C. Águas e cultura nas populações tradicionais brasileiras. In. RIBEIRO, W. C. (org.) **Governança da água no Brasil: uma visão interdisciplinar**. São Paulo: Annablume; Fapesp; CNPq, 2009 p. 380.

ESCOBAR, H. **Empate técnico. A Amazônia absorve quase toda a emissão de CO2 do país**. In: Amazônia: Ainda é possível salvar? Grandes Reportagens de O Estado de São Paulo. 38. Nov. / Dez. 2007.o delicado.

ESPINOZA, J. C. V.; LAVADO, W.; ORDONEZ, J. J.; FRAIZY, P.; GUYOT, J. L.; RONCHAIL, J.; VAUCHEL, P.; COCHONNEAU, G. FILIZOLA, N.; LABAT, DAVID.; OLIVEIRA, EURIDES. **Evolución regional de los caudales em el conjunto de La cuenca Del Amazonas para el período de 1974-2004 y su relación com factores climáticos**. Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA (1), 66-89, 2009.

FEANSIDE, Philip. **Processos predatórios na floresta tropical úmida da Amazônia Brasileira. Estudos Avançados.** ISSN 0103-4014 Estud. av. vol.3 no. 5 São Paulo Jan./Apr. 1989. In. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141989000100003>

FILIZOLA, N.P. 1999, O Fluxo de Sedimentos em Suspensão nos Rios da Bacia Amazônica Brasileira. 1ª ed., Brasília, ANEEL.

FILIZOLA, N., GUYOT, J.L., MOLINIER, M. GUIMARÃES, V., OLIVEIRA, E. FREITAS, M.A. Caracterização hidrológica da bacia Amazônica. In. RIVAS, A. & FREITAS, C.E. DEC. **Amazônia uma perspectiva interdisciplinar**, Manaus, Brasil: EDUA, 2002, p.33-53.

FILIZOLA, N.; SILVA, A. V.; SANTOS, A. M. C. dos. e OLIVEIRA, M. A. **Cheias e secas na amazônia: Breve abordagem de um Contraste na maior bacia Hidrográfica do globo.** T&C Amazônia, Ano IV, Número 42 9. Manaus, 2006.

FILIZOLA, N, CANDIDO, L., MANZ, A. ESPINOZA, J. C. RONCHAIL, J. L. GUYOT. Variabilidade hidrológica na Amazônia. Uma perspectiva para a elaboração do balanço hídrico regional. In. **Amazonía y agua: desarrollo sostenible en el siglo XXI** / coord. por Hernando Bernal Zamudio, Carlos H. Sierra Hernando, Mario Angulo Tarancón, Miren Onaindía Olalde, 2010, ISBN 978-84-934779-8-1 , págs. 109-117

FISCH, G.; MARENGO J.A. E NOBRE, C.A. 1996. **Clima da Amazônia.** Climanálise, edição comemorativa de 10 anos, seção 3.

GUYOT, J. LOUP. Le bassin du Rio Madeira à Villabella. In: **Hydrogéochimie des fleuves de L'Amazonie Bolivienne. Editions de l'Ortom.** Collection Études et Thèses. Paris, 1993(p.39-48).

IBGE a. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censos demográficos 2000/2010.** (<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>). Acesso: 15/12/12.

IBGE, b. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas.** (http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/default.php). Acesso: 02/10/12.

KOBIYAMA, M (org.) **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos.** 1º ed. Florianópolis: Ed. Organic Trading, 2006.

LATORRE, M. R. D.O.; CARDOSO, M. R. A. **Análise de Séries Temporais em Epidemiologia: uma Introdução Sobre os Aspectos Metodológicos.** Revista Brasileira de Epidemiologia. v. 04, n 03, p. 145-151, 2001.

LATRUBESSE, E. D, STEVAUX, J. C. SINHA, R. **Grandes sistemas tropicais: uma visão geral.** Revista Brasileira de geomorfologia, ano 6, nº1, 2005 pag. 1-18.

LIMA, E.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LIMA, M.N. **Mineralogia e Química de três solos de uma toposequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, p. 59-68, 2006.

MARENGO, J. A. Condições climáticas e os recursos no norte brasileiro. In: TUCCI, C. E. M. BRAGA, B(org.). **Clima e recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre. ABRH, 2003, p. 117-161

MARENGO, J.A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H.S.; ZEE, D.M.W. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. Rio de Janeiro: FBDS, 2009. <http://www.cetesb.sp.gov.br/proclima/publicacoes/230-eventos-climaticos-extremos> Acesso: 23/05/2013.

MARTINS, J.A. **Escoamento Superficial**. In.PINTO, N; Holtz, A.C.T; Martins, J.A. and Gomide, F.L.S). Hidrologia Básica. Ed. Edgard Blucher. ISBN: 8521201540, 2000, 278 p.

MARTINS, G. A. DOMINGUES, O. (2011) **Estatística Geral e Aplicada**. 3a ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MASSON, C.G.. Subsídios para uma gestão dos recursos hídricos na Amazônia: Estudo de caso da bacia do rio Madeira. Dissertação de M.Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

MEADE, R. H.; RAYOL, J. M.; da CONCEICÃO, S. C.; NATIVIDADE, J. R. G. **Backwater Effects in the Amazon River Basin of Brazil**. Environmental Geology and Water Sciences, Volume 18, Issue 2, 1991 p.105-114.

MOLINIER, M.; GUYOT, J. L.; OLIVEIRA, E. e GUIMARÃES, V. Les régimes hydrologiques de l'Amazone et de ses affluents. **L'hydrologie tropicale: géoscience et outil pour le développement** (Actes de la conférence de Paris mai 1995) IAHS Publ. no. 238, 1996.

MUNIZ, L. S. FILIZOLA, N. P. ALVES, C. S. Análise multitemporal da variabilidade de cotas fluviométricas do rio Madeira - uma avaliação de danos sob extremas condições hidrológicas - Brasil. In: **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Foz do Iguaçu - Paraná 13 a 18/04/2013 / São José dos Campos, SP : MCT/INPE, 2013. Internet ISBN: 978-85-17-00065-2 Organização Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. . <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/indexaut.htm#letraL>

RAMOS, C. **Apostila de Hidrogeografia**. Programa de Hidrogeografia. Unidade de Investigação: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, 2005. Disponível em: http://www.ceg.ul.pt/descarga/Publicacoes_Download/CRamos/Programa_Hidrogeografia. Acesso em: 20/10/2011.

RIBEIRO NETO, A: **Tese: Simulação Hidrológica na Amazônia: Rio Madeira** [Rio de Janeiro] 2006. XVII, 178 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc.,Engenharia Civil, 2006). Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

RODRIGUES, M. S. Tese: **Controle de qualidade on-line de dados Hidrológicos teletransmitidos** Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia. Ministério da Educação .Universidade Federal de Itajubá, MG, 2002. In. <http://juno.unifei.edu.br/bim/0031193.pdf>

RODRIGUES, R. L. V. **TESE: Análise Dos Fatores Determinantes do Desflorestamento na Amazônia Legal.** Rio De Janeiro, RJ - Brasil Março de 2004 Submetida ao Corpo Docente da Coordenação Dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia Da Universidade Federal do Rio de Janeiro. www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/rlvrodrigues.pdf

RONCHAIL, J. BOURREL, L., COCHONNEAU, G. VAUCHEL, P. PHILLIPS, L. CASTROF, A. GUYOT, J.L. OLIVEIRA, E. **Inundations in the Mamore basin (south-western Amazon—Bolivia) and sea-surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans.** Direct Science. Journal of Hydrology 302 (2005) 223–238. Disponível em: www.elsevier.com/locate/jhydrol. Acesso em: 11/04/2012.

SANT'ANNA, L. **O maior rio do Mundo.** In: Amazônia – Ainda é possível salvar? Grandes Reportagens de O Estado de São Paulo. 12 – 13. Nov. / Dez. 2007.

SANTANA, I.F., FILIZOLA, N. P. FREITAS, C. E. **Recuperação de valores perdidos de dados de desembarque: uma aplicação com dados de desembarque de semaprochilodus sp.** Rev. Bras. Eng. Pesca 5(1) Santarém: 43-55, 2010.

SANTOS, I. FILL, H. D. SUGAI, M. R., BUBA, H., KISHI, R. T., MARONE, E. LAUTERT, L. F., **Hidrometria Aplicada.** Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001- p.372.

SANTOS, A. M. C. **Secas no estado do Amazonas – 1958 a 2005.** Monografia do curso de Especialização em Planejamento e Gerenciamento de Águas – CEPGA. CD-ROM. Ed. NIEMA/UFAM/CT-HIDRO, 2006.

SILVA, A. V. **Grandes enchentes no rio Amazonas.** Monografia do curso de Especialização em Planejamento e Gerenciamento de Águas – CEPGA. CD-ROM. Ed. NIEMA/UFAM/CT-HIDRO, 2006.

SILVA, J. A. **Direito ambiental constitucional.** 5. ed. São Paulo: Malheiros, 2010.

SIOLI, H. 1975. **Tropical River:** The Amazon, p.461-488. In B.A. Whitton, River ecology. Berkeley, University California Press, 725p.

STEMBERG, H. O'Reilly. **A água e o homem na várzea do Careiro/** Hilgard O'Reilly Stemberg. – 2 Ed. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 1998. 330p. 2.v:Il., mapas. – (Coleção Friedrich Katzer)

TONELLO, K. C., **Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas,** Guanhães, MG, Dissertação de Mestrado, UFV, 2005.

TUCCI, C.E.M., **Regionalização de vazões.** In. 1ª ed, Porto Alegre, EDUSP, ABRH, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 2002, p. 573-611.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia ciência e aplicação.** 4ª ed. Rio Grande do Sul, UFRGS/ABRH, 2007.

ANEXOS

ANEXO 1 – INVENTÁRIO DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS I

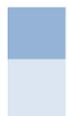
Nº	ID	MNE	Município	CÓDIGO	ESTAÇÃO	CURSO	UF	LATITUDE	LONGITUDE	ÁREA DE DRENAGEM
1	HQ	VST	Vila Bela	15120001	Vila Bela da Santis.Trindade	Rio Guaporé	MT	-15.01	-59.95	23.814,00
2	HQ	PEN	Alta Floresta	15150000	Pedras Negras	Rio Guaporé	RO	-12.85	-62.9	109.788,00
3	HQ	FZR	Fazenda Rio Branco	15430000	Fazenda Rio Branco	Rio Branco(Ariquemes)	RO	-9.89	-62.99	7.795,00
4	HQ	SAI	Candeias do Jamari	15550000	Santa Isabel	Rio Candeias	RO	-8.80	-63.71	12.640,00
5	HQ	PIB	Pimenta Bueno	15558000	Pimenta Bueno	Rio Apedia	RO	-11.68	-61.19	10.114,00
6	HQ	JIP	Jiparaná	15560000	Ji-Paraná	Rio Jiparana(ou Machado)	RO	-10.87	-61.94	33.012,00
7	HQ	TAB	Machadinho D' Oeste	15580000	Tabajara	Rio Jiparana(ou Machado)	RO	-8.93	-62.05	60.212,00
8	HQ	BGA	Apuí	15800000	Boca do Guariba	Rio Aripuana	AM	-7.68	-60.30	68.612,85
9	HQ	SUC	Apuí	15910000	Sucunduri	Rio Sucunduri	AM	-6.80	-59.04	12.631,00
10	H	NVE	Humaitá/Manicoré	15670000	Nova Esperança	Rio Marmelos	AM	-6.36	-61.77	25.998,00
11	HQ	ABU	Porto Velho	15320002	Abuna	Rio Madeira	RO	-9.70	-65.36	899.761,00
12	HQ	PVH	Porto Velho	15400000	Porto Velho	Rio Madeira	RO	-8.74	-63.92	954.285,00
13	HQ	HUM	Humaitá	15630000	Humaitá	Rio Madeira	AM	-7.51	-63.02	1.066.240,00
14	HQ	MAN	Manicoré	15700000	Manicoré	Rio Madeira	AM	-5.82	-61.30	1.157.516,00
15	HQ	FVA	Novo Aripuanã	15860000	Fazenda Vista Alegre	Madeira	AM	-4.90	-60.03	1.324.727,00
16	H	BOR	Borba	15900000	Borba	Rio Madeira	AM	-4.39	-59.60	1.328.581,00
17	H	NOV	Nova Olinda do Norte	15940000	Nova Olinda do Norte	Rio Madeira	AM	-3.88	-59.09	1.374.000,00

ANEXO 1.1 – INVENTÁRIO DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS II

Nº	CÓDIGO	MNE	INCIO H	FIM H	Amplitude Média (cm)	Amplitude Máxima (cm)	Amplitude em dias	Mês de Ocorrência de Águas Altas	Mês de ocorrência de Águas Baixas	Anos anallisados
1	15120001	VST	1976	2010	276	491	220	março	outubro	25
2	15150000	PEN	1980	2010	432	538	184	abril	outubro	27
3	15430000	FZR	1979	2010	325	604	210	março	outubro	28
4	15550000	SAI	1976	2010	835	1153	202	abril	outubro	29
5	15558000	PIB	1980	2011	363	687	193	março	setembro	28
6	15560000	JIP	1977	2010	315	546	190	março	setembro	25
7	15580000	TAB	1977	2010	667	962	188	março	setembro	24
8	15800000	BGA	1977	2010	606	875	167	abril	outubro	29
9	15910000	SUC	1973	2010	799	1209	177	abril	setembro	29
10	15670000	NVE	1982	2010	1351	1724	165	abril	outubro	23
11	15320002	ABU	1976	2010	1214	1702	190	abril	setembro	24
12	15400000	PVH	1905	2011	1140	1586	161	abril	setembro	31
13	15630000	HUM	1931	2010	1209	1590	163	abril	setembro	28
14	15700000	MAN	1967	2010	1274	1893	165	abril	setembro	27
15	15860000	FVA	1967	2010	1123	1545	180	abril	outubro	31
16	15900000	BOR	1967	2010	1024	1460	176	abril	outubro	31
17	15940000	NOV	1994	2010	962	1286	158	maio	outubro	15

ANEXO 1.2 – DISPOSIÇÃO GERAL DE DADOS

DÉCADAS			1980-1989										1990-1999										2000-2010										Anos	
Nº	CÓDIGO	ESTAÇÃO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
1	15120001	Vila Bela da S. Trindade																																25
2	15150000	Pedras Negras																																27
3	15320002	Abuna																																24
4	15400000	Porto Velho																																31
5	15430000	Fazenda Rio Branco																																28
6	15550000	Santa Isabel																																29
7	15558000	Pimenta Bueno																																28
8	15560000	Ji-Parana																																25
9	15580000	Tabajara																																24
10	15630000	Humaitá																																28
11	15700000	Manicoré																																27
12	15800000	Boca do Guariba																																29
13	15860000	Fazenda Vista Alegre																																31
14	15910000	Sucunduri																																29
15	15670000	Nova Esperana																																23
16	15900000	Borba																																31
17	15940000	Nova Olinda do Norte																																15

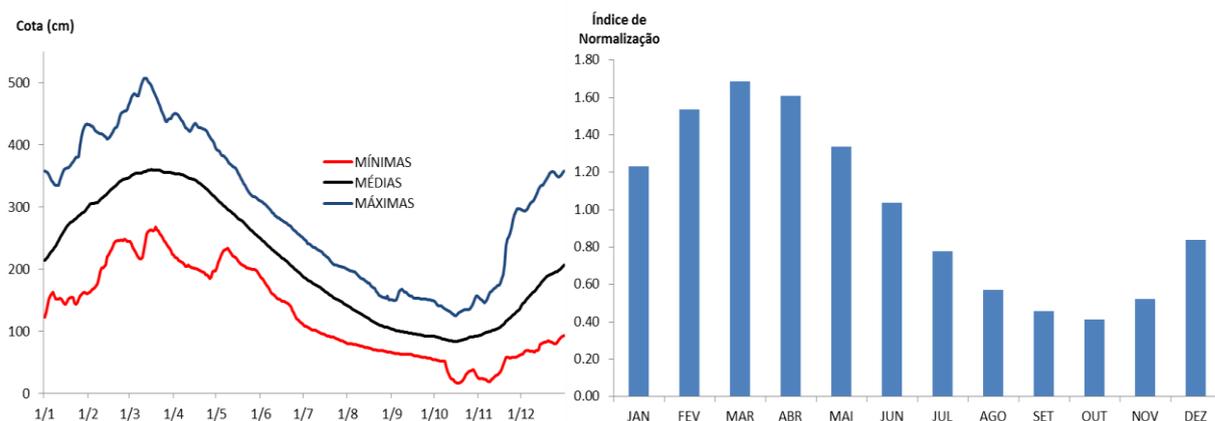

 Período com dados
 Período sem dados

ANEXO 2.1 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
1	15120001	Vila Bela Santíssima Trindade	Guaporé	25	1980-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”

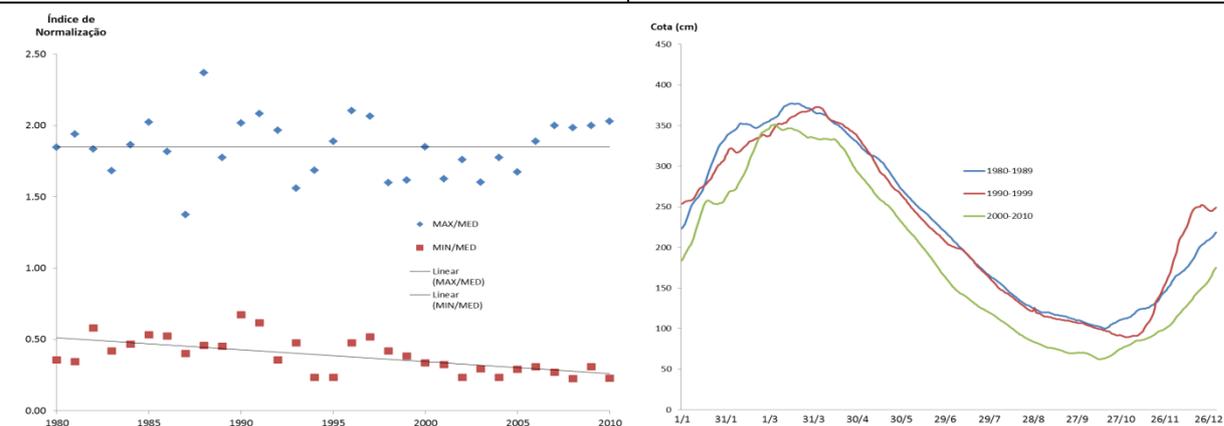
Cotas Diárias Interanuais Normalizadas



As séries diárias puras mostram um único pico de cheia e vazante anual. Com suaves repiquetes nos períodos de águas altas e baixas. Apresenta amplitude média de 270 cm e máxima de 491 cm e um intervalo de 220 dias entre médias das máximas de águas altas e mínimas de águas baixas. Nas cotas normalizadas são mais bem visualizados os picos de águas altas e águas baixas. Para esta estação as máximas ocorrem no mês de março e as cotas mínimas nos meses de outubro.

Cotas Anuais Normalizadas

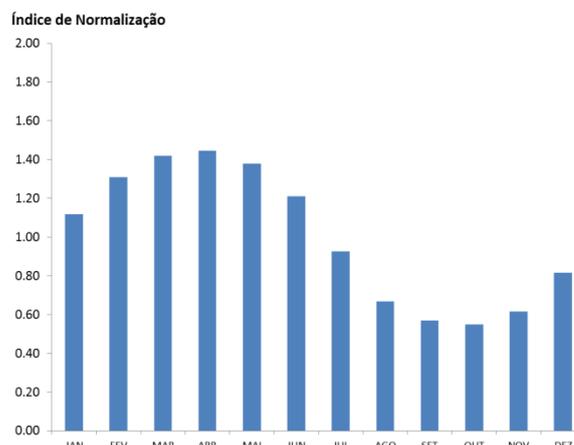
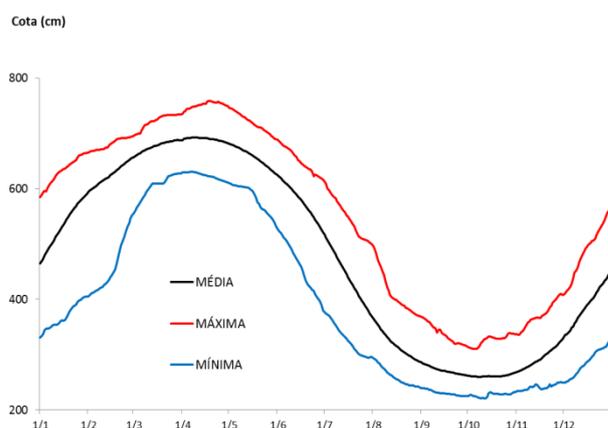
Cotas Diárias Puras Decenais



De acordo com a relação das máximas em função das médias anuais esta estação aponta uma linha de tendência estável durante toda a série histórica. Enquanto que na relação das mínimas em função das médias anuais a linha de tendência linear aponta um declínio na última década, ou seja, existe uma possível intensificação nos eventos de secas neste período. No comparativo das médias de cotas decenais a última década mostrou uma suave diminuição dos níveis de cotas, as demais não evidenciaram grandes mudanças nos padrões fluviométricos.

ANEXO 2.2 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

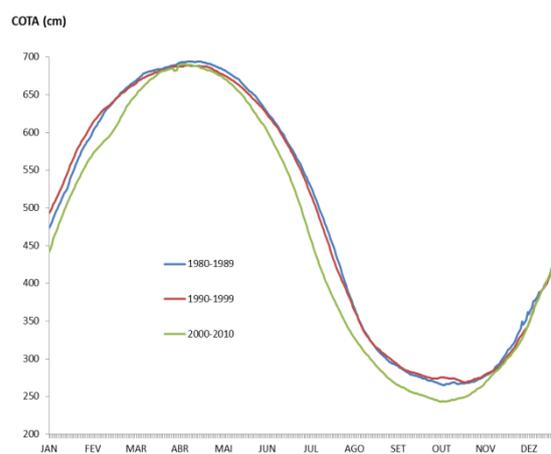
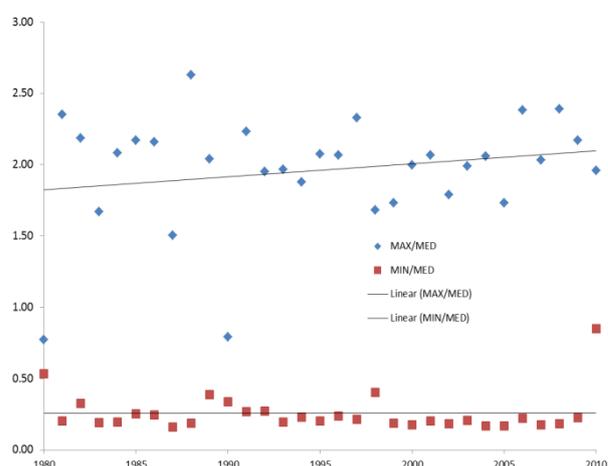
Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
2	15150000	Pedras Negras	Guaporé	27	1980-2010
Cotas Diárias Interanuais “puras”			Cotas Diárias Interanuais Normalizadas		



O gráfico de cotas interanuais “puras” de Pedras Negras mostram um único pico de cheia e vazante ao longo do ano gregoriano, sem quase influência de repiquetes. Para esta estação a amplitude média da série é de 432 cm e a amplitude máxima de é 538 cm e o período médio entre o pico de cheia e vazante é de 184 dias. Os gráficos de séries normalizadas mostram um o pico de cheia médio da série histórica no mês de abril e a vazante média em outubro e confirma um único pico de cheia e vazante durante o ano gregoriano.

Cotas Anuais Normalizadas

Cotas Diárias Puras Decenais



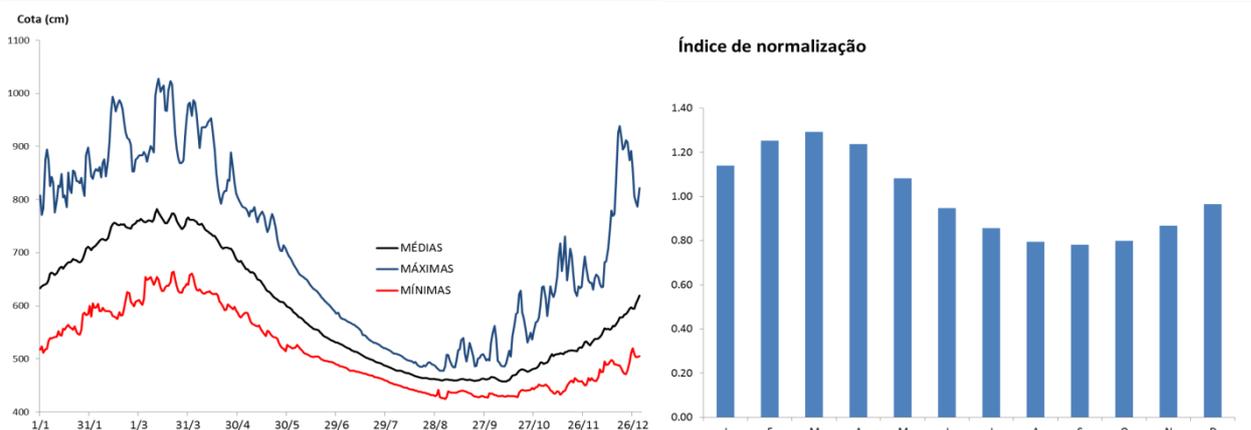
De acordo com o gráfico de normalização de cotas médias anuais (acima). A relação entre as médias em função das máximas anuais a linha de tendência mostra-se estável, porém na relação de médias em função das mínimas anuais a linha de tendência mostra uma intensificação nas cotas ao longo da série histórica. No comparativo entre as séries diárias decenais interanuais puras observamos que não ocorrem grandes mudanças ao longo dos 31 anos.

ANEXO 2.3 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
3	15430000	Fazenda Rio Branco	Rio Branco	28	1980-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”

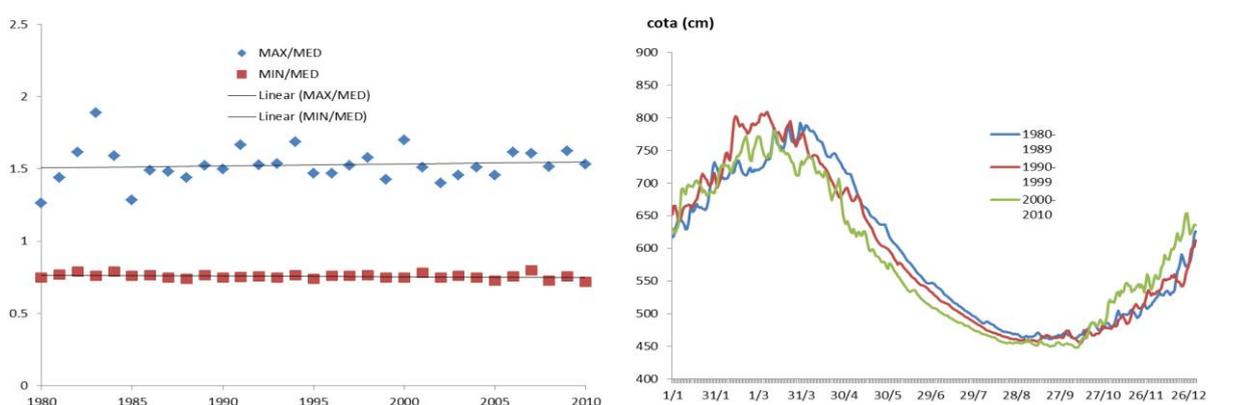
Cotas Diárias Interanuais Normalizadas



O gráfico da estação apresenta um único pico de cheia e vazante ao longo do ano e grande número de repiquete nos meses de pico de águas altas e baixas. O gráfico dos meses de ocorrência de máximas apontam maior ocorrência no mês de maio (40%) seguido do mês de fevereiro (25%). Para esta estação o pico de águas altas ocorrem na série com uma variação de 4 meses. Enquanto que o gráfico para a ocorrência de águas baixas culminam no mês de outubro (45%) e setembro (38%) as mínimas são bem definidas para águas baixas nesta estação.

Cotas Anuais Normalizadas

Cotas Diárias Puras Decenais

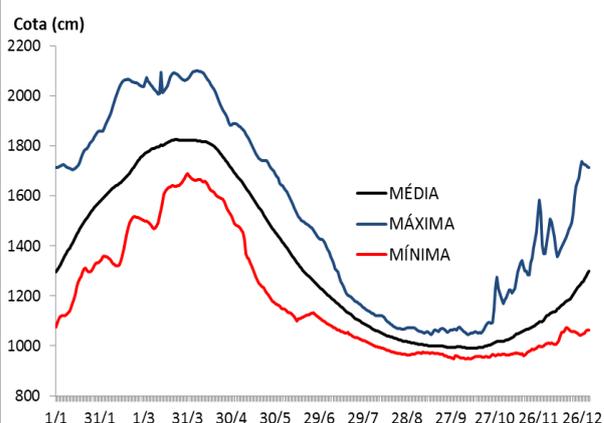


De acordo com o gráfico de normalização de cotas médias anuais. A relação entre as médias em função das máximas anuais e na relação de médias em função das mínimas anuais a linha de tendência mostra-se estável. As cotas decenais não apontam grandes alterações ao longo das décadas para a estação fazenda Rio Branco.

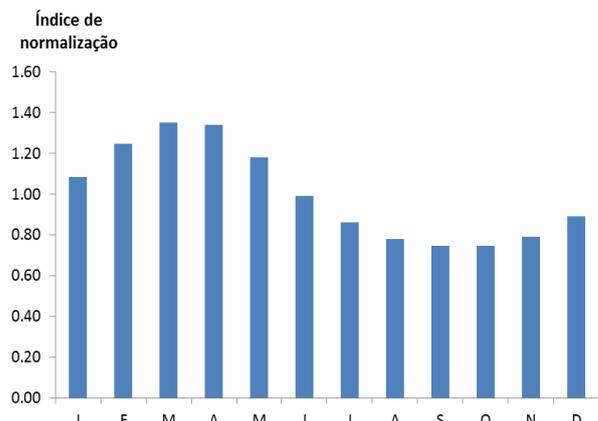
ANEXO 2.4 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
4	15550000	Santa Isabel	Rio Candeias	29	1980-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”



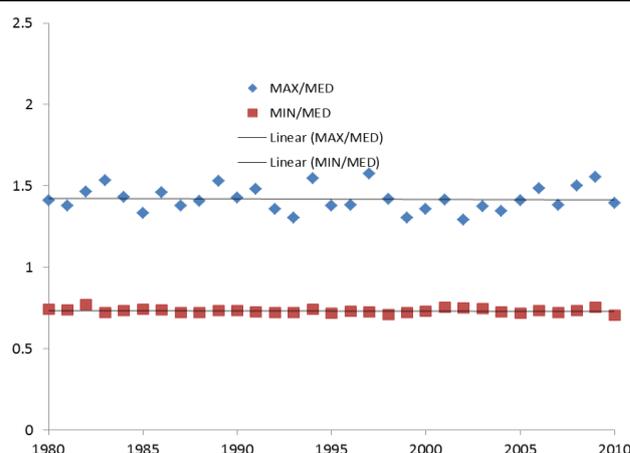
Cotas Diárias Interanuais Normalizadas



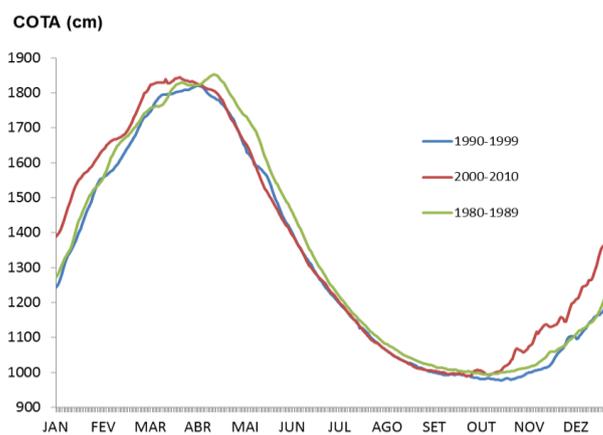
As séries de cotas puras interanuais para esta estação apontam um único pico de cheia e vazante durante o ano civil. No trimestre de águas altas apontam um maior número de repiquetes.

Os meses quando ocorre o predomínio de águas altas para esta estação é abril (60%) seguido de março (40%). Para águas baixas o mês de outubro é bem destacado (70%) dos demais meses nesta estação.

Cotas Anuais Normalizadas



Cotas Diárias Puras Decenais



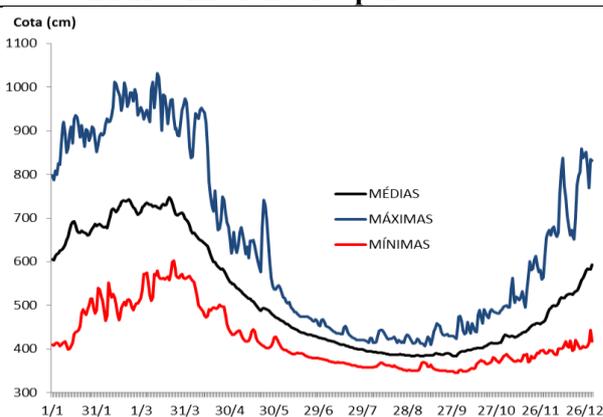
Para a estação de Santa Isabel as séries anuais normalizadas não apontam linhas de tendências estáveis ao longo dos 30 anos.

As séries decenais não apontam significativas mudanças ao longo dos 30 anos, com exceção da última década que aponta um suave crescimento no trimestre de subida das águas.

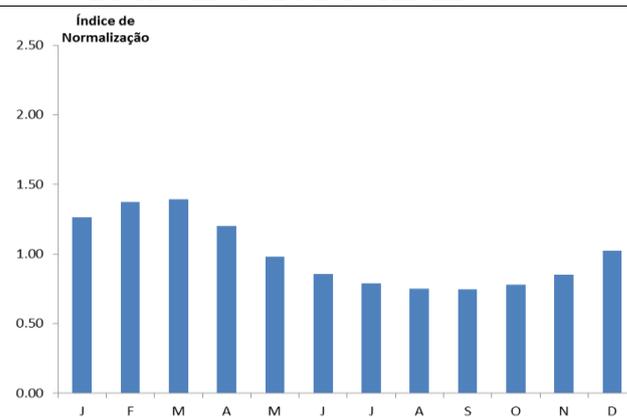
ANEXO 2.5 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
5	15558000	Pimenta Bueno	Pimenta Bueno	28	1980-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”

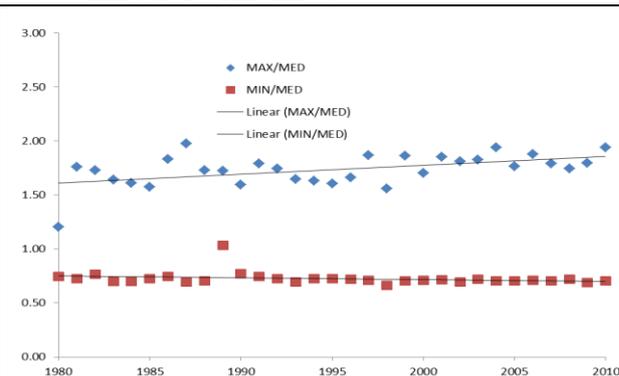


Cotas Diárias Interanuais Normalizadas

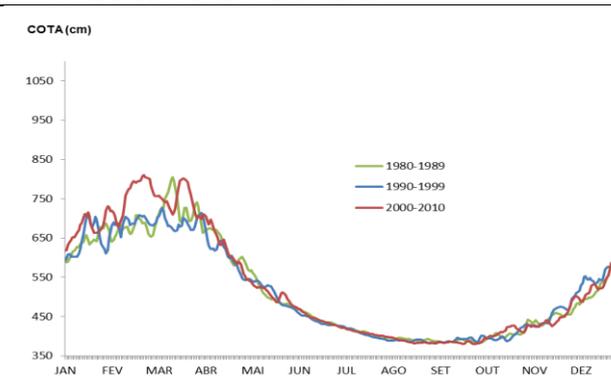


O gráfico da estação apresenta um único pico de cheia e vazante ao longo do ano e grande número de repiquete nos meses de pico de águas altas e baixas. O gráfico dos meses de ocorrência de máximas aponta maior ocorrência no mês de maio (40%) seguido do mês de fevereiro (25%). Para esta estação o pico de águas altas ocorrem na série com uma variação de 4 meses. Enquanto que o gráfico para a ocorrência de águas baixas culminam no mês de outubro (45%) e setembro (38%) as mínimas são bem definidas para águas baixas nesta estação.

Cotas Anuais Normalizadas



Cotas Diárias Puras Decenais



As cotas decenais não apontam grandes alterações ao longo das décadas para a estação Fazenda Rio Branco.

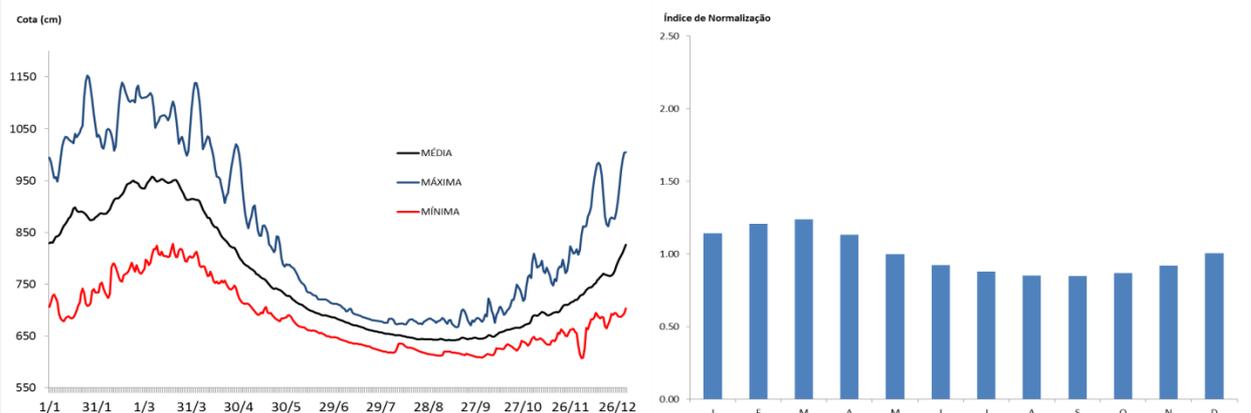
De acordo com o gráfico de normalização de cotas médias anuais. A relação entre as médias em função das máximas anuais e na relação de médias em função das mínimas anuais a linha de tendência mostra-se estável.

ANEXO 2.6 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
6	15560000	Jiparaná	Rio Jiparana	25	1980-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”

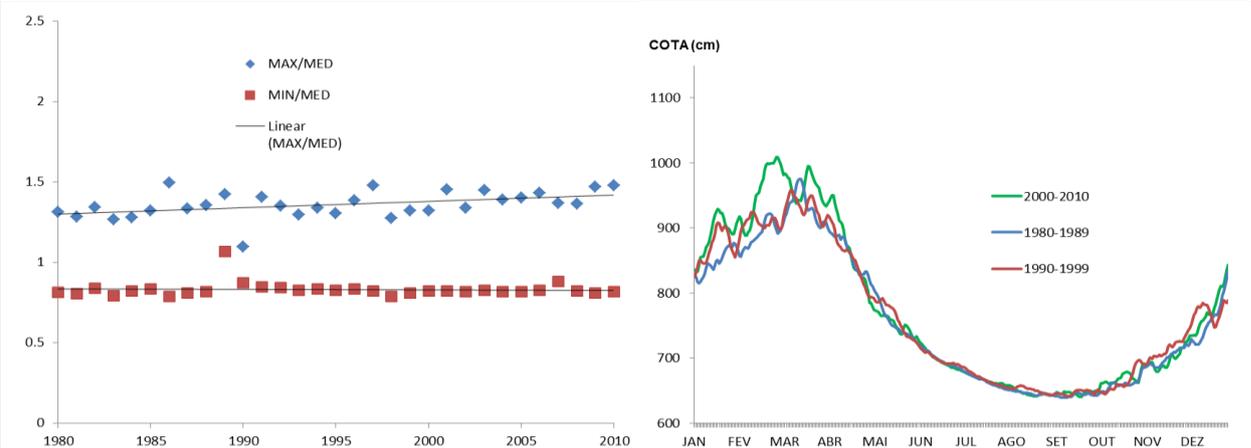
Cotas Diárias Interanuais Normalizadas



As séries de cotas puras para esta estação apresentaram um único pico de cheia e vazante com períodos expressivos de repiquete no ano civil. Para esta estação os picos de águas altas ocorrem predominantemente em março (45%) seguido de fevereiro de (25%). Os picos de águas baixas ocorrem em setembro (50%), seguido de outubro (30%).

Cotas Anuais Normalizadas

Cotas Diárias Puras Decenais



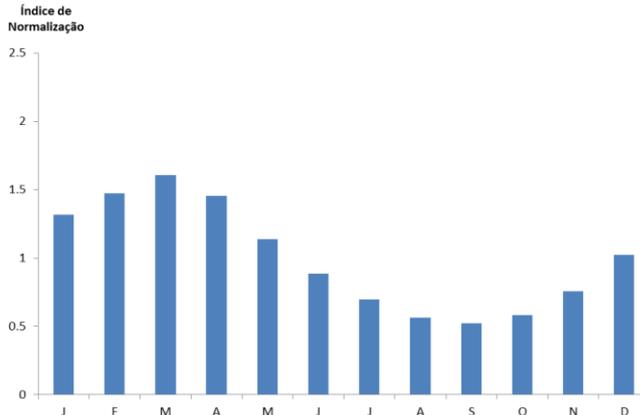
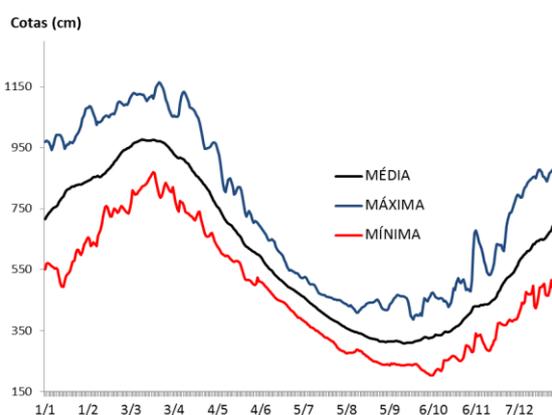
As séries com médias decenais não apontam grande variação ao longo dos 31 anos com exceção do primeiro trimestre da última década. O que indica uma suave intensificação de cheias. As séries anuais normalizadas em função da média para esta estação apontam uma leve tendência de intensificação de águas altas e baixas. Porém em geral tais tendências são estáveis aos índices normalizados.

ANEXO 2.7 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
7	15580000	Tabajara	Rio Jiparana	24	1980-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”

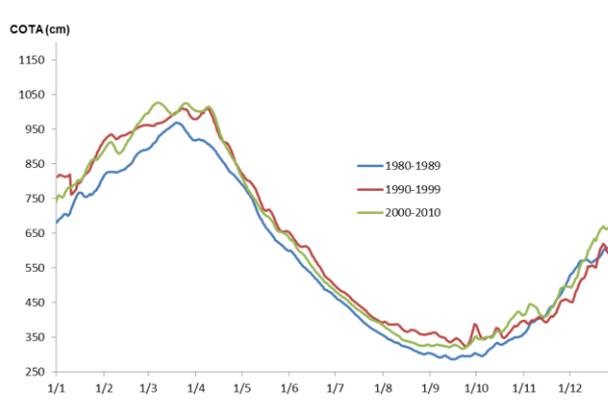
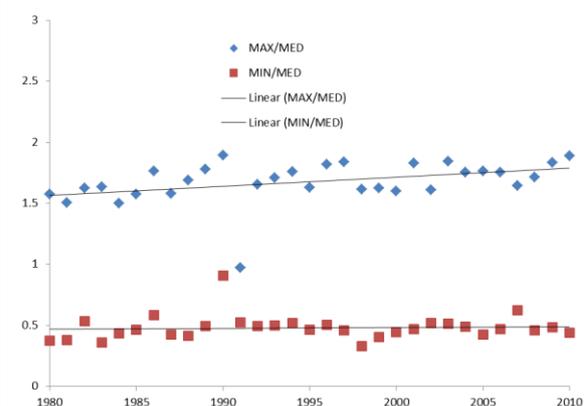
Cotas Diárias Interanuais Normalizadas



Na estação as séries puras interanuais apresentaram um único pico de cheia e vazante ao longo do ano também com presença de vários repiquetes. O gráfico de séries de médias decenais apontam suaves diferenças nos picos de cheia ao longo das 3 décadas. Ocorrendo uma sensível intensificação de cotas máximas medianas.

Cotas Anuais Normalizadas

Cotas Diárias Puras Decenais



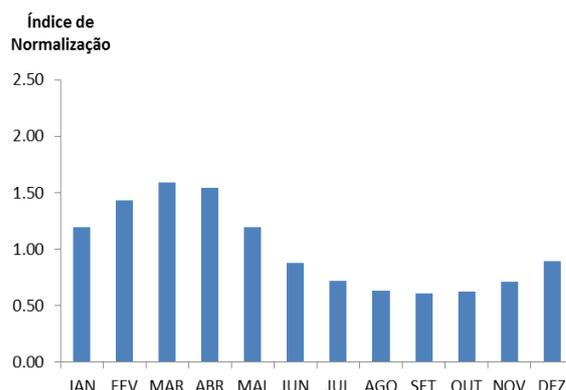
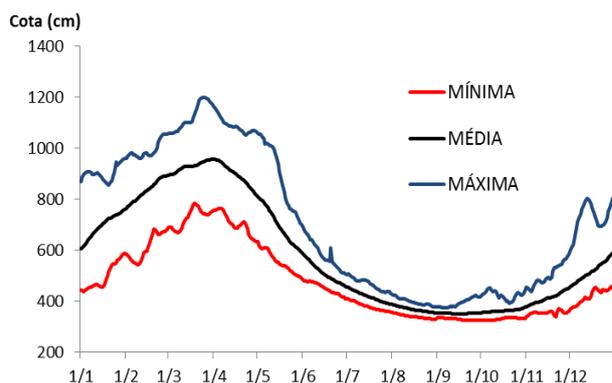
Nesta estação a linha de tendência de mínimas em função das médias apresenta uma inclinação maior que na relação de máximas com as médias. O gráfico decadal apresenta pouca variabilidade entre as décadas.

ANEXO 2.8 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
8	15800000	Boca do Guariba	Rio Aripuana	29	1980-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”

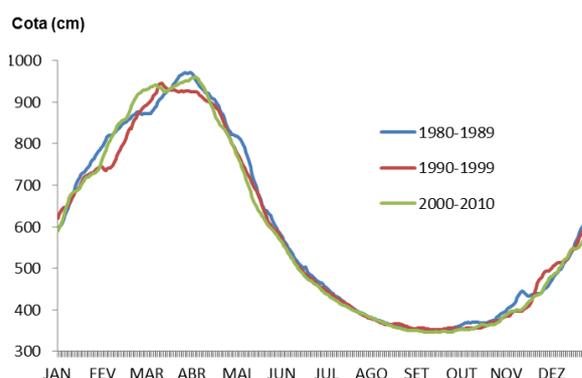
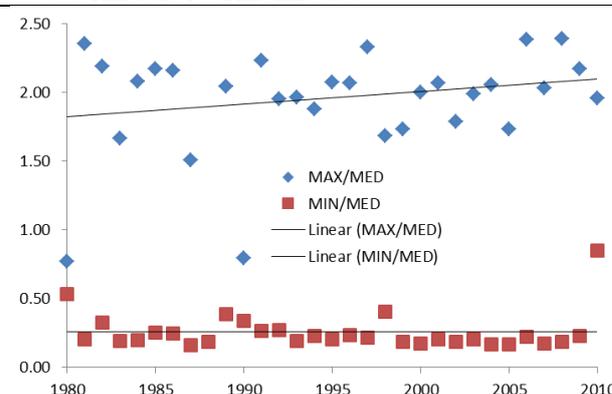
Cotas Diárias Interanuais Normalizadas



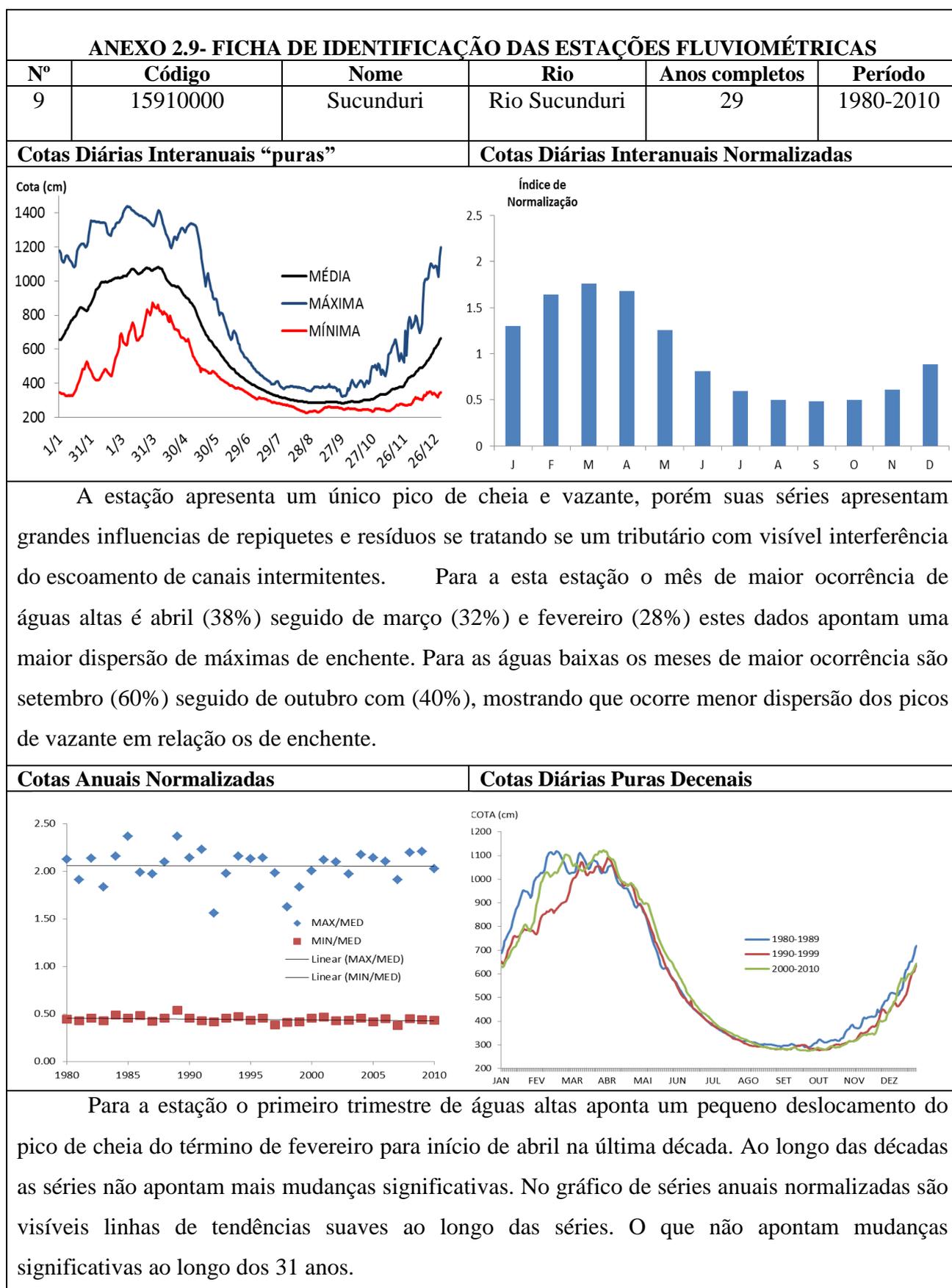
As séries de médias diárias interanuais apontam um único pico de cheia e vazante ao longo do ano civil. As médias de máximas evidenciam um maior número de repiquetes nesta variável. Nesta estação foi observada a maior ocorrência de máximas de águas altas no mês de abril (68%) e março (30%). Para águas baixas o mês de outubro (60%).

Cotas Anuais Normalizadas

Cotas Diárias Puras Decenais



Nas séries de médias decenais esta estação não apresenta mudanças ao longo das décadas. Apresentando as séries bem alinhadas tanto para cheias quanto para as vazantes. Para esta estação os dados normalizados anuais indicam uma tendência em longo prazo, os gráficos apontam uma suave tendência de cheia e uma predisposição a intensificação de secas.

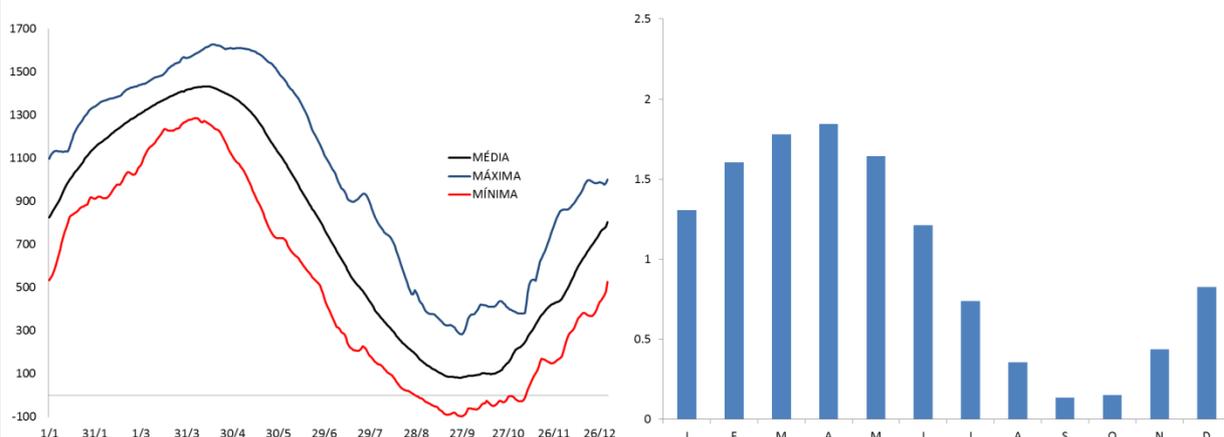


ANEXO 2.10 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
10	15670000	Nova Esperança	Marmelos	23	1982-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”

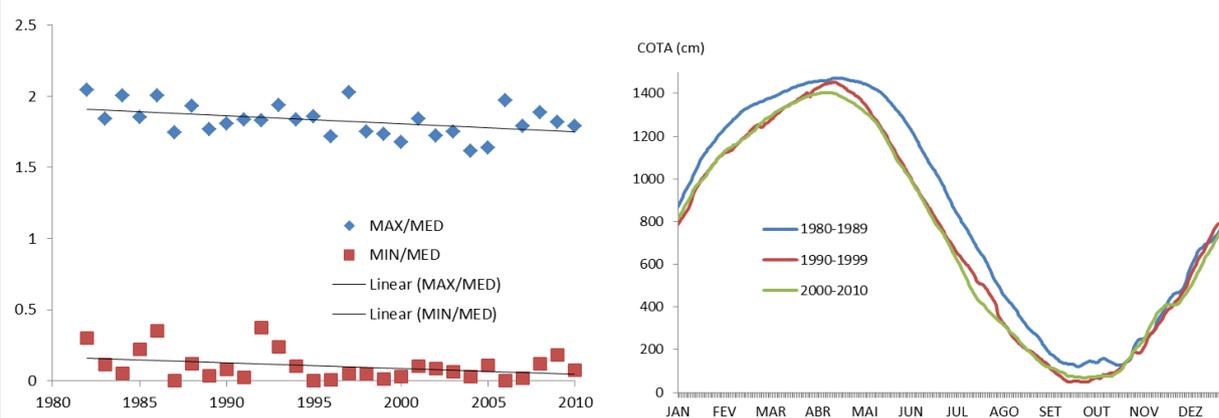
Cotas Diárias Interanuais Normalizadas



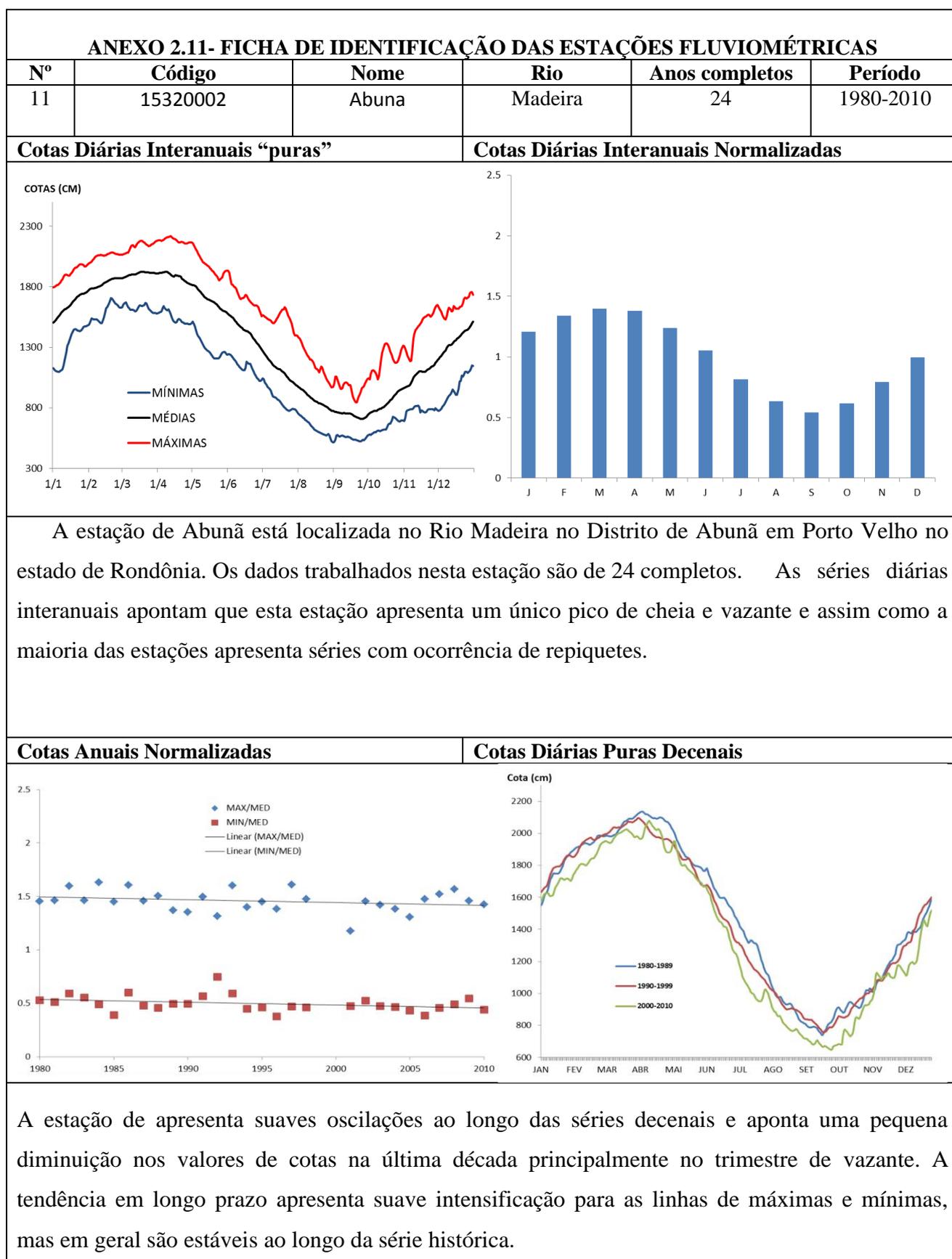
A estação de Nova Esperança está localizada as margens do Rio Marmelos entre os municípios de Humaitá e Manicoré no estado do Amazonas. Os dados trabalhados nesta estação são de 23 anos. A estação apresenta um único pico de cheia e vazante ao longo do ano civil. Dentre as estações localizadas em tributários apresentou a maior amplitude de cotas com cerca de 14 m. Talvez isso ocorra devido a proximidade, portanto influencia do rio principal.

Cotas Anuais Normalizadas

Cotas Diárias Puras Decenais



A maior ocorrência e predomínio de picos de enchente no mês de abril (70%), enquanto que o pico de águas baixas ocorre no mês de outubro (54%) seguido de setembro (33%) e ainda nos meses de novembro e dezembro, o que indica uma distribuição mais ampla dos picos de águas baixas. As séries médias decenais apontam cotas maiores de cheias na década de 1980 para esta estação após este período as máximas apontam um declínio e estabilidade.

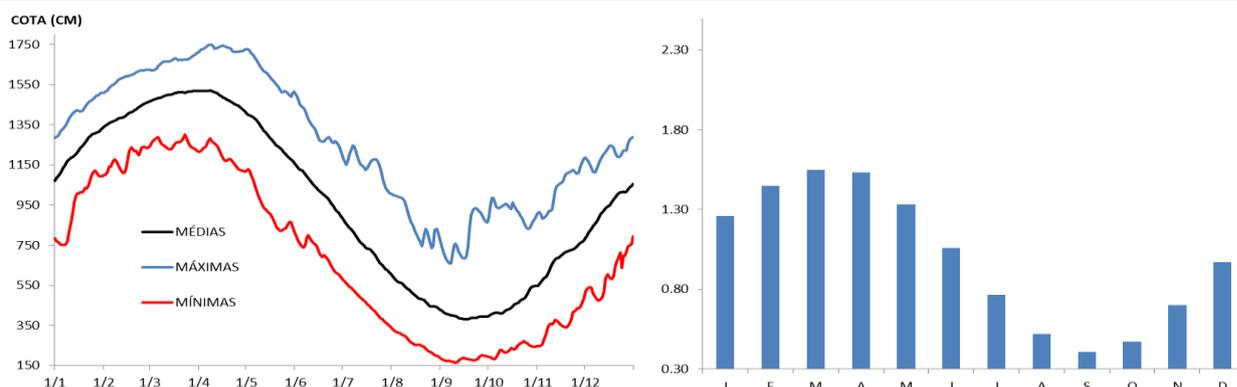


ANEXO 2.12 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
12	15400000	Porto Velho	Madeira	31	1980-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”

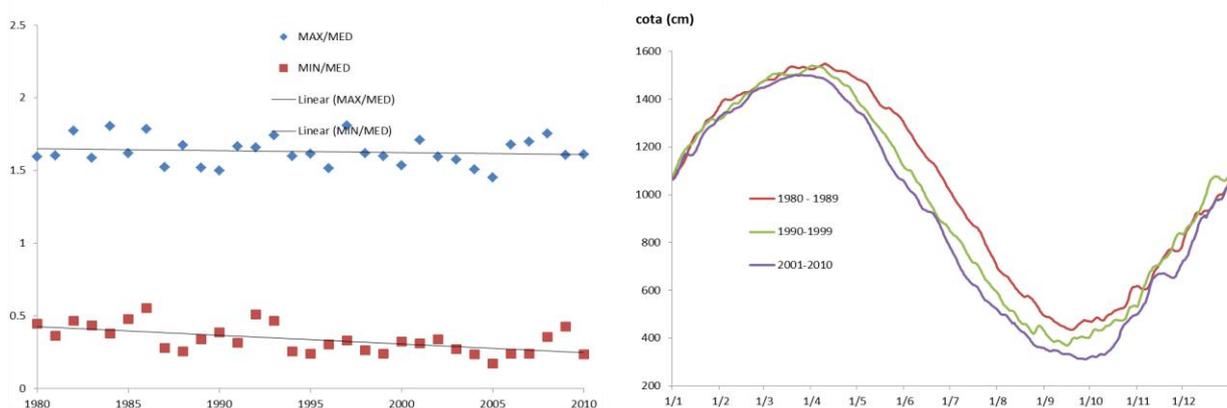
Cotas Diárias Interanuais Normalizadas



A estação de Porto Velho é localizada no Rio Madeira no município de Porto Velho no estado de Rondônia. Apresentou a série de dados mais completa dentre as estações analisadas com os 31 anos completos. As séries de cotas interanuais apontam um único pico de cheia e vazante ao longo da série histórica. Os meses de maior ocorrência de águas altas é abril (60%) seguido de março (38%), esta estação apresenta o pico de cheia bem marcado com predomínio em abril. Para águas baixas isso também ocorre com o predomínio no mês de setembro (62%) seguido de outubro (28%).

Cotas Anuais Normalizadas

Cotas Diárias Puras Decenais



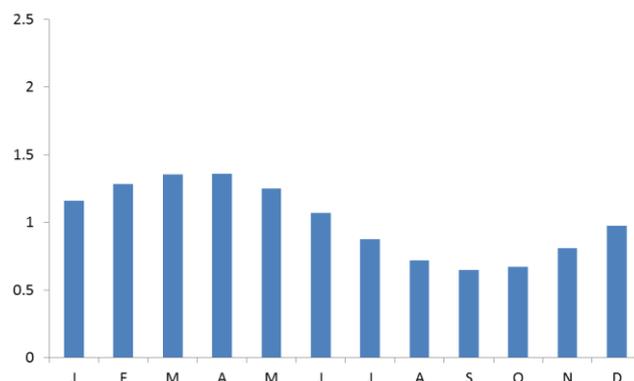
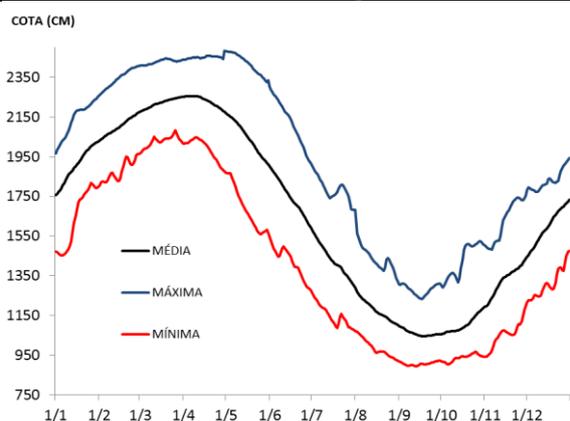
As séries decenais apresentam uma redução dos valores de cotas nas últimas décadas, principalmente nos trimestres de vazante. O gráfico de tendência em longo prazo indicam uma estabilidade na linha de tendência de cheias e uma intensificação na linha de águas baixas nesta estação.

ANEXO 2.13 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
13	15630000	Humaitá	Madeira	28	1980-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”

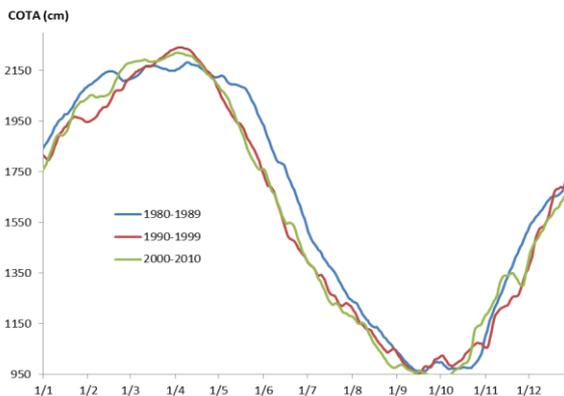
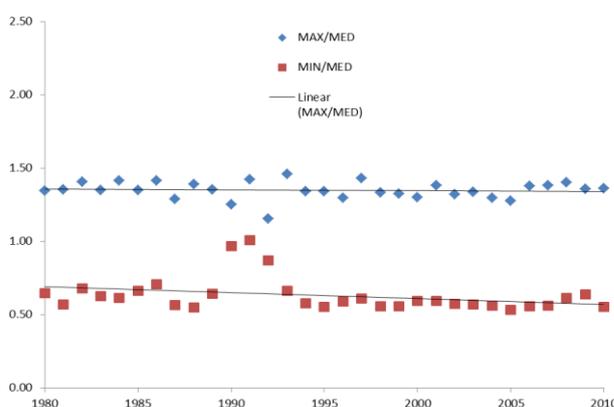
Cotas Diárias Interanuais Normalizadas



A estação de Humaitá é localizada no Rio Madeira no município de Humaitá no estado do Amazonas. Os dados analisados foram de 28 completos. As séries interanuais de cotas fluviométricas apontam um único pico de cheia e vazante e regulares períodos de repiquete ao longo da série histórica. Esta estação apresentou máximas de águas altas e mínimas de águas baixas bem definidas. Os picos de águas altas nesta estação ocorrem no mês de abril (68%) e março (32%), enquanto que os de águas baixas ocorrem predominantemente no mês de outubro (60%).

Cotas Anuais Normalizadas

Cotas Diárias Puras Decenais



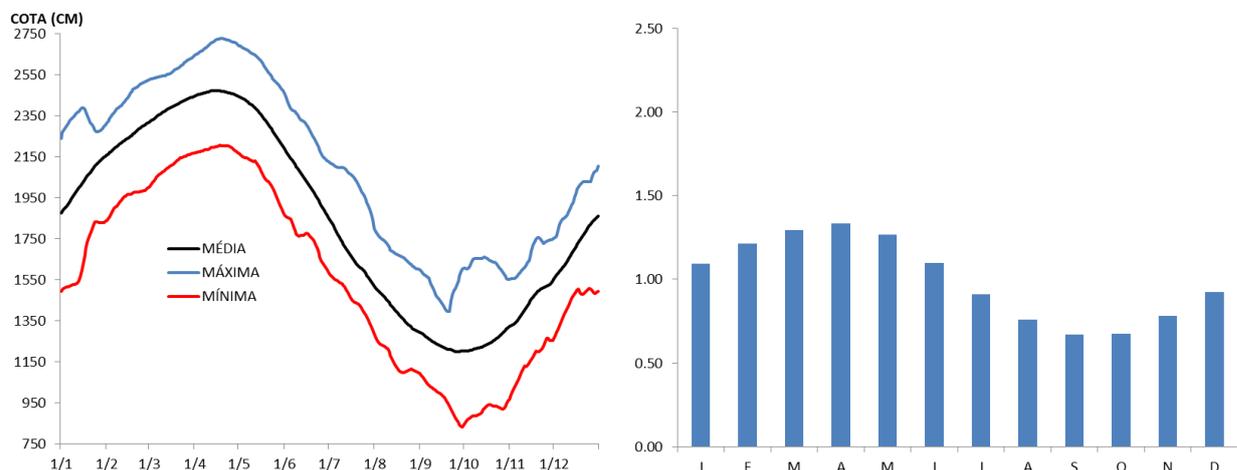
As séries decenais apresentam uma redução nos valores de cotas nas últimas décadas para águas baixas e uma estabilidade nos valores de águas altas. A estação de Humaitá apresenta estabilidade das linhas de tendências tanto para cheias quanto para secas em longo prazo.

ANEXO 2.14 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
14	15700000	Manicoré	Madeira	27	1980-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”

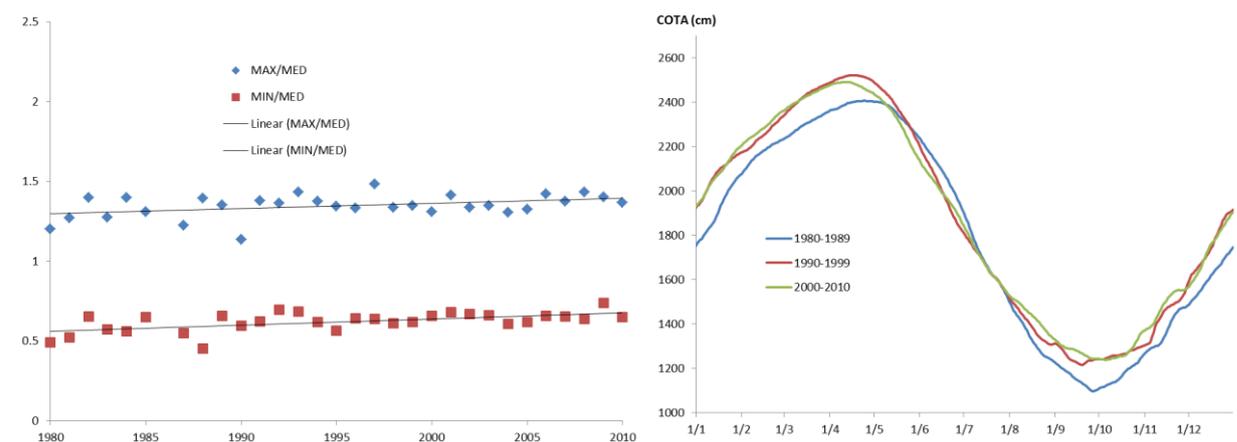
Cotas Diárias Interanuais Normalizadas



A estação de Manicoré é localizada no Rio Madeira no município de Manicoré no estado do Amazonas. Os dados analisados nesta estação foram de 27 anos. A estação apresentou os maiores valores de amplitude das estações analisadas. Suas séries diárias interanuais apontam um único pico de cheia e vazante durante o ano. A estação apresenta o pico de águas alto bem definido no mês de abril (80%) e para águas baixas no mês de outubro (60%) seguido de setembro (40%).

Cotas Anuais Normalizadas

Cotas Diárias Puras Decenais

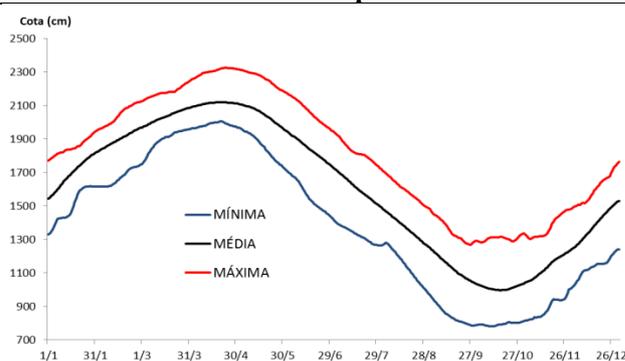


Nas séries decenais um acréscimo sensível aos valores de cotas ao contrário do que ocorre nas outras estações a montante. A estação de Manicoré apresentou valores de cotas anuais normalizados com linha de tendência com suave intensificação ao longo da série histórica.

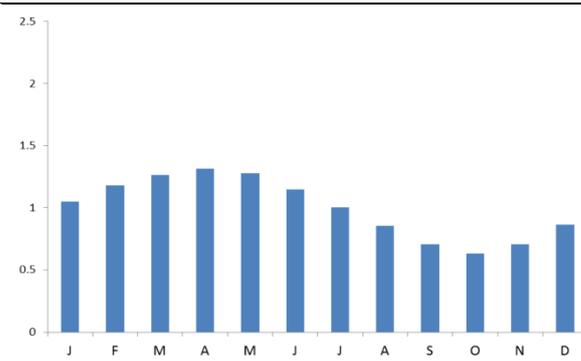
ANEXO 2.15 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
15	15860000	Fazenda Vista Alegre	Madeira	31	1980-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”



Cotas Diárias Interanuais Normalizadas

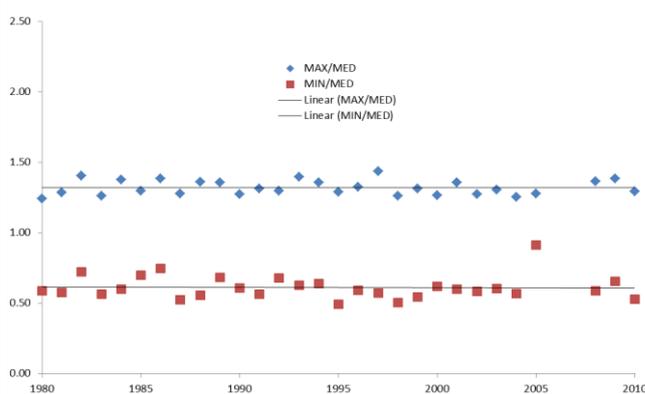


A estação Fazenda Vista Alegre está localizada no Rio Madeira no município de Novo Aripuanã no estado do Amazonas. Os dados trabalhados nesta estação foram de 31 anos.

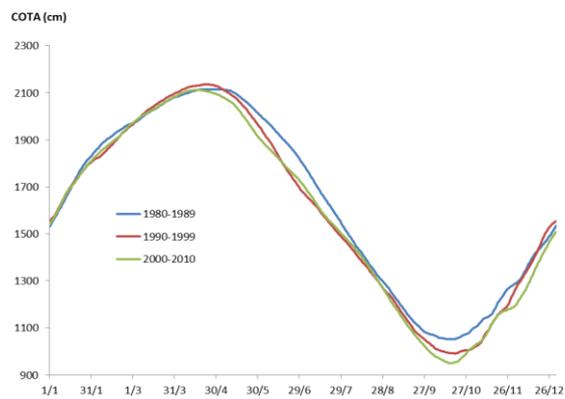
Esta estação apresenta um único pico de cheia e vazante ao longo do ano e suaves pico de repique.

Esta estação apresenta a ocorrência de máximas de águas altas e mínimas de águas baixas bem definidas. Para águas altas ocorre o predomínio do mês de abril (70%) e para águas baixas a maior ocorrência se dá no mês de outubro (65%).

Cotas Anuais Normalizadas



Cotas Diárias Puras Decenais



Nas séries decenais é observado uma estabilidade nas cotas do período de enchente enquanto que uma redução nos valores de cotas no trimestre de vazante nas últimas décadas. O gráfico de cotas anuais normalizadas apontam linhas de tendência estáveis ao longo dos trinta anos.

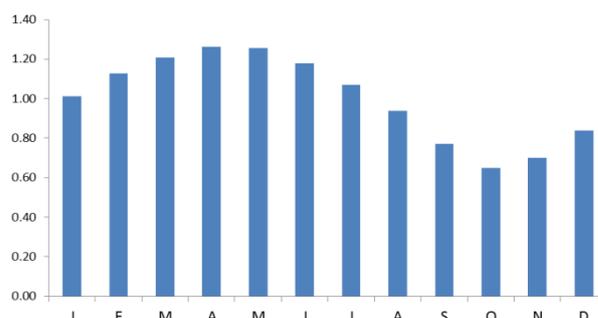
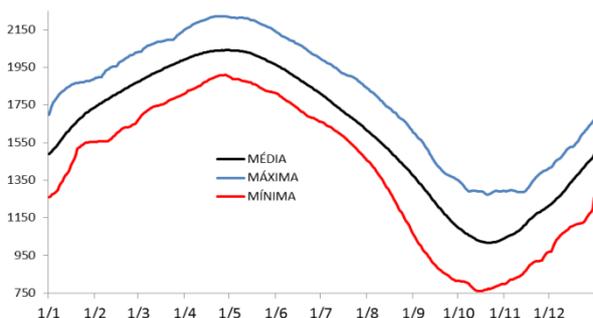
ANEXO 2.16 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
16	15900000	Borba	Madeira	31	1980-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”

Cotas Diárias Interanuais Normalizadas

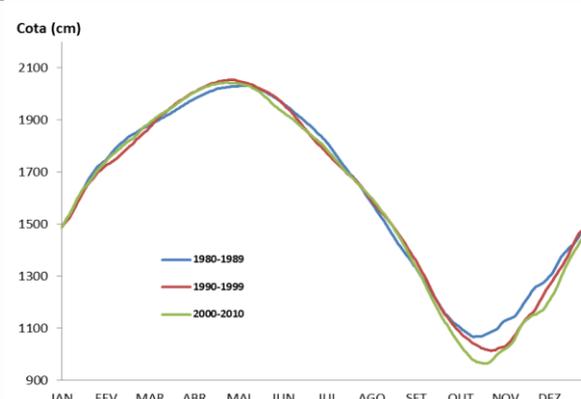
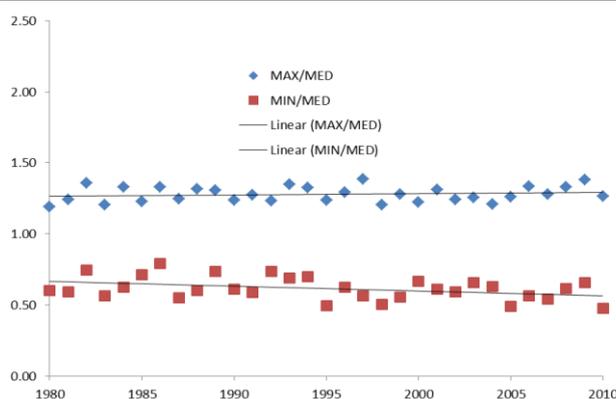
COTA (cm)



A estação de Borba é localizada no Rio Madeira na frente da cidade de Borba no estado do Amazonas. Os dados analisados foram de 31 anos, ou seja, todos os anos propostos nesta pesquisa. As séries diárias interanuais desta estação apontam um único pico de cheia e vazante ao longo do ano. Os predomínios de picos de águas altas ocorrem no mês de abril (52%) seguido do mês de março (45%), para águas baixas a ocorrência de mínimas é maior no mês de outubro. Existe uma definição do mês para águas baixas enquanto que para águas altas a ocorrência praticamente se equilibra nos meses de abril e maio.

Cotas Anuais Normalizadas

Cotas Diárias Puras Decenais



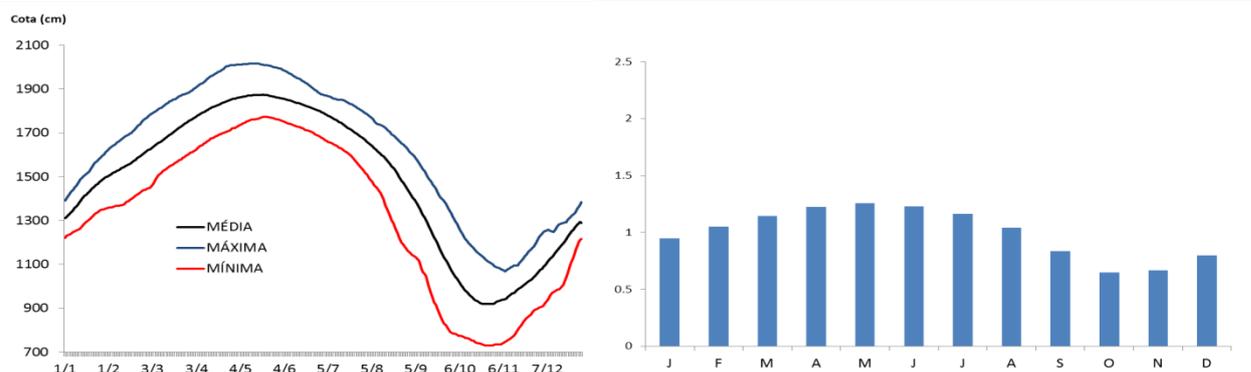
As séries de cotas decenais não apontam mudanças significativas ao longo das décadas, somente no último trimestre de vazante nas médias das últimas décadas ocorre uma diminuição dos valores de cotas.

ANEXO 2.17 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Nº	Código	Nome	Rio	Anos completos	Período
17	15940000	Nova Olinda do Norte	Madeira	15	1995-2010

Cotas Diárias Interanuais “puras”

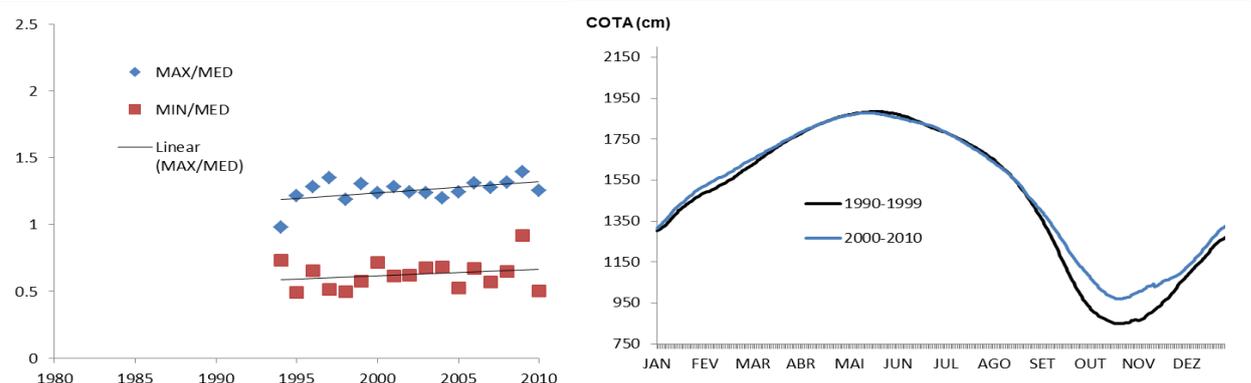
Cotas Diárias Interanuais Normalizadas



A estação de Nova Olinda do Norte é localizada no Rio Madeira no município de Nova Olinda do Norte no estado do Amazonas. Os dados trabalhados nesta estação foram de apenas 15 anos. Sua utilização se justifica pelo sua localização, pois não existem estações de cotas com períodos significativos de dados localizadas na foz do Rio Madeira. As séries diárias interanuais apontam um único pico de enchente e vazante durante o ano civil. A estação de Nova Olinda do Norte apresenta a ocorrência de águas alta bem definida no mês de maio (90%). Enquanto que as águas baixas ocorrem em sua maior parte no mês de outubro (68%).

Cotas Anuais Normalizadas

Cotas Diárias Puras Decenais



Observando as séries decenais pode-se descrever certa estabilidade ao longo das décadas com uma suave diminuição nas cotas do último trimestre de vazante na estação de Nova Olinda. As cotas anuais normalizadas representadas no gráfico apontam suave intensidade das linhas de tendências tanto para enchentes quanto para vazante ao longo dos 15 anos de dados.

ANEXO 3.1 – Lista dos 10 maiores eventos hidrológicos de Cheias

Nº	PORTO VELHO		BORBA		MANICORÉ		HUMAITÁ		VILA B. S. TRINDADE		PIMENTA BUENO		TABAJARA		SUCUNDURI	
	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota (cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)
1	1997	1750	1997	2222	1997	2726	1993	2458	1988	507	1987	1032	1990	1169	1985	1437
2	1984	1744	2009	2214	1993	2634	1997	2412	1996	450	2004	1012	2010	1165	1989	1437
3	1986	1725	1982	2178	2008	2632	1991	2398	1991	446	2010	1012	2003	1136	1991	1352
4	1982	1714	1993	2166	2006	2610	1984	2384	1997	442	2006	980	1997	1135	2009	1339
5	2008	1694	2006	2138	2001	2598	1986	2384	2010	434	1997	974	2009	1131	2008	1332
6	1993	1683	1984	2134	2009	2580	1982	2370	1985	433	1999	972	2001	1127	2004	1318
7	2001	1654	1986	2134	1982	2570	2008	2362	1990	432	2001	966	1996	1122	1984	1310
8	2007	1641	2008	2133	1984	2569	1988	2338	2007	428	1986	957	1989	1097	1994	1310
9	2006	1623	1994	2128	1988	2560	2001	2328	2009	428	2003	953	2005	1089	1990	1300
10	1988	1618	1988	2110	1991	2532	2007	2327	2008	425	2002	946	1986	1087	2005	1299
Nº	ABUNA		JIPARANÁ		FAZ. V. ALEGRE		BOCA DO GUARIBA		PEDRAS NEGRAS		FAZ. RIO BRANCO		N. OLINDA DO N.		SANTA ISABEL	
	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota (cm)	Ano	Cota (cm)
1	1984	2218	1986	1153	1997	2326	1997	1199	1988	759	1983	1115	2009	2080	1997	2101
2	1997	2188	2010	1139	1982	2274	2008	1118	2008	737	2000	1003	1997	2016	2009	2074
3	1986	2184	1997	1138	1993	2261	1991	1106	2006	736	1994	994	2008	1962	1994	2067
4	1993	2180	2009	1133	2009	2241	1982	1100	1981	733	1991	983	2006	1954	1983	2050
5	1982	2171	2001	1119	1986	2238	1983	1095	1997	731	2009	959	1999	1948	1989	2042
6	2008	2133	2003	1118	1984	2226	2009	1071	1991	721	1982	953	2001	1915	2008	2002
7	2007	2069	2006	1105	2006	2212	2004	1055	1982	716	2006	953	1996	1914	2006	1981
8	1988	2048	1989	1097	2008	2206	1988	1054	1985	714	2007	948	2007	1907	1991	1976
9	1991	2038	1991	1085	1988	2202	1990	1046	2009	714	1984	937	2010	1874	1982	1954
10	1998	2008	2005	1082	1994	2194	2005	1044	1986	713	1998	930	2002	1860	1986	1948

ANEXO 3.2 – Lista dos 10 maiores eventos hidrológicos de Secas

Nº	ABUNA		PORTO VELHO		MANICORÉ		BORBA		HUMAITÁ		VILA BELA S. TRINDADE		TABAJARA		SUCUNDURI	
	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)
1	1996	516	2005	164	1988	833	2010	762	2005	895	2002	16	1998	203	2007	228
2	2006	524	2004	228	1980	900	2005	790	1988	923	1994	19	1983	220	1997	234
3	1985	530	2010	228	1981	961	1995	798	1995	930	2008	48	1980	230	1998	248
4	2005	587	2006	230	1987	1008	1998	813	2010	932	2010	49	1981	234	1992	252
5	2010	600	1995	231	1984	1033	2007	866	1999	937	2004	50	1999	250	1999	252
6	1994	612	1999	231	1995	1037	1987	882	1998	938	2007	58	1988	255	2005	253
7	2007	620	2007	232	1983	1048	1999	893	2006	941	2005	62	1987	260	1987	256
8	1988	625	1988	248	1990	1097	1997	904	2007	942	2003	63	2005	261	1981	258
9	1995	628	1994	248	2004	1115	2006	905	2004	943	2006	66	1984	266	1983	258
10	1998	628	1998	254	1998	1124	1983	910	1987	953	2009	66	2010	269	1991	258
Nº	JIPARANÁ		FAZ. VISTA ALEGRE		BOCA DO GUARIBA		PEDRASNEGRAS		FAZENDA RIO BRANCO		SANTA ISABEL		NOVA ESPERANÇA		PIMENTA BUENO	
	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)	Ano	Cota(cm)
1	1986	607	2005	781	1981	324	1987	221	2010	424	2010	945	1988	-98	1998	345
2	1998	608	1995	796	1998	324	2005	225	2005	428	1998	950	2005	-89	2009	360
3	1983	612	1998	818	2010	324	2004	227	2008	429	2005	959	2010	-60	1987	361
4	1981	620	1987	850	1983	325	2000	231	1995	436	1995	960	1998	-37	1993	362
5	1999	622	2010	853	2007	326	2007	231	1988	437	1983	962	2004	-26	2002	363
6	1987	624	2007	868	1995	330	2002	235	1993	440	1988	962	2007	-13	1983	364
7	2009	624	1999	878	1988	332	2008	236	1999	440	1992	962	1999	-12	1984	365
8	1980	628	2006	880	1987	333	1988	237	2002	441	1993	963	1987	0	1999	366
9	2005	629	1988	899	1992	333	1999	238	1980	442	1987	964	1995	3	1988	367
10	2010	629	1983	910	2005	334	1983	239	1987	442	2007	964	2006	3	2004	367