



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

JAQUELINE CRISTINA DO CARMO SANTOS

**EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS NA CALHA DO MÉDIO
E BAIXO AMAZONAS**

Belém-PA

2014

JAQUELINE CRISTINA DO CARMO SANTOS

**EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS NA CALHA DO MÉDIO
E BAIXO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Física do Clima

Orientador: Prof. Dr. Edson José Paulino da Rocha

Belém-PA

2014

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
(Biblioteca do Instituto de Geociências/UFPA)

Santos, Jaqueline Cristina do Carmo, 1988-
Eventos hidrológicos extremos na calha do Médio e Baixo
Amazonas / Jaqueline Cristina do Carmo Santos. – 2014.
68 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Edson José Paulino da Rocha

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais, Belém, 2014.

1. Catástrofes naturais - Amazônia. 2. Amazônia - Clima. I.
Título.

CDD 22. ed. 363.3409811

JAQUELINE CRISTINA DO CARMO SANTOS

**EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS NA CALHA DO MÉDIO
E BAIXO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Física do Clima

Aprovado em: 02 / 07 / 2014

Banca Examinadora

Prof. Edson José Paulino da Rocha - Orientador
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Everaldo Barreiros de Souza-Membro
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Prof. Adriano Marlisom Leão de Sousa- Membro
Doutor em Recursos Hídricos de Saneamento Ambiental
Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Joice Nunes Ferreira - Membro Externo
Doutor em Ecologia
Embrapa Amazônia Oriental

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me possibilitado o ingresso em um Curso de Mestrado, uma das melhores experiências já vivenciadas por mim. A Ele toda minha gratidão e honra.

Aos meus pais (Francisco Tadeu Santos e Alda luz do Carmo Santos), que me deram todo o apoio emocional, estrutural e financeiro para conseguir ingressar em um curso de Mestrado. Serei eternamente grato a vocês.

Ao meu Esposo (Vilson Nascimento) que tanto amo e que sempre foi tão compreensivo. Obrigada por sua força e carinho nos momentos mais difíceis. Te amarei para sempre.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio financeiro, disponibilizando uma bolsa de estudos, fundamental para o desenvolvimento da pesquisa.

À Coordenadoria de Defesa Civil do Estado do Pará, que, na figura do Cabo Artur, foi muito solícita, disponibilizando importantes informações qualificadas que foram utilizadas neste trabalho de pesquisa.

Ao meu Orientador Edson José Paulino da Rocha por toda a paciência e credibilidade que me concedeu ao aceitar-me como sua orientanda.

Aos meus colegas do Laboratório de Hidrometeorologia, pela ajuda na tabulação de alguns dados e construção de mapas.

Às amigas Vânia e Ana Paula em especial, pela ajuda emocional prestada nas horas de grandes dificuldades e estresses. Vocês se mostraram verdadeiras amigas ao longo desse tempo.

E a toda turma do PPGCA de ano de 2012 meus sinceros votos de sucesso.

“Não tenham medo dos seus inimigos. Sejam sempre corajosos, pois isso será uma prova para eles de que serão derrotados e de que vocês serão vencedores. Por que é de Deus que vem a sua vitória. Filipenses 2:28”

RESUMO

Os eventos extremos hidrológicos possuem uma ligação direta com os efeitos da precipitação sobre a bacia de um determinado rio. E em cima do contexto “Bacia Amazônia” as ações geradas pela ação inevitável de fenômenos naturais dentre as quais destacam-se as forçantes oceânicas como o El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico que atuam no sentido de modificar o padrão de circulação atmosférica e conseqüentemente o padrão de chuvas sobre um região hidrográfica, acarretam não somente em diferentes desníveis da altura do rio, sobretudo, os impactos sociais refletidos sobre as comunidades residente as margens e entornos dos rios são a grande preocupação que circundam o cenário global. Na Amazônia há notícias de dois tipos de desastres naturais; a secas e cheias das cidades. Dessa maneira essa pesquisa discute estatisticamente (através da técnica dos quantis) os valores de cotas fluviométricas que ultrapassam a normalidade (tendência central) na calha do médio e baixo Amazonas em 31 anos de dados (1982 a 2012). A pesquisa também avalia os impactos sociais associados as ocorrências de secas e cheias e como indicador para análise de tais impactos, adotou-se os registros do número de famílias desabrigadas. Para atingir os objetivos, foi realizada uma pesquisa documental na: Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado do Ceará (CEDEC), os dados de cotas fluviométricas foram encontrados no banco de dados da Agencia Nacional de Aguas – ANA, os dados de ocorrências de El Niños/La Niña e Dipolo do Atlântico obtidos na *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), *Climate Prediction Center* (CPC). Os resultados mostram que o regime hidrológico envolvente ao longo da calha do médio e baixo Amazonas atinge picos máximos nas estações de Manaus, Óbidos, Parintins, Oriximiná e Santarém nos meses de Maio e Junho. Enquanto que para as localidades de Borba e Porto de Moz esse regime é antecipado e fica entre Abril e Maio. Os resultados também mostram que para o período de 31 anos de estudo, o número de ocorrências das cheias foi em maior quantidade do que as secas. A número de pessoas atingidas por eventos de secas e cheias mostram que os eventos extremos hidrológico são recorrentes na região do médio e baixo Amazonas, e representam um indicador da realidade das condições estruturais que cada localidade apresenta.

Palavras-chave: Desastres Naturais. Mecanismos Climáticos. Amazônia.

ABSTRACT

The hydrological extreme events have a direct link with the effects of rainfall on a particular river basin. On top of the context "Amazon Basin", actions generated by the inevitable action of natural phenomena among which stand out the oceanic forcings such as El Niño, La Niña and Atlantic dipole that act in order to modify the pattern of atmospheric circulation and consequently the rainfall pattern on a river basin district, entail not only in different river height gaps, above all, the social impacts reflected on communities residents in the margins and surroundings of the rivers are the major concern surrounding the global scenario. On Amazon there are reports two types of natural disasters, the droughts and floods of cities. In this way this research discusses statistically (through the technique of quantis) the fluviometric quota values that go beyond normalcy (central tendency) in the middle and lower Amazon channel in 31 years of data (1982 to 2012). The research also evaluates the social impacts associated with occurrences of droughts and floods and as an indicator for the analysis of such impacts, it was adopted the registers the number of homeless families. To achieve the goals, it was held a documentary research on: State Civil Defense Coordination of Ceará (CEDEC), data on pluvial dimensions were found in the database of the National Agency Water (ANA), the data of occurrences of El Niño/La Niña and Atlantic dipole obtained in the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), and Climate Prediction Center (CPC). The results show that the surrounding hydrological regime along the channel of the middle and lower Amazon reaches maximum peaks in the stations of Óbidos, Manaus, Parintins, Santarém and Oriximiná in the months of May and June. While for localities of Borba and Porto de Moz this regime is anticipated and is between April and may. The results also show that for the period of 31 years of study, the number of occurrences of floods was in greater quantity than droughts. The number of people stricken by events of drought and flood show that the hydrological extreme events are recurring in the middle and lower Amazon, and represent an indicator of reality of the structural conditions that each location features.

Keywords: Hydrology. Hydrological Extreme Events. Amazon.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

- Figura 1 - Réguas linimétricas e RN fixado a poucos metros da última régua da estação fluviométrica de Abuña(RO) e ao lado direito a estação de Humaitá(AM) onde os barcos encostam em cima das réguas submersas 19
- Figura 2 - Atuação da ZCIT no dia 9 de abril de 2009. Causando fortes pancadas de chuvas na região norte e no setor norte da região nordeste. 22
- Figura 3- Histogramas de precipitação médias mensais observadas em sub-regiões da Amazônia..... 24
- Figura 4: Área de localização do El Niño 3 (5°N-5°S, 150°W-90°W) e 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W), Dipolo do Atlântico (Norte: 5°N-20°N, 30°E-60°W; Sul: 0°-20°S, 30°W-60°W). 25
- Figura 5 -Relação dos anos em que se observaram os eventos do Padrão de Dipolo de anomalias de TSM sobre a Bacia do Atlântico Tropical 28
- Figura 6- Configuração do Dipolo (a) Positivo e (b) Negativo, com águas mais quentes (frias) no Atlântico Norte e águas mais frias (quentes) no Atlântico Sul ... 28
- Figura 7 - Influência dos rios nas atividades das populações locais 32
- Figura 8 - Demonstração hidrográfica da área que corresponde ao Médio e Baixo Amazonas. 34
- Figura 9 - Regime hidrológico do rio Negro em Manaus-Cotas Fluviométrica (cm) 46
- Figura 10 - Variabilidade interanual do rio Negro em Manaus-Cotas Fluviométrica (cm) 46
- Figura 11 - Regime hidrológico com análise de cotas fluviométricas no Rio Amazonas em Óbidos e Parintins..... 47
- Figura 12 - Regime hidrológico com análise de cotas fluviométricas mensais para o rio Amazonas em Óbidos e Parintins 48

Figura 13- Amplitude Climatológica da calha do médio e baixo amazonas no período de 1982 a 2012.....	50
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estações hidrológicas da calha do Rio Amazonas (entre Manaus e Porto de Moz	35
Tabela 2- Principais características dos rios estudados na calha o médio e baixo Amazonas	36
Tabela 3- Principais características dos municípios estudados na calha o médio e baixo Amazonas	37
Tabela 4- Cálculos de categorias quantílicas para o município de Manaus	43
Tabela 5- Cálculos de categorias quantílicas para o município de Manaus.....	43
Tabela 6- Registros numéricos das cotas fluviométricas (cm).....	45
Tabela 7 -Médias anuais de cotas fluviométrica para as estações localizadas ao longo da calha do Amazonas. A sigla NG são os valores que não foram registrados pela Agência Nacional de Águas	53
Tabela 8- Limites intervalares para determinação das características hidrológica (cotas fluviométricas em centímetros). Onde X é o valor médio de toda série histórica referente a cota dos rios.....	54
Tabela 9- Definição para catalogação de extremos hidrológicos na calha do médio e baixo Amazonas- Em Azul são os extremos de cheias. Em vermelho anos de extremos de secas. Os dados não registrados possuem a sigla NG	56
Tabela 10- Ocorrências de Eventos Extremos na Calha do Médio e Baixo Amazonas	60
Tabela 11- Registros numéricos dos danos humanos causados pelas enchentes em Óbidos.....	61
Tabela 12- Registros numéricos -Consequências das cheias para o ano de 2006.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS

ANTAQ- Agência Nacional de Transportes Aquaviário

ANA- Agência Nacional de Águas

AVADAN- Formulário de avaliação de danos

CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CBR- Cesta Básica Regionalizada

CEDEC- Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Pará

CPC- Climate Prediction Center

ECP- Estado de Calamidade Pública

EM-DAT-Emergency Events Database

ENOS/ENSO- El Niño/LaNiña Southern Oscillation

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

NOAA- National Oceanic and Atmosphere Administration

NOPRED: Notificação Preliminar de Desastres

OMM- Organização Meteorológica Mundial

SE- Situação de Emergência

TSM- Temperatura da Superfície Marítima

ZCIT- Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 JUSTIFICATIVA E PROBLEMÁTICA	16
3 OBJETIVOS	17
3.1 Objetivos específicos	17
4 REFERENCIAL TEÓRICO	18
4.1 Conceitos básicos de hidrologia	18
4.1.1 Região Hidrográfica	18
4.1.2 Cotas Fluviométricas	18
4.1.3 Regime Hidrológico	19
4.2 Bacia Amazônica	20
4.3 Sistemas convectivos na Amazônia	21
4.4 Mecanismo climático de grande escala	24
4.4.1 El Niño e La Niña	25
4.4.2 Dipolo do Atlântico	27
5 IMPACTOS DOS EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS NA SOCIEDADE-DESASTRES NATURAIS	31
6 MATERIAL E MÉTODO	34
6.1 Área de estudo	34
6.1.1 Localização da área de estudo	34
6.1.2 Rios da área de estudo	36

6.1.3 Municípios da área de estudo	37
6.2 Dados	38
6.3 Metodologia e método	39
6.3.1 Método dos Quantis.....	41
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
7.1 Regime hidrológico.	44
7.2 Variabilidade hidrológica interanual.	52
7.2.1 Classificação do Eventos hidrológicos extremos através da técnica dos Quantis .	53
7.3 Impactos sociais referente aos eventos hidrológicos extremos na Calha do Amazonas	57
8 CONCLUSÃO	62

1 INTRODUÇÃO

O comportamento climático da Terra vem apresentando mudanças significativas, nas últimas décadas, e uns dos grandes contribuintes para isso são os eventos climáticos extremos, ligados muito possivelmente às mudanças climáticas globais, tema este muito discutido na esfera mundial após a divulgação, do quarto relatório do IPCC em fevereiro de 2007 (IPCC *Fourth Assessment Report*) os quais indicam mudanças drásticas no clima do planeta até o final do século XXI.

Tais mudanças, em princípio, se devem a problemática do aquecimento global justificado pelo aumento expressivo da concentração dos gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera, desencadeado por atividades antropogênicas, onde uma mudança no clima significa uma mudança na circulação geral da atmosfera, pois dessa última o clima depende em última análise (AYOADE, 1996).

Para a Amazônia os efeitos das mudanças climáticas e do aquecimento global sobre a hidrologia e a precipitação, mostram através de diversos estudos entre eles o de Ronchail et al (2002) e Marengo (2004), que a Bacia Amazônica é muito afetada pelo aquecimento ou resfriamento anômalo da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Pacífico Tropical e Oceano Atlântico. E os eventos extremos são condicionados a forma como essa bacia hidrográfica é afetada.

Ocorrências de anos quentes no Pacífico Tropical (El Niño), tendem a provocar déficits de chuva na parte norte e central da Bacia Amazônica (como por exemplo, as secas de 1926, 1983 e 1998); episódios frios (La Niña) estão geralmente associados com chuvas em excesso na parte norte da bacia. Entretanto, há eventos hidrológicos extremos na Amazônia que não estão associados com El Niño ou La Niña, como por exemplo, a seca de 2005 (TOMASELLA, 2011).

Outro fator muito importante para o aumento de eventos extremos hidrológicos e para os efeitos que estes causam sob a população (desastre natural) é a urbanização. Nos últimos trinta anos os habitantes que residem em espaços urbanos aumentou consideravelmente (MARCELINO, 2006), e a preocupação com os impactos gerados pelos desastres naturais cresceu à medida que expandiu-se o processo de urbanização, acarretando em diferentes danos à qualidade de vida humana, como: altos índices de doenças e de desabrigados, elevado número de mortos e feridos, perdas econômicas, impactos no meio ambiente etc.

Contudo só é possível definir eventos extremos, segundo Marengo et al. (2004), quando se pode determinar seus impactos (perdas econômicas, perdas de vidas, etc.) ou suas causas físicas (chuvas acima de algum valor limite durante um curto período, níveis ou descargas de rios maiores que um valor crítico).

Comparados com outros extremos de seca do passado, os impactos parecem ser maiores agora que em outras secas como em 1926 ou 1998, e isso mostra que as populações nas margens dos rios Amazônicos estão mais expostas e são mais vulneráveis no presente que no passado devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento econômico. Nas regiões onde os eventos extremos hidrológicos são mais intensos e/ou mais frequentes, os custos econômicos e sociais desses eventos são maiores (TOMASELLA, 2011)

No Brasil, os principais fenômenos relacionados a desastres naturais são derivados da dinâmica externa da Terra. Esses fenômenos ocorrem normalmente associados a eventos precipitação intensos e prolongados (LEAL, 2010).

As articulações de alternativas de monitoramento contra os impactos gerados pela ação inevitável de alguns fenômenos naturais, dentre eles, a influência das forçantes oceânicas como El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico no regime hidrológico dos rios, e a previsão de impactos causados por eventos extremos, se tornou um dos grandes desafios que atualmente a sociedade e o estado brasileiro enfrentam.

Assim, no âmbito de impactos causados pela variabilidade dos regimes hidrológicos dos principais tributários do rio Amazonas, essa pesquisa se junta a outras com o objetivo de melhorar e aprofundar o conhecimento científico e entendimento dos processos hidrológicos e os seus efeitos sobre a bacia Amazônica, com destaque para a Calha do Médio e Baixo Amazonas. Portanto em uma primeira tentativa, esse trabalho procurou integrar os dados hidrológicos com os possíveis impactos sociais através de um indicador: o número de famílias afetadas pelos eventos de secas e cheias.

2 JUSTIFICATIVA E PROBLEMÁTICA

Nos últimos anos vem crescendo os estudos sobre bacias hidrográficas, principalmente sobre a bacia Amazônica, que constitui a maior Bacia Hidrográfica do mundo em diversos aspectos, um deles recentemente abordado é o hidrológico (MUNIZ, 2012). Dessa maneira há interesse muito forte em estudar os eventos extremos hidrológicos registrados nos últimos anos, com a finalidade tanto estimar suas tendências atuais como também pela preocupação que os mesmos ocasionam a sociedade (Desastres Naturais). Seguindo esta linha de pesquisa hidrológica, este trabalho propõe estudar a variabilidade hidroclimática na Calha do Médio e Baixo Amazonas. Esta proposta também analisa os padrões do regime fluviométrico dos rios Solimões e Negro (em Manaus), Amazonas (em Obidos e Parintins), Madeira (em Borba), Xingu (em Porto de Moz), Trombetas (em Oriximiná) e Tapajós (em Santarém) analisando as variabilidades mensais e interanuais, detectando os extremos de secas e cheias e suas relações com as anomalias de TSM do Pacífico e Atlântico.

3 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa será a estudar o Regime Hidrológico ao longo da Calha do Médio e Baixo Amazonas (entre Manaus e Porto de Móz) avaliando os extremos hidrológicos de secas e cheias e suas relações com a variabilidade interanual das anomalias de TSM do Atlântico e Pacífico (El Niño/La Niña e Dipolo do Atlântico) e os impactos destes eventos sobre as comunidades na região em estudo.

3.1 Objetivos específicos

- (1) Analisar o regime hidrológico dos rios Solimões e Negro (em Manaus), Amazonas (em Óbidos e Parintins), Madeira (em Borba), Xingu (em Porto de Moz), Trombetas (em Oriximiná) e Tapajós (em Santarém).
- (2) Estudar as ocorrências de eventos hidrológicos extremos (secas e cheias) na calha do Médio e Baixo Amazonas.
- (3) Definir a relação entre os eventos extremos mais relevantes e suas relações com as forçantes do Pacífico e do Atlântico (El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico).
- (4) Analisar os impactos sociais causados por eventos extremos de secas e cheias, com ênfase para o número de pessoas desabrigadas.

REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Conceitos básicos de hidrologia

Para o melhor entendimento dos processos hidrológicos de uma determinada região se faz necessário conhecer alguns conceitos básicos, detalhados nos sub tópicos seguintes;

4.1.1 Região Hidrográfica

É o espaço territorial compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA, 2013).

4.1.2 Cotas Fluviométricas

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, 1976). Convencionalmente são medidas em cm.

A medição do nível da água se dá por meio de linímetros, mais usualmente 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, 2001).

Os enganos do observador na leitura, em geral por pessoas de pouca instrução podem ocorrer devido às dificuldades, na leitura durante as cheias, ou por problemas causados pelo alto impacto da água em grande velocidade contra o suporte (MUNIZ, 2012)

Para isso se faz necessário 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 (Figura 1). As estações fluviométricas são instaladas considerando um nível de referência arbitrário o que é comprovado nos dados através das diferentes valores de máximos e mínimos.

Figura 1 - Réguas linimétricas e RN fixado a poucos metros da última régua da estação fluviométrica de Abuña(RO) e ao lado direito a estação de Humaitá(AM) onde os barcos encostam em cima das réguas submersas



Fonte: (MUNIZ, 2011).

4.1.3 Regime Hidrológico

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.

O regime hidrológico (hidrógrafa anual) define o comportamento hidrológico do rio em uma determinação ponto (estação de medição) durante um ciclo anual (ciclo hidrológico anual). Nele identificam-se os meses que o rio frequentemente enche e seca. A variabilidade anual é identificada analisando os anos como maiores picos de estiagem e cheias de cada localidade, e estão associados a dinâmica de resfriamento/aquecimento dos oceanos. A dinâmica fluvial dos rios (com regimes de cheias e estiagem) deve-se a sistemas climáticos formadores de chuva na bacia, que sofrem alterações em sua intensidade provocadas pela dinâmica oceânica de ENOS e Dipolo do Atlântico, controlando, portanto, os extremos hidrológicos (secas e cheias dos rios).

Uma das primeiras definições de regime hidrológicos foram apresentadas por Molinier et al ,(1995), que leva em consideração o efeito da pluviometria no escoamento da bacia, convertido em vazão nos cursos d'água. Assim de acordo com esta classificação existem para Amazônia brasileira quatro tipos principais de regimes hidrológicos que Filiziola (2006) resume em seu artigo da seguinte maneira;

1) *O regime tropical austral, com um só pico de cheia, normalmente acontecendo no primeiro semestre do ano calendário e o período de seca ocorrendo em*

meados do segundo 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;

2) O regime tropical boreal (rio Branco em particular) com um pico de cheia bem marcado no segundo semestre do ano civil e o período de seca em torno na metade do primeiro semestre do ano civil;

3) O regime equatorial, representado pelo rio Negro e também pelos rios Içá e Japurá, nos quais o pico de cheia é mais acentuado no meio do ano, sendo que por vezes observa-se até dois picos de máxima no ano. Nesses rios o período de seca se observa na primeira metade do ano civil;

4) O regime equatorial alterado representado pelo Solimões e pelo Amazonas, sofrendo a influência dos três regimes já citados anteriormente, com as cheias entre maio e junho e o período de secas entre outubro e novembro”

Tomasella et al (2011) comenta que ponto de vista hidrológico, a bacia Amazônica é subdividida em três sub-regiões com regimes hidrológicos contrastantes: os tributários do norte, os tributários do sul e a calha principal que recebe a contribuição dos tributários do norte e sul, ele ainda menciona que qualquer alteração na magnitude o no período de ocorrência da estação chuvosa, seja no norte, seja no sul da bacia, pode exacerbar a subida ou descida dos níveis hidrométricos na calha principal, a exemplo o autor cita o caso da vazante de 1997, relacionada com um evento El Niño, (terceira maior vazante do período 1907-2009), onde os níveis do rio na calha principal foram afetados pela queda brusca dos níveis dos tributários do Norte; já na vazante de 2005 (sétima maior vazante no período 1903-1999), a descida foi acentuada pelos déficits de vazão nos tributários localizados ao sul da calha principal.

4.2 Bacia Amazônica

Nobrega (2008) comenta com base em Becker (1991) que a Amazônia, é toda a região compreendida pela grande bacia hidrográfica do rio Amazonas, a mais extensa bacia hidrográfica do planeta, formada por um complexo de 25.000 km de rios navegáveis distribuídos em cerca de 6.900.000 km², dos quais aproximadamente 3.800.000 km² em território brasileiro.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2003) define a região hidrográfica Amazônica como sendo constituída pela bacia hidrográfica do rio Amazonas, situada em território nacional, e pelas bacias hidrográficas da ilha de Marajó e do Estado do Amapá. Portanto, a região hidrográfica diferencia-se da bacia hidrográfica por estar totalmente localizada em território brasileiro, abrangendo os estados do Amazonas, Acre, Rondônia, Roraima, Pará, Amapá e norte do Mato Grosso. Ocupa uma área de 3,8 milhões de quilômetros quadrados, correspondendo a 45% da área total do país.

4.3 Sistemas convectivos na Amazônia

Os mecanismos de aquecimento da atmosfera tropical são originados em sua grande parte por convecção que ocorre na região Amazônica, estes mecanismos são de tamanha importância na determinação do tempo e clima desta região.

Os principais sistemas atmosféricos que interferem nas condições de tempo e que ocorrem com mais frequência na região Amazônica, cuja ação conjunta ou não com outros eventos, produz precipitação significativa são: Aglomerados convectivos (AC), Linhas de Instabilidade (LI), Sistemas Frontais (SF), Zona de Convergência do Atlântico Sul ZCAS e a Zona de Convergência Intertropical ZCIT.

Marengo (2009) comenta que a chuva na região norte do Brasil está associada a flutuação sazonal da ZCIT, conforme mostrada na Figura 2. Essa zona é caracterizada por atividade convectiva intensa, é a área que circunda a Terra, próxima ao equador, onde os ventos originários dos hemisférios norte e sul se encontram.

A ZCIT alcança sua posição mais austral entre o verão e o outono (de Fevereiro a Abril- aproximadamente a 4°S no Atlântico), período propício as chuvas no norte do Brasil, já no final do inverno a ZCIT alcança a posição mais boreal (aproximadamente 10°N no Atlântico e 13°N no Pacífico) onde a precipitação apresenta uma menor taxa (LEAL, 2010)

Figura 2 - Atuação da ZCIT no dia 9 de abril de 2009. Causando fortes pancadas de chuvas na região norte e no setor norte da região nordeste.



Fonte: Extraído de Monteiro (2011); CEPTEC/INPE (2009)

Moliom (1987, 1993) comenta que as LIs são mecanismos que provocam chuvas. Coehn et al (1989), em um de seus pioneiros trabalhos sobre as LIs mostra que as mesmas, são um dos sistemas atmosféricos atuante na área leste do Pará e que contribuem com 45% da chuva que cai durante o período chuvoso.

Em um estudo climatológico realizado por Cavalcanti (1982), observou-se que ao sul da ZCIT ocorre a formação e o posicionamento dessas linhas de instabilidade, período em que a ZCIT está em maior frequência e mais organizada. As LIs de acordo com a literatura (CAVALCANTI, 1982; SILVA, 1987; VERNON 1980) afirma que a convecção induzida pela brisa marítima e a interação dos ventos alísios com a circulação de brisa, formam as Linhas de Instabilidade Tropicais (IT's) que adentram o continente, são bandas de nuvens responsáveis pela formação de precipitação, organizadas em formas de forma de linhas. O seu desenvolvimento acontece pela grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical, contribuindo para formação de nuvens do tipo cumulus, que no período da tarde e noite atingem um número maior, quando a convecção é máxima o que acarreta em chuvas com altos índices pluviométricos (MONTEIRO 2012).

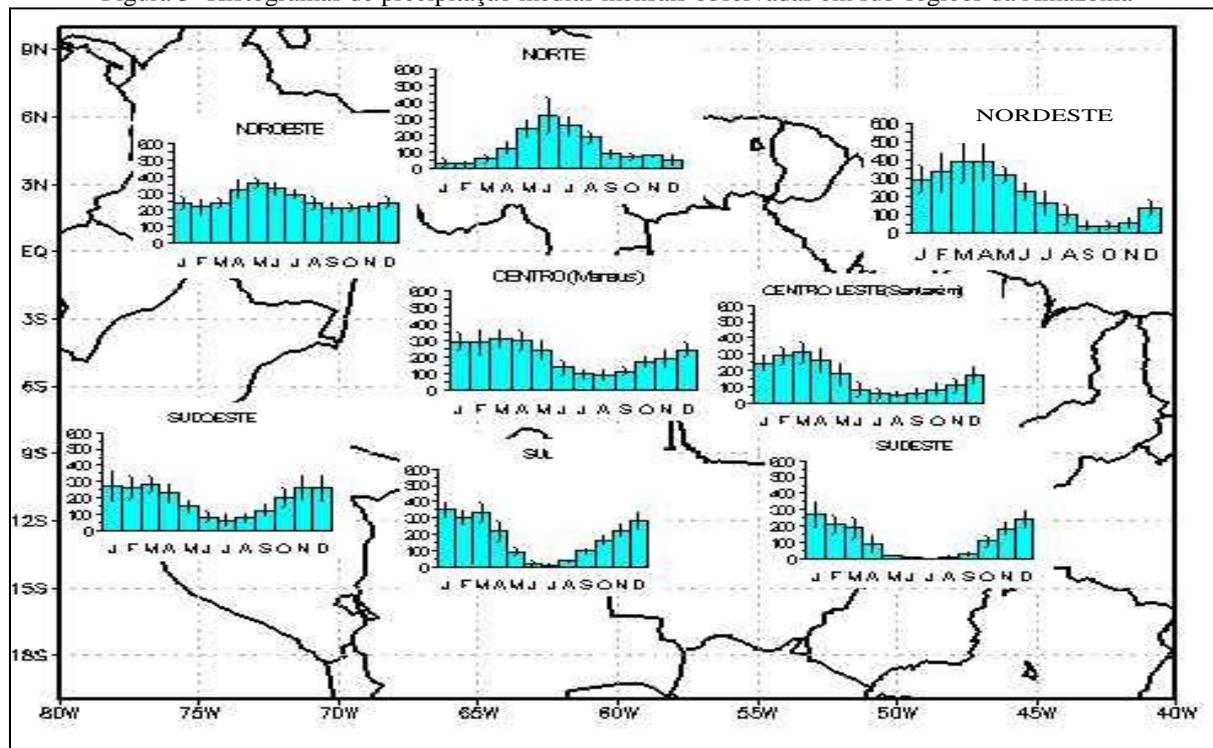
Para Molinier, 1995, a Bacia Amazônica está submetida a um regime de precipitação fundamentalmente de origem atlântica com precipitação média anual de

2.460mm/ano. Na bacia do Rio Negro correspondente a parte Norte da bacia Amazônica a distribuição sazonal da precipitação apresenta como máximos pluviométricos os meses de Maio a Junho, enquanto que ao Sul da Bacia Amazônica os máximos ocorrem de Dezembro a Março indicando sensíveis diferenças entre Norte e Sul da Bacia Amazônica.

Com o objetivo de mostrar a distribuição mensal da precipitação na Amazônia, Rocha (2001) mostra na Figura 3, as médias mensais observadas em sub-regiões da Amazônia localizadas no noroeste, norte, nordeste, centro, centro-leste, sudoeste, sul e sudeste. No Noroeste da Amazônia observa-se um regime pluviométrico anual acima de 4000 mm e mensal sempre superior a 200 mm, com máximo em junho e mínimo em outubro.

O regime de precipitação da sub-região Norte apresenta máximos em junho e mínimos em janeiro, porém as intensidades são menores que as precipitações observadas na sub-região noroeste. Estes regimes pluviométricos das sub-regiões norte e noroeste regulam o regime hidrométrico dos rios da margem esquerda do rio Amazonas (rios Negro e Tronbetas). Nas sub-regiões centrais, sul e sudoeste o regime de precipitação apresenta máximos em abril e mínimos em outubro, portanto regulando o regime hidrológico dos rios da margem direita do rio Amazonas (Madeira, Tapajós e Xingu).

Figura 3- Histogramas de precipitação médias mensais observadas em sub-regiões da Amazônia



Fonte: Rocha (2001)

Marengo et al. (2008) e Tomasella et al. (2010) mostraram que a parte sul da bacia Amazônica é afetada por reduções nas chuvas como consequência do aquecimento anômalo do Atlântico Tropical Norte. Eles afirmam que esse foi o principal fenômeno responsável pelas secas de 1963 e 2005. Os regimes de precipitação no Brasil ocorrem em diferentes épocas do ano para cada região. Na região sul a precipitação é praticamente homogênea ao longo do ano todo. Já na região centro-oeste e sudeste do país, o máximo de precipitação ocorre no verão e o mínimo no inverno. No norte e nordeste (NEB) o máximo de precipitação surge no primeiro semestre do ano, sendo que esse máximo é maior no norte do que no nordeste. No sertão nordestino o máximo de precipitação ocorre no verão e o mínimo no inverno, porém os totais de precipitação são reduzidos em relação às outras regiões (REBOITA, 2010).

4.4 Mecanismo climático de grande escala

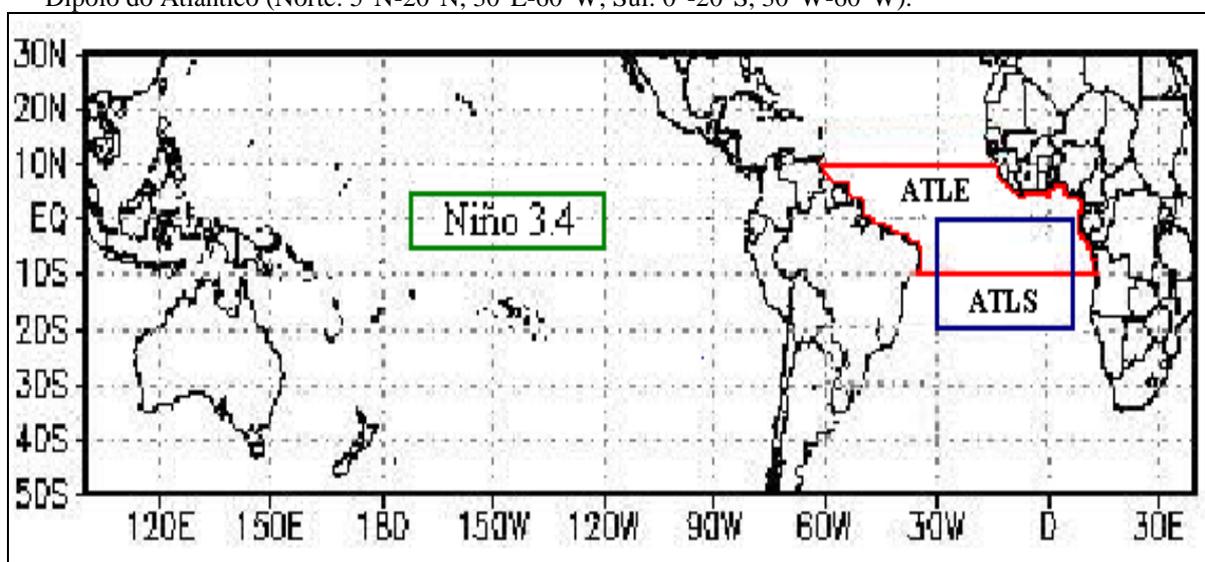
A variabilidade espacial e temporal da precipitação sobre a Amazônia, durante os meses do período chuvoso, é diretamente influenciada pelos mecanismos climáticos de grande escala que ocorrem sobre os oceanos tropicais adjacentes, no caso o Oceano Pacífico Equatorial (OPE) e Oceano Atlântico Tropical (OAT). Esses mecanismos

envolvem complexas interações oceano-atmosfera na região tropical global. (LEAL, 2010).

Tais mecanismos climáticos de grande escala que se adotará neste trabalho são conhecidos como e mostrados na Figura 4:

- Ciclo do El Niño/Oscilação Sul (ENOS) sobre o Oceano Pacífico;
- Padrão de Dipolo ou fases do gradiente meridional das anomalias de TSM na bacia intertropical do Oceano Atlântico.

Figura 4: Área de localização do El Niño 3 (5°N-5°S, 150°W-90°W) e 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W), Dipolo do Atlântico (Norte: 5°N-20°N, 30°E-60°W; Sul: 0°-20°S, 30°W-60°W).



Fonte: Sousa (2004)

4.4.1 El Niño e La Niña

Leal (2010) menciona que o desvio da condição normal de temperatura do OPE, o fenômeno ENOS se apresenta em duas fases extremas, tendo como característica uma fase quente e outra fria, chamadas também de fase positiva e negativa, respectivamente. A fase positiva do ENOS é denominada El Niño (desfavorável às chuvas) e caracteriza-se pelo aquecimento das águas simultaneamente com a diminuição da pressão atmosférica no Pacífico leste. A fase negativa, chamada de La Niña (favorável às chuvas) ocorre quando há resfriamento das águas e aumento na pressão atmosférica na região leste do Pacífico (FONTANA, 1996; GRIMM, 1998).

Bezerra (2006) afirma que as condições de El Niño e La Niña abrangem uma grande variabilidade. A autora faz citação de Trenberth (1997) que identificou as áreas do Niño 3 e Niño 3.4 (FIGURA 4) como sendo as áreas que fornecem com mais certeza a intensidade dos episódios ENOS sobre o Oceano Pacífico Tropical, e sua fase de maturação que ocorre durante os meses de novembro a janeiro.

A autora adotou em seu trabalho os seguintes critérios para indicar os eventos de El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico de acordo com a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) onde se têm:

- Anomalias de TSM no Pacífico equatorial $\geq 1,0^{\circ}\text{C}$ ($\leq -1,0^{\circ}\text{C}$) para caracterização de um evento de El Niño (La Niña) durante a fase de maturação sobre as áreas do Niño 3 e 3.4;
- Anomalias de TSM no Atlântico, que, simultaneamente, apresentaram anomalias opostas sobre a Bacia norte e Bacia sul de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, principalmente, durante a estação de fevereiro a abril .

Quinn *et al.* (1978), citados por Philander (1989), introduziram quatro categorias de El Niño: forte, moderado, fraco, e muito fraco.

Leal (2010) comenta que os impactos do La Niña não são tão evidente quanto os do El Niño e dependem da região e da intensidade do fenômeno. Caramori (2010) indica que os eventos La Niña mais observados ocorreram nos anos de 1988/89 (um dos mais intensos), 1995/96, 1998/99 e 2007/2008.

Em geral, episódios La Niña têm frequência de 2 a 7 anos, mas ocorrem com menor frequência comparado ao El Niño. A duração média dos episódios La Niña é de aproximadamente 9 a 12 meses e pode durar até 2 anos, aproximadamente. Um episódio La Niña começa a desenvolver-se em certo ano, atinge sua intensidade máxima no final daquele ano, vindo a dissipar-se em meados do ano seguinte.

Bezerra (2010) faz um resumo dos efeitos do El Niño e La Niña no Brasil e no mundo e afirma que;

Os efeitos do fenômeno El Niño podem causar prejuízos e benefícios;

- Os prejuízos causados são muito maiores que os benefícios. Então, para o Brasil, o El Niño é preocupante, principalmente, para agricultores.
- Os países vizinhos ao Brasil, como Bolívia e Equador, sofreram com epidemia de malária devido a excesso de chuva provocada pelo fenômeno no ano de 1993 (Oliveira, 1999). Outros países também sofrem epidemia de cólera provocada pelo aumento da temperatura do ar.
- Nas áreas pesqueiras prejuízos são detectados. No litoral oeste da América do Sul, o Peru, é um dos países mais afetados neste setor pelo fenômeno.
- O Bloqueio das frentes frias no sul do continente sul-americano pelas correntes-de-jato. Pois essas correntes passam a funcionar como barreiras de ar, que impedem que as frentes frias, que provocam chuva, sigam seu trajeto em direção ao norte. As chuvas que deveriam ser distribuídas ao longo do litoral leste da América do Sul acabam caindo todas numa só área (Henrique, 1993).

Já os principais efeitos de episódios de La Niña observados sobre o Brasil são:

- Passagens rápidas de frentes frias sobre a Região Sul, com tendência de diminuição da precipitação nos meses de setembro a fevereiro, principalmente no Rio Grande do Sul, além do centro-nordeste da Argentina e Uruguai;
- Temperaturas próximas da média climatológica ou ligeiramente abaixo da média sobre a Região Sudeste, durante o inverno;
- Chegada das frentes frias até a Região Nordeste, principalmente no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas; em geral, chuvas abundantes no norte e leste da Amazônia e podendo ocorrer chuvas acima da média na região semiárida do Nordeste do Brasil;
- Na Amazônia, as vazões dos Rios mostram valores maiores que a média durante os episódios de La Niña, e valores mais baixos nos anos de El Niño.

4.4.2 Dipolo do Atlântico

O padrão de Dipolo, é o modo de variabilidade oceano-atmosfera de grande escala mais importante da variabilidade climática interanual sobre a Bacia do Atlântico Tropical durante o outono austral. Onde se caracteriza pela manifestação de um padrão de anomalias de TSM, configurando-se espacialmente com sinais opostos sobre a Bacia Norte e Sul do Atlântico. Bezerra (2010) menciona que esse padrão de anomalias de TSM propicia a ocorrência de gradientes meridionais de anomalias de TSM, os quais

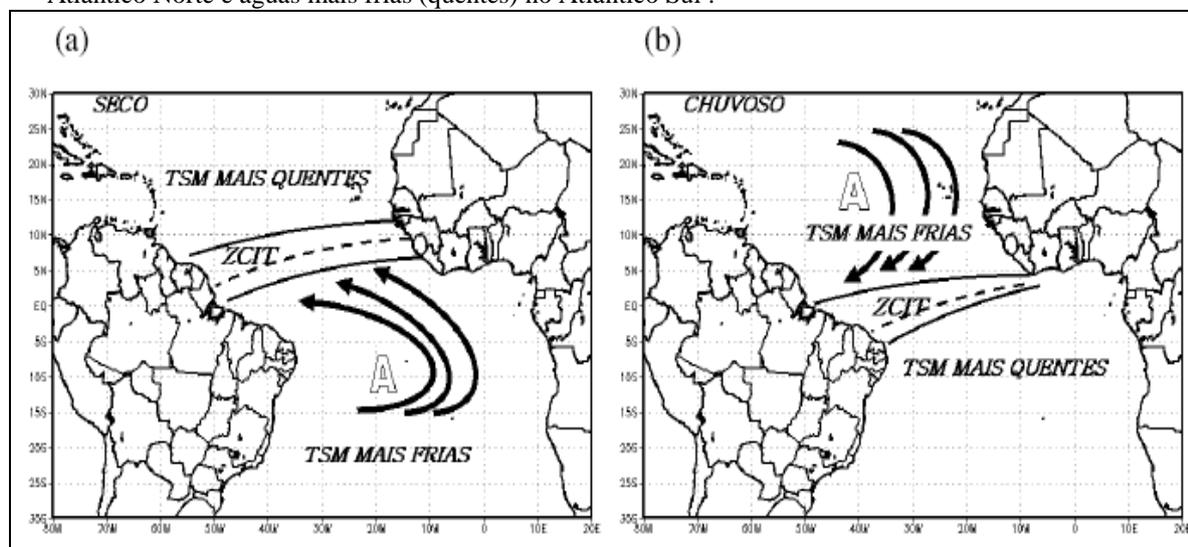
impactam fortemente na posição latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A fase positiva (negativa) do Padrão de Dipolo ocorre quando Anomalias positivas (negativas) de TSM são encontradas na Bacia Norte (entre 5°N e 20°N) e negativas (positivas) na Bacia Sul do Atlântico (entre a linha do equador e 15°S), essas fases são mostrada nas Figuras 5 e 6 (SOUZA, 1998)

Figura 5 -Relação dos anos em que se observaram os eventos do Padrão de Dipolo de anomalias de TSM sobre a Bacia do Atlântico Tropical

Fase Positiva do Dipolo	Fase Negativa do Dipolo
(anomalias de TSM positivas na Bacia Norte e negativas na Bacia Sul do Atlântico):	(anomalias de TSM negativas na Bacia Norte e positivas na Bacia Sul do Atlântico):
1951, 1953, 1956, 1958, 1966, 1970, 1978, 1979, 1980, 1981 e 1992	1949, 1964, 1965, 1971, 1972, 1973, 1974, 1977, 1985, 1986 e 1989

(Fonte: SOUZA ; NOBRE, 1998)

Figura 6- Configuração do Dipolo (a) Positivo e (b) Negativo, com águas mais quentes (frias) no Atlântico Norte e águas mais frias (quentes) no Atlântico Sul .



Fonte: Uvo (1998)-Extraído de Bezerra (2010).

4.5 Eventos hidrológicos extremos

Silveira (2009) realizou uma breve revisão sobre os termos utilizados para caracterizar os extremos hidrológicos, baseados em; Marengo *et al.* (2004, 2005),

Castro (2003), Beser de deus, Nunes & Rogério (2007), MINISTÉRIO DAS CIDADES (2008) e IVIG (2009), a serem abordados de forma a clarificar sua aplicação ao longo da discussão do trabalho.

- Eventos Extremos: normalmente os abordados são as secas e cheias. É comum enquadrá-los como eventos hidrológicos extremos. Só é possível definir extremos hidrometeorológicos, segundo MARENGO et al. (2004), quando se pode determinar seus impactos (perdas econômicas, perdas de vidas, etc.) ou suas causas físicas (chuvas acima de algum valor limite durante um curto período, níveis ou descargas de rios maiores que um valor crítico).
- Um evento climático extremo pode ocorrer em forma de enchente, seca prolongada, ondas de calor, tufões e tornados. Em uma escala temporal, estes eventos podem variar desde dias até milênios. Entretanto, para as atividades humanas, os eventos relacionados à meteorologia (escala temporal curta) e ao clima (escala temporal média), devido aos seus fortes impactos, configuram-se como os mais importantes (MARENGO, 2005)
- Enchente: Elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal. Segundo as definições adotadas pela Defesa Civil, “enchente” é um tipo de inundação, ou seja, não necessariamente são sinônimos.
- Inundação: Transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas habitualmente submersas. A Defesa Civil do Rio de Janeiro considera que as inundações ocorrem durante ou depois de chuvas fortes. Podem ser de dois tipos: transbordamento de rios e lagoas; deficiência de drenagem ou alagamentos.
- Alagamento: Água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes.
- Estiagem: estas são compreendidas pela Defesa Civil, como resultado do atraso dos períodos chuvosos, de redução das precipitações pluviométricas, ou da ausência de chuvas previstas para um determinado período. Já a seca é entendida como uma estiagem prolongada (CASTRO, 2003).
- Desabrigado: Pessoa cuja habitação foi afetada por dano ou ameaça de dano e que necessita de abrigo.
- Desalojado: Pessoa que foi obrigada a abandonar temporária ou definitivamente sua habitação, e que, não necessariamente, carece de abrigo.

- Um evento extremo pode ser conceituado como uma anomalia ou desvio de comportamento de um padrão médio ou habitual. Os eventos de origem climática/meteorológica respondem por mais 85% dos eventos extremos no planeta (SANT'ANNA NETO, 2005). A ocorrência de um evento extremo em áreas vulneráveis ou de risco, pode se transformar em um desastre natural (SANT'ANNA NETO 2005). Logo, a combinação/interação entre o evento extremo e as atividades humanas é que caracterizam um desastre natural.

Em relação à Amazônia os eventos de cheias são em geral, registrados entre os meses de Maio e Julho de cada ano, liderados pelo regime do rio principal. No entanto, é preciso considerar que a cheia nos tributários pode ocorrer em períodos distintos. Já os eventos de seca na Amazônia são em geral, registrados entre os meses de setembro e outubro, assim como nos eventos de cheia, liderados pelo regime do rio principal. No entanto, eventos em grandes tributários como o Madeira também são importantes, em especial pelo fato deste rio ter uma variação, entre vazões máximas e mínimas, bastante significativa (FILIZOLA *et al*, 2006).

5 IMPACTOS DOS EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS NA SOCIEDADE-DESASTRES NATURAIS

Ao entorno dos numerosos rios amazônicos, principalmente do rio Amazonas, há grandes centros de ocupação populacional, representantes de inúmeras realidades sociais em convívio com a dinâmica ambiental. Os habitantes encontrados às margens dos rios Amazônicos, aprenderam a viver e conviver com a dinâmica de enchentes, vazantes e fenômenos climáticos ao mesmo tempo.

Na sua hidrografia, os rios amazônicos apresentam oscilações, em seus períodos de secas e cheias, obrigando o caboclo local a construir um modo de vida que se adapte os eventos hidrológicos ao longo dos anos. Na Amazônia, é evidente a dependência dos rios para as mais diversas atividades básicas, para o transporte e saída de serviços e produtos.

Os anos de de ocorrências de cheias em 2006 e 2009 e secas de 2005 e 2010, acarretaram em inúmeros prejuízos sociais e econômicos para as populações locais . Grande parte de tais prejuízos aconteceram nos gêneros alimentícios *in natura* produzidos na região, ocasionando um alteração no preço da cesta básica local.

As populações locais buscam adapta-se a sazonalidade (períodos de secas e cheias) dos rios Amazônicos, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Influência dos rios nas atividades das populações locais



Fonte: Filizola, N. (2005).

Um fator que contribui significativamente para o agravamento do desastres naturais é a urbanização. A medida que as cidades crescem, aumenta o desmatamento de áreas de mata nativa, iniciando dessa forma, a construção de casas, edifícios, ruas, avenidas e calçadas, diminuindo a permeabilidade do solo neste espaço.

E como resultado, menos água de chuva se concentra no subsolo, sobrando mais água para escoar pelas ruas e avenidas. As galerias de águas pluviais, que antes eram suficientes em sua fase de construção, não conseguem mais drenar a mesma quantidade de água de outrora. Observa-se, então, a formação de enxurradas, inundações relâmpago, os alagamentos de ruas e as enchentes de cursos d'água (Amaral, 2011).

Direcionando o olhar para uma esfera nacional, os diversos tipos de desastres no Brasil possuem relação direta com os eventos hidrológicos extremos e que estão associados às instabilidades atmosféricas severas, que são responsáveis pelo desencadeamento de inundações, vendavais, tornados, granizos e escorregamentos.

Um desastre natural é provocado inicialmente por um fenômeno natural, e quando atinge uma determinada área (povoada), provoca danos materiais e/ou humanos e várias vítimas. Portanto a medida que se expande o processo de urbanização a

preocupação com os impactos dos desastres naturais sobre a sociedade aumenta, apresentando consequências diversas, como: elevados índices de desabrigados e doentes, perdas econômicas, impactos no meio ambiente, aumento no número de mortos e feridos.

Buscando complementar a análise de eventos extremos na calha do Médio e Baixo Amazonas, procurou-se analisar os impactos socioambientais associados a desastres naturais, principalmente as inundações e estiagens, que são os desastres naturais que ocorrem com mais frequência na região.

Portanto para auxiliar tal análise, foram utilizadas informações qualificadas disponíveis na Coordenação da Defesa Civil do Estado do Pará – CEDEC, do período de 2000 a 2010. Tais informações foram divididas por ano, tipo de desastre, no intuito de facilitar e admitir uma análise mais qualitativa. Vale ressaltar que a metodologia encontrada no banco de dados do EM-DAT para decretar um determinado evento como desastre natural, leva em consideração a proporção de tal desastre que será detalhada na metodologia deste trabalho.

6 MATERIAL E MÉTODO

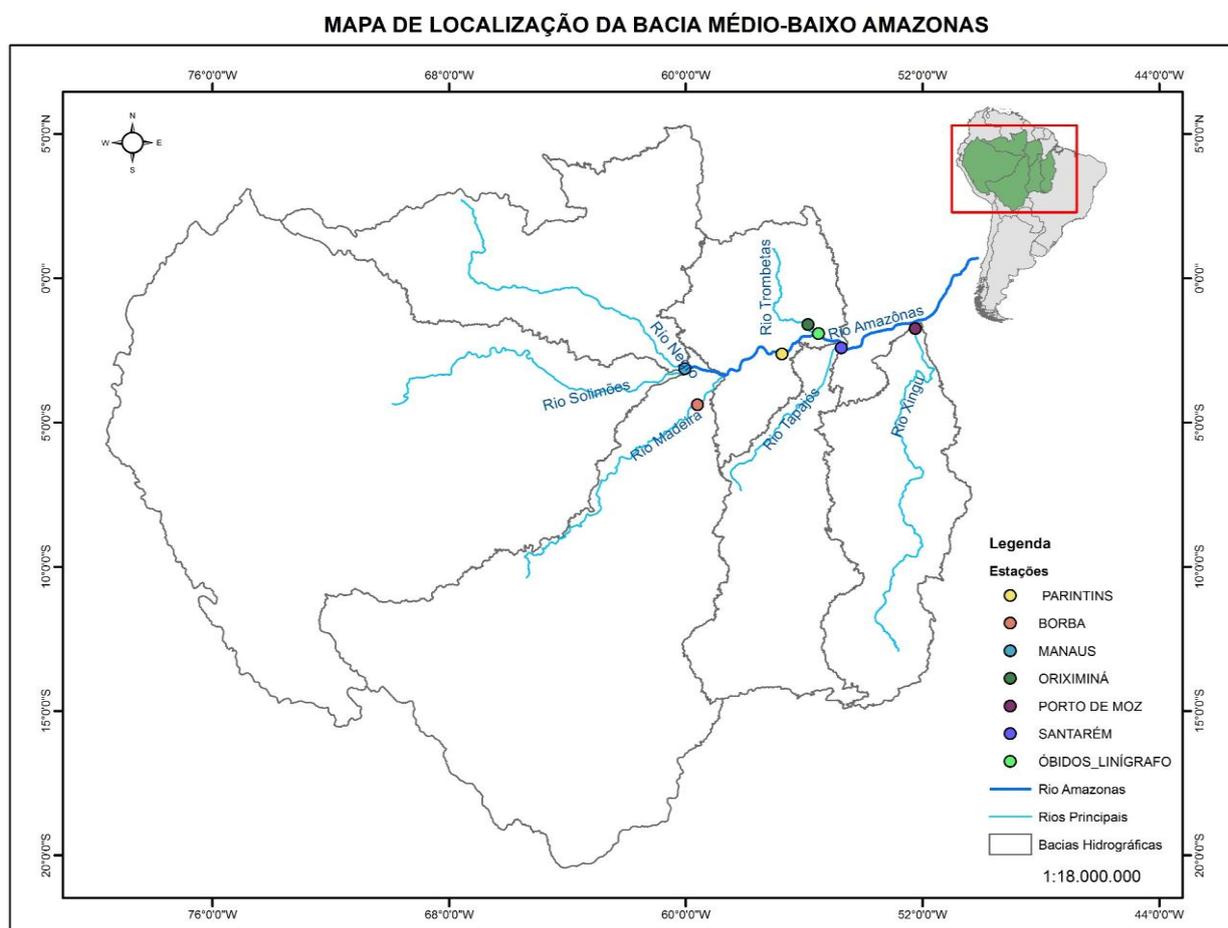
6.1 Área de estudo

6.1.1 Localização da área de estudo

Para o entendimento mais detalhado no campo desta pesquisa se faz necessário o conhecimento do comportamento hidrológico dos rios para cada município em estudo.

Os rios englobados neste estudo são: Madeira, Tapajós, Solimões, Negro, Xingu, Trombetas e Amazonas. A Figura 8 mostra as estações fluviométricas com suas devidas características de localização

Figura 8 - Demonstração hidrográfica da área que corresponde ao Médio e Baixo Amazonas.



Fonte: Da Autora

As estações fluviométricas que apresentaram uma base de dados mais consistentes (acima de 30 anos), são as estações de Manaus, Óbidos, Santarém, Borba,

Oriximiná, Parintins e Porto de Moz, conforme mostra. As suas devidas localizações como longitude e latitude são encontrada na Tabela 1.

Tabela 1- Estações hidrológicas da calha do Rio Amazonas (entre Manaus e Porto de Moz)

LOCALIDADE	CÓDIGO	NOME DA ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	RIO
Manaus	14990000	Manaus	03° 08' 12'' S	60° 01' 37'' O	Negro/Solimões
Óbidos	17050001	Óbidos_Linígrafo	01° 55' 09'' S	55° 30' 47'' O	Amazonas
Oriximiná	16900000	Oriximiná	01° 36' 45'' S	55° 51' 53'' O	Rio Trombetas
Parintins	16350002	Parintins	02° 37' 50'' S	56° 45' 06'' O	Solimões-Amazonas
Borba	15900000	Borba	04° 23' 21'' S	58° 35' 54'' O	Rio Madeira
Santarém	17900000	Santarém	02° 24' 49'' S	54° 44' 16'' O	Tapajós
Porto de Moz	18950003	Porto de Moz	01° 45' 11'' S	52° 14' 24'' O	Rio Xingu

6.1.2 Rios da área de estudo

Tabela 2- Principais características dos rios estudados na calha o médio e baixo Amazonas

CARACATERÍSTICAS DOS RIOS -CALHA DO MÉDIO E BAIXO AMAZONAS

Amazonas

Localizado na América do Sul, é o segundo rio mais extenso do mundo, com 6.992,06 km e mais de mil afluentes sendo de longe o rio com maior fluxo de água por vazão. A vazão média anual é de aproximados 220.000 m³/s. A descarrega no oceano Atlântico cerca de 300.000 m³/s, o que equivale a 60 vezes a taxa do Rio Nilo. Sua largura é variável chegando, na época de chuvas a alagar 20 km em alguns pontos.

Rio Madeira

É o principal afluente do Rio Amazonas, do seu lado direito. Sua bacia hidrográfica abrange uma área de quase 1,4 milhões de km², o que representa 23% de toda a área da Bacia Amazônica. No tempo de seca, o rio tem uma baixa em seu nível, já no tempo da cheia, que costuma ocorrer entre os meses de dezembro a maio, o rio Madeira eleva seu nível devido às chuvas e às águas que sobem do rio Amazonas.

Rio Xingú

Nasce a oeste da Serra do Roncador e ao norte da Serra Azul, no leste do Mato Grosso. Corre na direção sul-norte, paralelo aos rios Tapajós e Tocantins, e após percorrer pouco mais de 2 mil quilômetros, deságua ao sul da Ilha de Gurupá (PA), na margem direita do Amazonas, do qual é um dos maiores afluentes. Concentra boa parte do potencial hidrelétrico do rio sendo por isso o local escolhido para a construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte.

Rio Negro

É o maior afluente da margem esquerda do rio Amazonas, na Amazônia, na América do Sul. É o mais extenso rio de água negra do mundo, e o segundo maior em volume de água atrás somente do Amazonas, o qual ajuda a formar. Tem sua origem entre as bacias do rio Orinoco e Amazônica.

Rio Solimões

Localizado no oeste do estado do Amazonas, e que ocupa uma área de 57.922km². Sua profundidade varia entre 8 e 20m, sendo seu período de enchente de fevereiro a junho e de vazante de julho a outubro.

Rio Tapajós

Na sua foz, em frente à cidade de Santarém, proporciona o encontro de suas águas claras com as barrentas do Amazonas, sem misturar-se. O Rio Tapajós é um dos principais afluentes da margem direita do Amazonas. O Tapajós, não apresenta tributários de grande importância, percorrendo uma extensão da ordem de 795 km, até desaguar na margem direita do Amazonas.

6.1.3 Municípios da área de estudo

Neste capítulo será abordado algumas características gerais das áreas que este estudo envolve, temos para:

Tabela 3- Principais características dos municípios estudados na calha o médio e baixo Amazonas

MUNICÍPIOS REFERENTES A CALHA DO MÉDIO E BAIXO AMAZONAS

Manaus

Os rios que passam por Manaus são o Negro e o Solimões e, ao se encontrarem, formam o grande rio Amazonas. O Rio Negro é o maior afluente da margem esquerda do Rio Amazonas, o mais extenso rio de água negra do mundo e o segundo maior em volume de água atrás somente do Amazonas. As cheias que ocorrem na orla de Manaus e seu entorno são devidas, em sua maior parte, às contribuições do Rio Solimões e dos seus afluentes da margem direita e em menor grau, aos tributários da margem esquerda (CPRM)

Borba

É um município brasileiro pertencente região Norte do país mais precisamente na mesorregião do Sul Amazonense. A cidade que conta com uma área de extensão de 44.251km², população aproximada em 28.619 habitantes (IBGE 200), 39.30% urbana e 60.70% rural, economia baseada na pecuária, agricultura, exploração florestal e serviços, destacando o artesanato.

Parintins

Parintins faz parte do maior sistema fluvial do mundo, a Bacia Amazônica. O Rio Amazonas representa a via de escoamento e abastecimento, a grande estrada hídrica que liga Parintins a capital do Estado do Amazonas e ao Oceano Atlântico. O clima de Parintins é equatorial (tipo Af segundo Köppen), com pequeno período seco, entre os meses de agosto e outubro. A temperatura média anual é de 26,3°C, sendo 32°C e 21°C as temperaturas máxima e mínima, respectivamente. O mês mais quente é dezembro.

Oriximiná

Oriximiná é um município brasileiro do estado do Pará. Sua população estimada em 2010 era de 62963 habitantes.

Óbidos

Esta estação tem grande importância por ser a última no Rio Amazonas sem influência da maré e onde se pode registrar as maiores vazões líquidas do mundo. Em Óbidos a vazão média anual é de aproximadamente 170 mil m³/s, sendo a total do Amazonas na foz, calculada em 210 mil m³/s (Filizola, 2009)

Porto de Moz

Porto de Moz é um município brasileiro do estado do Pará. Localiza-se a uma latitude 01°44'54" sul e a uma longitude 52°14'18" oeste, estando a uma altitude de 15 metros. Sua população estimada em 2004 era de 28 091 habitantes. Possui uma área de 17504,89 km².

Santarém

Situa-se na confluência dos rios Tapajós e Amazonas. Localizada a cerca de 800 km das metrópoles da Amazônia (Manaus e Belém), ficou conhecida poeticamente como "Pérola do Tapajós".

6.2 Dados

Para a contemplação dos objetivos propostos, esta pesquisa utilizou dados mensais e anuais de cotas fluviométricas, os quais foram obtidos do banco de dados hidrometeorológicos da Agência Nacional de Águas (ANA) no período de 31 anos compreendido entre os anos de 1982 a 2012.

Vale salientar, que os pontos escolhidos para esta pesquisa foram estratégicos, pois na tentativa de englobar toda a área que corresponde a Calha Hidrológica que fica entre Manaus e Porto de Moz, (Figura 9) as estações fluviométricas que apresentaram uma base de dados mais consistentes (acima de 30 anos), são as estações de Manaus, Óbidos, Santarém, Borba, Oriximiná, Parintins e Porto de Moz.

Os dados relacionados aos anos de El Niño, La Niña foram obtidos do *Climate Prediction Center* (CPC), região de Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W). O dados de Dipolo do Atlântico foram encontrados no *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) na região compreendida para TSM no Atlântico Norte entre 5-20 °N, 60-30 ° W e TSM no Atlântico Sul (0-20 ° S, 30 ° 10 ° W-E).

E para a identificação destes sinais de ocorrência, os dados referentes aos número de famílias afetadas pelas secas e cheias no período de 2000 a 2010 foram obtidos na Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Pará (CEDEC-PA). Documentos estes conhecidos como AVADAN (Avaliação de Danos) e NOPRED (Notificação Preliminar de Desastres, PORTARIA e Jornais. Ressaltando que a maioria desses dados, foram extraídos de documentos muito antigos, e para isso precisaram ser tabulados manualmente um a um.

6.3 Metodologia e método

Foram realizados, tratamentos estatísticos nas séries temporais de níveis d'água nas estações fluviométricas de Santarém, Óbidos, Oriximiná, Porto de Moz, Parintins e Manaus.

Com o objetivo de averiguar o regime hidrológico de cada rio em estudo, foram determinados os parâmetros estatísticos como Média Aritmética, Máximos e Mínimos Médios e Absolutos e Amplitude para cada estação, com o

Posteriormente adotou-se a técnica estatística dos Quantis para a determinação de extremos hidrológicos. Baseado na metodologia de Pinkayan (1966) e Xavier (2001, 2004, 2007) que trabalharam com dados de precipitação, este trabalho adotou a mesma metodologia, utilizando os dados de cotas fluviométricas.

Os extremos hidrológicos em cada estação foram definidos pelos quantis e relacionados de forma observacional com os anos de ocorrência de El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico.

E com os dados de Defesa Civil, foram analisados os impactos sociais, através do número de famílias afetadas pelos eventos hidrológicos extremos (secas e cheias) nos municípios em estudo.

Na pesquisa aqui tratada, também procurou-se utilizar os critérios adotados pelo banco de dados do EM-DAT, com o objetivo de verificar os possíveis sinais de ocorrências de desastres naturais pois tal critério mostra confiabilidade, visto que os dados são fornecidos por agências da ONU, centros de pesquisa em desastres, agências governamentais e universidades, por isso tais dados servem como referências de indicadores estatísticos que demonstram de uma forma ampla o comportamento vulnerável de cada país apresenta frente as ameaças naturais.

Vale ressaltar que a metodologia encontrada no banco de dados do EM-DAT para decretar um determinado evento como desastre natural, leva em consideração a proporção de tal desastre, e neste contexto o EM-DAT apresenta critérios para a caracterização de um desastre natural. São eles: a) 10 ou mais vítimas fatais; b) 100 ou mais pessoas afetadas; c) declaração de estado de emergência; e d) pedido de assistência

internacional. Se pelo menos um desses critérios for alcançado, o evento é caracterizado como desastre natural.

Em cima deste contexto procurou-se identificar os sinais de ocorrências dos eventos extremos hidrológicos mais significativos compreendidos na região envolvente da calha do médio e baixo Amazonas. Onde os anos que apresentaram os extremos hidrológicos mais significativos ao longo da calha do médio e baixo Amazonas foram separados e analisados de acordo com a técnica dos Quantis. E com base nos dados da Defesa Civil-Pará, foram catalogados as principais ocorrências dos impactos sociais.

6.3.1 Método dos Quantis

A técnica dos Quantis, que é uma útil ferramenta estatística para a determinação de patamares baseados na sua distribuição de probabilidades. Monteiro (2011) comenta que escolha da melhor técnica para a definição de um extremo depende de quais são os interesses dos Estudos.

O método consiste em organizar a série de dados na ordem crescente e então é dividido em n partes, que consistem os Quantis. A escolha dos Quantis a serem calculados é realizada pelo próprio pesquisador podendo variar de acordo com o objetivo da pesquisa. A exemplo de Monteiro (2012) que realizou seu estudo com precipitação para o estado do Ceará, esta técnica aplicada a níveis fluviométricos dos rios (proposto neste trabalho), têm-se o seguinte exemplo; se a intenção é delimitar eventos extremos hidrológicos para a região em estudo, pode-se utilizar o quantil de ordem 5% (valores extremos inferiores para cotas em determinado ano) e o quantil de ordem 95% (valores extremos superiores para cotas determinado ano).

Um dos mais importantes e dos primeiros estudos que utilizaram a técnica dos Quantis, Pinkayan (1966) que a usou para avaliar extremos secos e extremos chuvosos sobre os Estados Unidos, Xavier e Xavier (1999) utilizaram também a técnica dos quantis para verificar extremos sobre o Estado do Ceará, no período entre 1964 e 1996 e Daniel Meninéia (2008) que trabalhou com dados de vazão do rio Tocantins em Marabá . Em seus estudos os autores utilizaram os percentis: $p=0,15, 0,35, 0,65$ e $0,85$, para delimitar respectivamente as categorias: Muito seco (muito abaixo), seco (abaixo), normal, chuvoso (acima) e muito chuvoso (muito acima), para precipitação e vazão respectivamente.

Teixeira e Satyamurty (2011) aplicaram a técnica dos quantis para a determinação dos casos extremos, com a análise dos quantis 99% e 99.9% para as regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Para este trabalho utilizaremos a mesma divisão que Pinkayan (1966), Monteiro (2012) Santos (2008) utilizaram em seus trabalhos, ambos adotaram os seguintes limites de porcentagem, $p=0,15, 0,35, 0,50, 0,65$ e $0,85$ representando as categorias muito seco, seco, normal, cheio e muito cheio que serão os definidores dos extremos.

Destacando que este é o primeiro trabalho onde é aplicada a técnica dos Quantis utilizando dados de cotas fluviométricas.

Portanto, escolheu-se uma série de 31 anos (1982 a 2012) para definir as classes quantílicas e seus respectivos intervalos.

A observação foi feita em cima do total de cota fluviométrica por ano (para cada município). Ou seja para as análises, trabalhou-se com valores de média anual do nível dos rios.

Para o maior entendimento a Tabela 4, também proposta por Monteiro (2011), serve de referência para os cálculos apresentados logo em seguida. Esta aplicação foi feita para os dados da estação fluviométrica de Manaus que estuda este trabalho. O mesmo foi feito para as demais estações fluviométricas. Portanto seguindo uma linha cronológica, têm-se o passo a passo do método;

Para a série temporal de 31 anos com dados de cotas fluviométricas;

1° - *i*- Numeramos de 1 a 31- representando a quantidade de anos que o estudo engloba

2°- Colocamos os valores das cotas médias mensais em ordem crescente

3°-Dividimos cada *i* por 32 (sempre um *n*° posterior ao último número da série)

4° Após a divisão obtemos o percentual

5°- Em cima deste percentual definimos as categorias

6°-Depois de concluída a tabela lançamos os valores na seguinte fórmula abaixo. O Cálculo para Manaus fica conforme a equação 1:

$$Q(P) = y_i + \left\{ \frac{P - P_i}{P_{i+1} - P_i} \right\} * [y_{i+1} - y_i]$$

Equação 1

Onde: 1) *i*= número de ordem para cada valor (ordenar de forma crescente), 2) *y*= valor correspondente a cada número de ordem *i*, 3) *P_i*= Ordem quantílica ($P_i = i/(N+1)$), 4) *N*= Número de elementos da série.

Tabela 4- Cálculos de categorias quantílicas para o município de Manaus

MANAUS											
<i>I</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>y (mm)</i>	2145,07	2211,60	2215,96	2216,05	2233,46	2267,53	2294,08	2304,51	2323,96	2329,15	
<i>P_i=i/(N+1)</i>	1/32	2/32	3/32	4/32	5/32	6/32	7/32	8/32	9/32	10/32	
	0.031	0.062	0.093	0.125	0.156	0.187	0.218	0.250	0.281	0.312	
<i>I</i>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<i>y (mm)</i>	2347,98	2350,69	2351,20	2352,51	2356,15	2365,55	2376,87	2392,87	2400,45	2419,73	2422,96
<i>P_i=i/(N+1)</i>	11/32	12/32	13/32	14/32	15/32	16/32	17/32	18/32	19/32	20/32	21/32
	0.343	0.375	0.406	0.437	0.468	0.500	0.531	0.562	0.593	0.625	0.656
<i>I</i>	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
<i>y (mm)</i>	2423,68	2424,23	2427,01	2430,34	2436,05	2458,00	2483,22	2488,78	2528,88	2535,52	
<i>P_i=i/(N+1)</i>	22/32	23/32	24/32	25/32	26/32	27/32	28/32	29/32	30/32	31/32	
	0.687	0.718	0.750	0.781	0.812	0.843	0.875	0.906	0.937	0.968	

Fonte: Da Autora

As cotas em cada ano da série histórica (31 anos) que foram ordenados do menor valor para o maior valor, 15% destes valores estarão abaixo do $Q(0,15)$, representando valores extremos de cotas (períodos muito secos). No entanto no outro extremo da Tabela 4, os valores acima do $Q(0,85)$ representam os valores extremos superiores de cotas (período muito cheio).

Sendo uma série temporal (X_1, X_2, \dots, X_n) contendo dados mensais de cotas pluviométricas, com n sendo o tamanho da amostra, ou seja, $n=31$, considerando cada ano entre 1982 e 2012. Considerando que $Q(p)$ são as ordens quantílicas, logo em um determinado dado de cota do ano i , passa a ser considerado na categoria.

Tabela 5 -Cálculos de categorias quantílicas

Muito Seco	Quando	$X_i < Q(0,15)$
Seco	Quando	$Q(0,15) < X_i < Q(0,35)$
Normal	Quando	$Q(0,35) < X_i < Q(0,65)$
Cheio	Quando	$Q(0,65) < X_i < Q(0,85)$
Muito Cheio	Quando	$X_i > Q(0,85)$

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o estudo do regime hidrológico ao longo da Calha do Médio e Baixo Amazonas (entre Manaus e Porto de Móz), dos extremos hidrológicos (secas e cheias) e dos impactos destes eventos sobre as comunidades na região em estudo, os resultados deste trabalho foram divididos em três tópicos:

1. Análise do regime hidrológico da Calha do rio Amazonas entre Manaus e Porto de Móz, considerando as estações hidrométricas de Manaus (rio Negro), Óbidos e Parintins (rio Amazonas), Borba (rio Madeira), Porto de Móz (rio Xingu), Oriximiná (rio Trombetas) e Santarém (rio Tapajós).
2. Identificação e classificação dos eventos extremos e suas relações com El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico através dos Quantis.
3. Avaliação do número pessoas afetadas como um primeiro indicador dos possíveis impactos sociais.

7.1 Regime hidrológico.

O regime hidrológico é uma resposta direta da precipitação média observada na bacia, com uma defasagem temporal que depende de controles como a taxa de cobertura vegetal, tipo de solo e controles físicos, como principalmente a declividade da bacia.

A Tabela 6 mostra os registros numéricos dos valores máximos, médio e mínimos, juntamente com o desvio-padrão.

Com exceção de Parintins, os valores das médias mensais aproximam-se mais dos máximos absolutos do que dos mínimos absolutos.

Para o mês de Junho (pico máximo), a diferença entre a média e o máximo absoluto chega a 2,30m. Enquanto que a diferença entre a média e o mínimo absoluto fica em torno de 6,99m. Este comportamento se configura para toda série de Manaus. Essa oscilação deve-se ao fato de existirem mais anos com níveis acima da média, ou provavelmente mais anos com níveis extremos no mês de Junho. Para todas as estações o desvio-padrão não ultrapassa de 2,1m, com exceção de Porto de Móz que o desvio-padrão ultrapassa a 3 m.

Tabela 6- Registros numéricos das cotas fluviométricas (cm)

REGIME HIDROLÓGICO NA CALHA DO MÉDIO E BAIXO AMAZONAS												
MANAUS (Negro)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Mín.Abs	1539	1824	1841	1910	1912	2089	2071	1808	1497	1364	1367	1542
Média	2174	2317	2452	2596	2733	2806	2767	2592	2241	1877	1834	1990
Max. Abs	2469	2624	2768	2920	2997	2997	2977	2896	2754	2524	2282	2361
Desv-Padrão (Méd)	126	127	140	122	108	102	117	155	201	196	170	142
ÓBIDOS (Amazonas)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Mín.Abs	144	265	293	446	542	495	399	217	61	-39	-44	49
Média	357	476	577	662	714	714	667	567	384	184	142	223
Max. Abs	559	660	770	830	860	860	838	770	638	499	371	427
Desv-Padrão (Méd)	63	70	77	69	66	66	70	84	106	95	77	67
ORIXIMINÁ (Amazonas)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Mín.Abs	69	259	293	363	478	494	413	236	40	-23	-41	18
Média	370	495	598	699	770	774	715	593	390	188	147	234
Max. Abs	585	705	838	893	932	932	914	836	680	465	370	441
Desv-Padrão (Méd)	71	77	85	81	79	81	86	98	120	105	79	68
PARINTINS (Amazonas)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Mín.Abs	140	260	278	451	590	547	435	205	-8	-186	-171	-40
Média	375	504	614	715	784	797	747	625	393	149	104	212
Max. Abs	762	879	963	1048	1114	1141	1081	1025	916	792	616	663
Desv-Padrão (Méd)	100	83	86	75	70	72	82	105	137	127	105	88
BORBA (Madeira)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Mín.Abs	1217	1452	1673	1809	1751	1565	1417	1078	814	762	799	953
Média	1624	1813	1949	2041	2033	1907	1735	1524	1233	1043	1114	1338
Max. Abs	1996	2028	2145	2223	2217	2160	1997	1841	1605	1399	1408	1671
Desv-Padrão (Méd)	87	82	84	77	90	96	94	114	155	145	112	106
SANTARÉM (Tapajós)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Mín.Abs	80	162	282	361	401	417	269	138	49	-50	-55	16
Média	327	439	540	611	640	630	577	480	332	176	141	206
Max. Abs	516	656	748	802	831	828	790	716	596	430	294	360
Desv-Padrão (Méd)	63	77	92	94	98	91	99	113	115	96	71	59
PORTO DE MOZ (Xingú)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Mín.Abs	102	145	169	220	190	169	148	117	64	106	50	50
Média	242	299	346	385	382	351	315	287	247	194	177	198
Max. Abs	353	402	436	471	480	468	404	400	390	398	309	289
Desv-Padrão	242	299	346	385	382	351	315	287	247	194	177	198

Fonte: Da Autora

Na região de Manaus, a convergência das contribuições dos rios Solimões, Negro e Madeira conduzem a um importante aumento das superfícies drenadas e das vazões.

O comportamento da precipitação em Manaus, conforme a Figura 3 apresenta picos máximos entre Maio e Junho, e mínimos de Outubro a Novembro, fato esse que explica o regime hidrológico do rio Negro em Manaus (Figura 9) com máximos de cheias também de Maio a Junho e seca de Outubro a Novembro.

Para a variabilidade interanual (Figura 10), identifica-se que nos trinta e um anos de série histórica, os maiores extremos de cheias no rio Negro em Manaus são encontrados nos anos de 1989, 1994 e 2009 e de secas 1992, 1995, 2010. Eventos esses que serão justificados posteriormente ao longo deste trabalho

Figura 9 - Regime hidrológico do rio Negro em Manaus-Cotas Fluviométrica (cm)

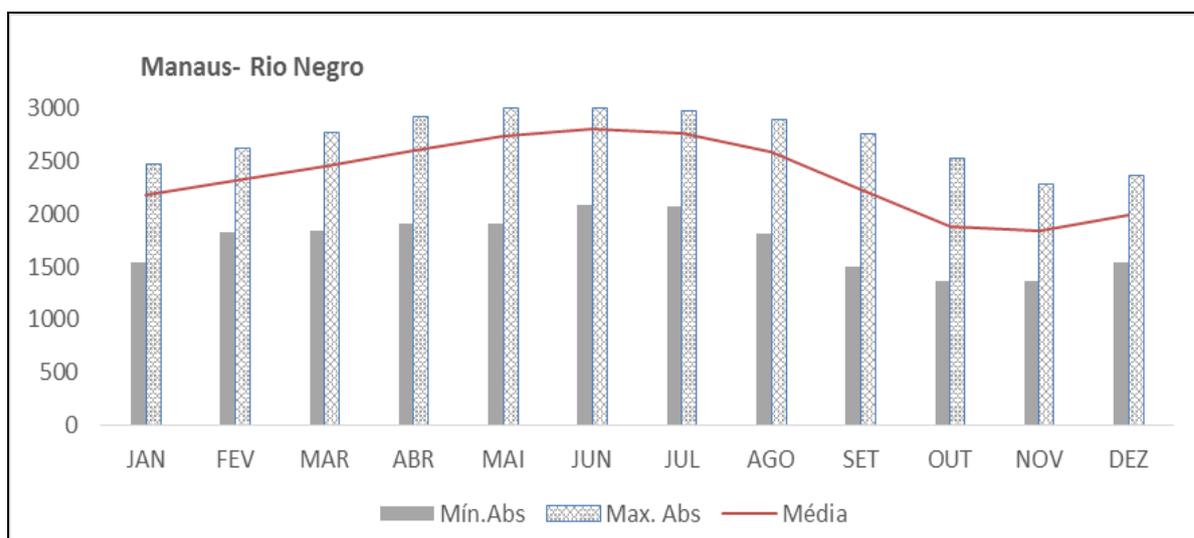
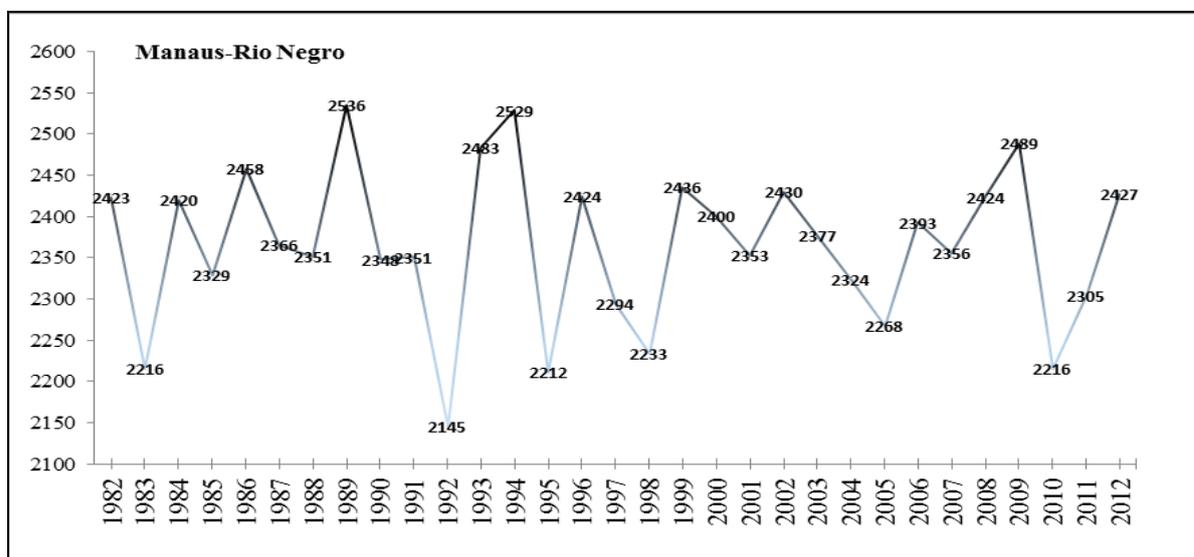


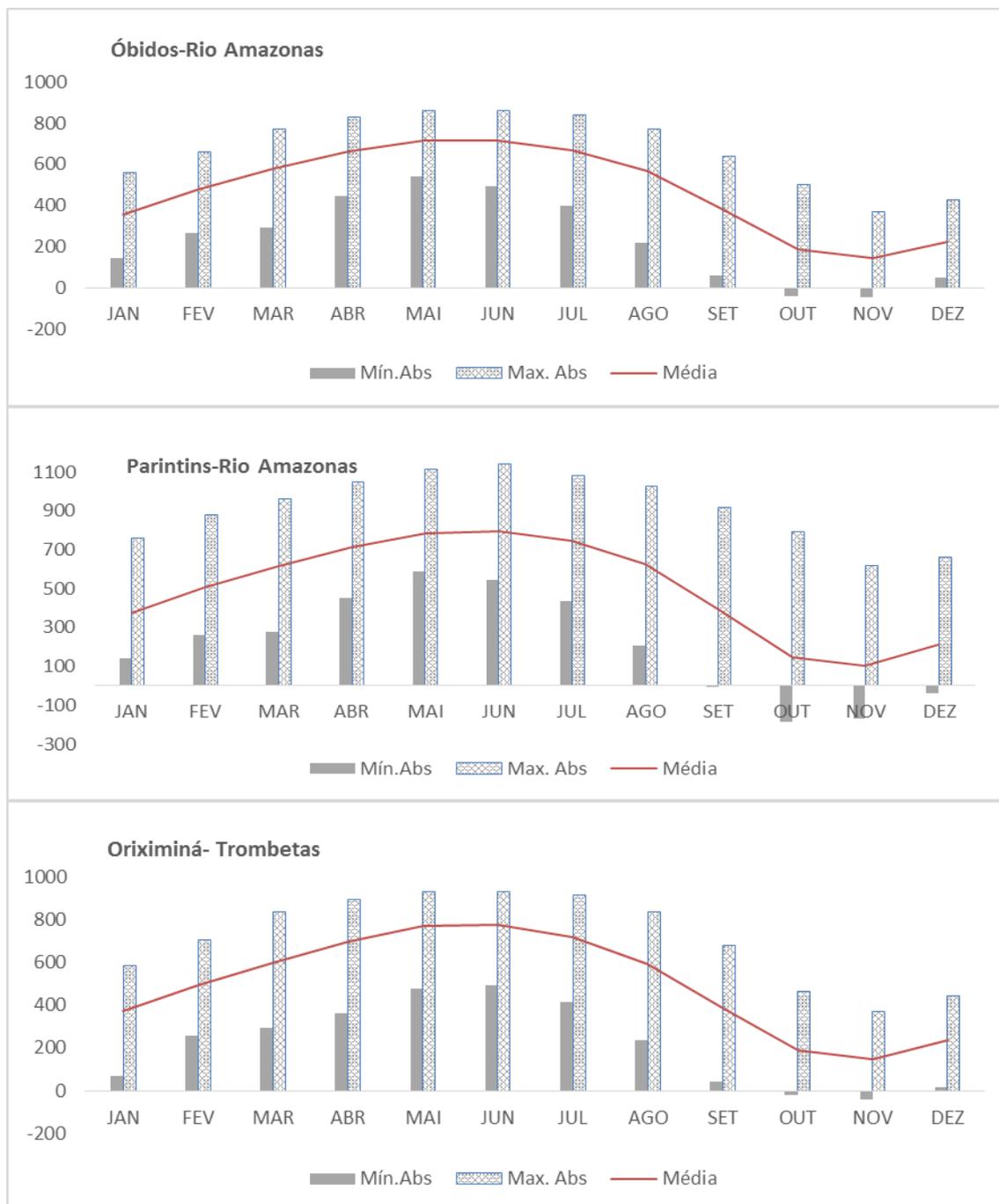
Figura 10 - Variabilidade interanual do rio Negro em Manaus-Cotas Fluviométrica (cm)



Correspondentes aos rios da margem esquerda do Amazonas, as estações de Óbidos e Parintins no rio Amazonas e o rio Trombetas em Borba (Figura 11) apresentam um regime hidrológico semelhantes ao do rio Negro em Manaus. Com períodos de cheias que ocorrem de Maio a Junho e os de secas de Outubro a Novembro

sugerindo dessa forma, que o regime do rio Negro é predominante ao longo da calha de Manaus a Parintins.

Figura 11 - Regime hidrológico com análise de cotas fluviométricas no Rio Amazonas em Óbidos e Parintins.

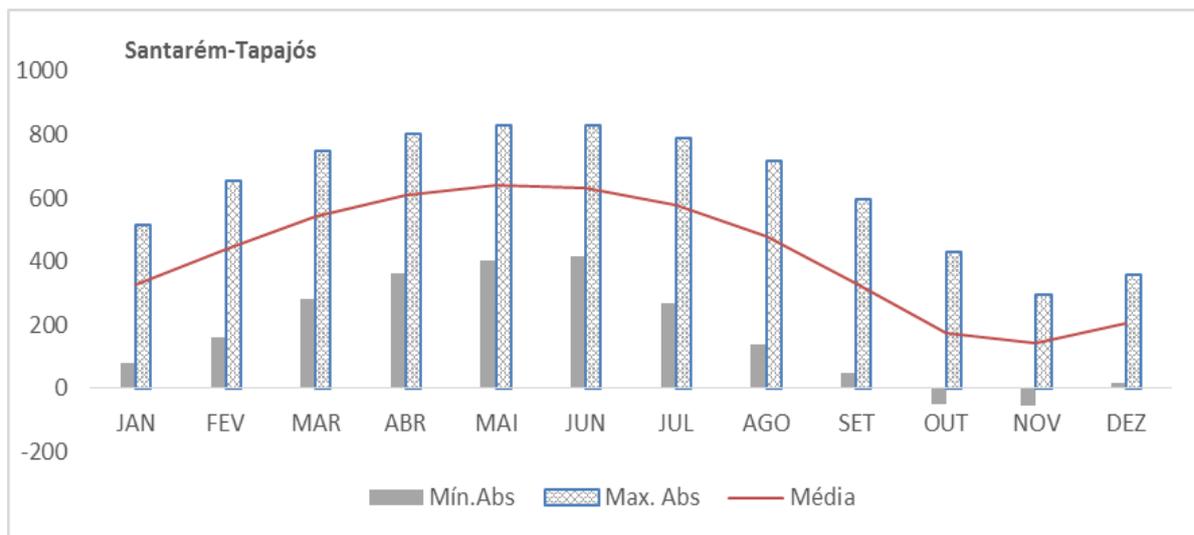


Fonte: Da Autora

Para os rios da margem direita do Amazonas, encontram-se os rios Tapajós em Santarém, o rio Madeira em Borba e o rio Xingú em Porto de Moz.

A estação fluviométrica de Santarém localizada no rio Trombetas, recebe grandes contribuições de descargas de água do rio Amazonas apresentando uma hidrógrafa anual similar a dos rios da calha norte do Amazonas (Figura 12).

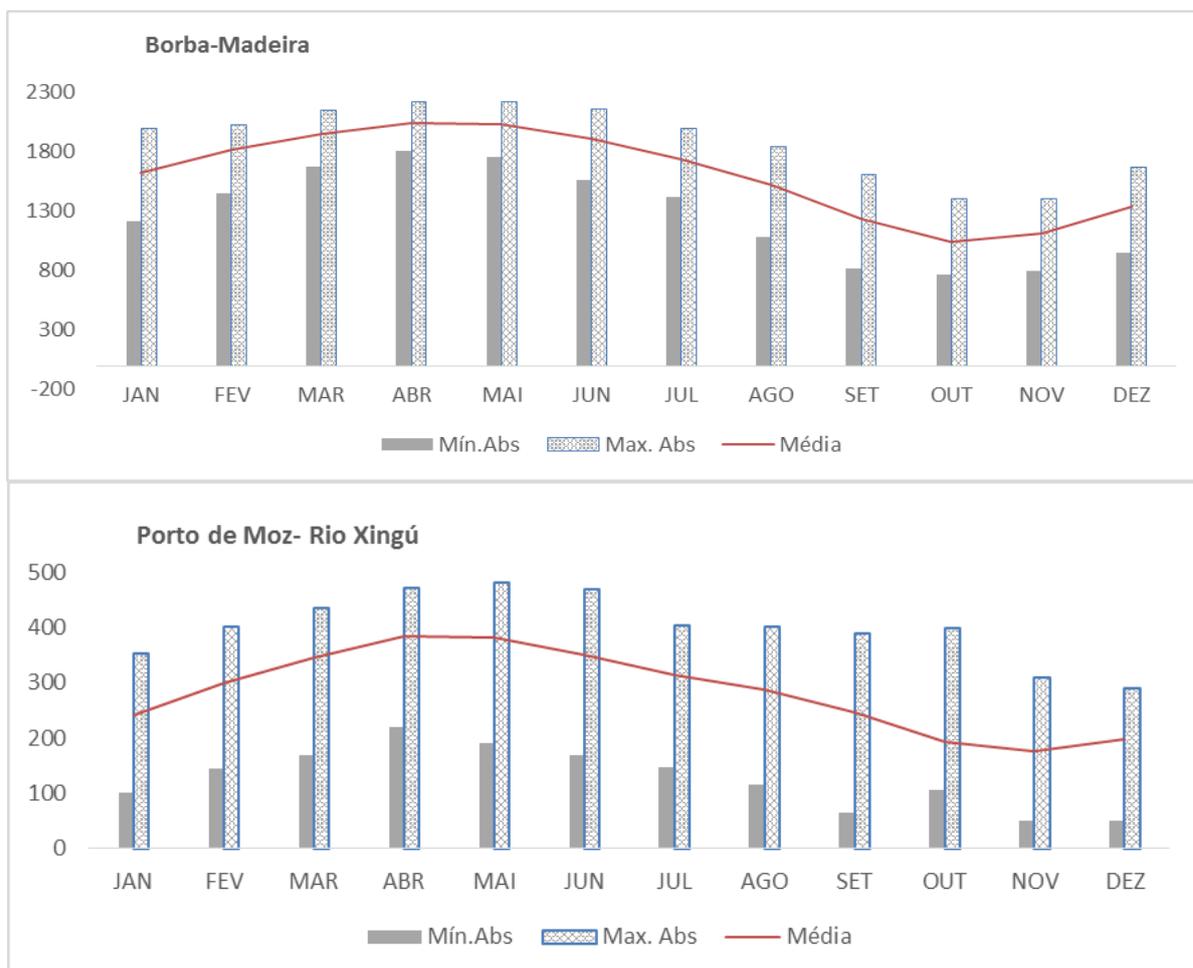
Figura 12 - Regime hidrológico com análise de cotas fluviométricas mensais para o rio Amazonas em Santarém



Fonte: Da Autora

Para Borba, localizada no rio Madeira o regime de cheias começa em Dezembro e segue até Maio. Em Porto de Moz no rio Xingú, o regime hidrológico é semelhante e acompanha o desempenho de Borba.

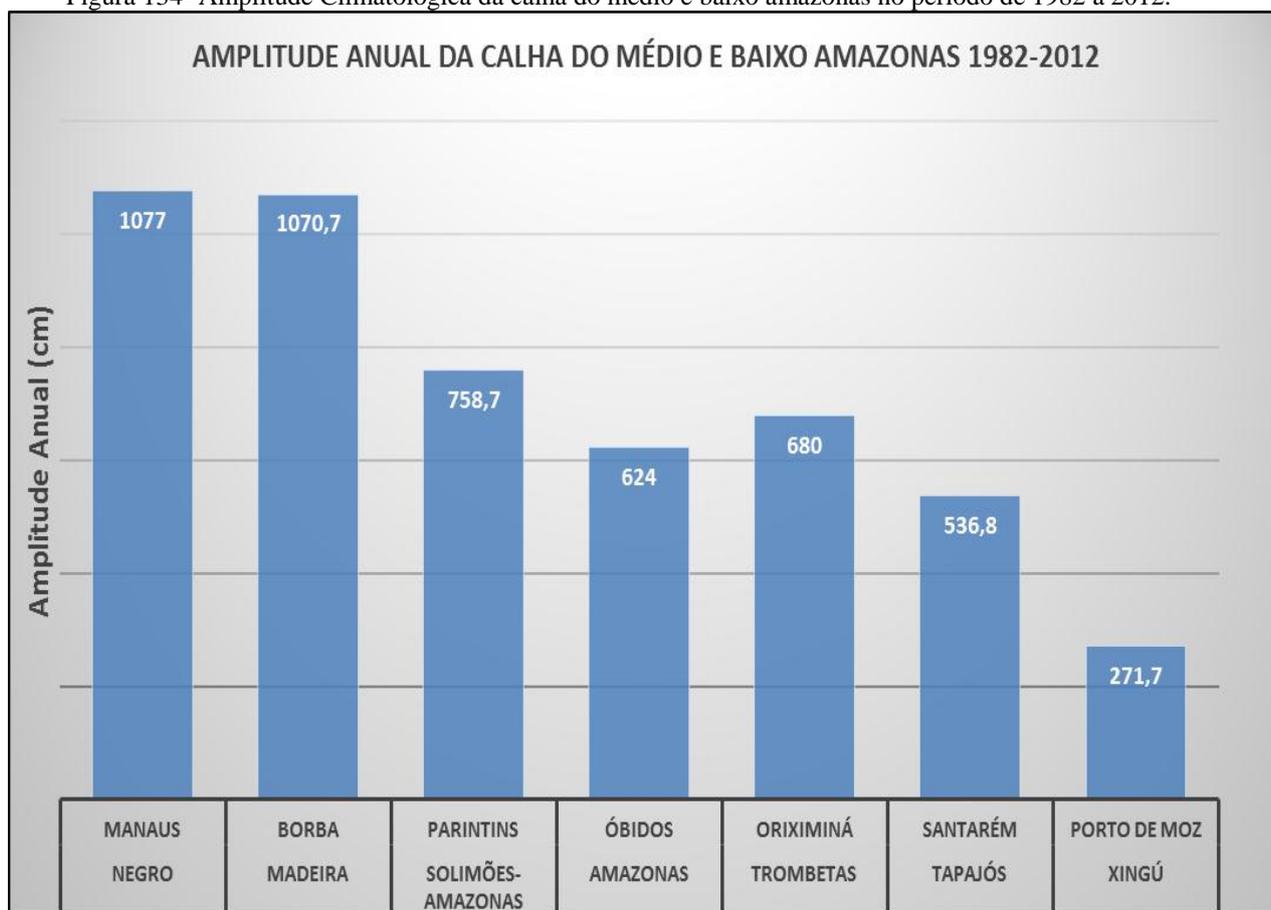
Figura 13 - Regime hidrológico com análise de cotas fluviométricas mensais para o rio Madeira em Borba e do rio Xingú em Oriximiná



Fonte: Da Autora

Para as amplitudes (Figura 14), há uma diminuição de Manaus a Santarém (em direção a foz) indicando que o regime hidrológico é regulado pela declividade mais pronunciada nas bacias situadas mais a oeste da calha do rio Amazonas, e a medida que a declividade diminui em direção a foz do Amazonas a amplitude diminui, isto também pode ser explicado pelo efeito das marés, que suaviza a hidrógrafa anual (Figura 14).

Figura 134- Amplitude Climatológica da calha do médio e baixo Amazonas no período de 1982 a 2012.



Fonte: Da Autora

Portanto referente ao perfil hidrológico ao longo da calha do médio e baixo Amazonas a síntese que se faz é:

As estações de Manaus, Óbidos, Parintins, Oriximiná e Santarém possuem um regime hidrológico semelhante, pois tantos os picos máximos como os mínimos ocorrem entre os meses de Maio e Junho e entre Setembro e Outubro, respectivamente.

Nestas estações as amplitudes do regime hidrológico anual (hidrógrafa anual) diminuem de Manaus para Santarém. A estação de Porto de Moz (rio Xingu) e Borba (rio Madeira) possui um regime com menos variação anual, com máximos entre Março

e Abril e mínimos entre Outubro a Novembro, este regime hidrológico está associado ao regime de precipitação das bacias localizadas na margem direita do Amazonas, que apresentam máximos de precipitação de Fevereiro a Abril conforme observado em Rocha (2001). Este regime é diferente daqueles observados nas estações de Manaus até Santarém, sugerindo que o rio Negro controla o regime hidrológico deste trecho da calha do Amazonas.

7.2 Variabilidade hidrológica interanual.

O estudo hidrológico da série histórica para cada localidade são apresentados na Tabela 7. Observa-se que os anos de 1983, 1995, 1998 apresentam extremos de seca mais destacados nas sete estações hidrológicas localizadas na calha do rio Amazonas, indicando que o fenômeno El Niño causa a diminuição do nível. O ano de 1983 além de ser marcado por um El Niño forte, ainda apresentou a configuração de um Dipolo Positivo, configuração esta, que desfavorece a precipitação nesta região, e consequentemente a diminuição do nível do rio na calha.

Os extremos de cheias ao longo da calha do médio e Baixo Amazonas, foram mais acentuados no ano de 2009, este extremo está associado ao fenômeno La Niña moderada no Pacífico equatorial, e um Dipolo Negativo que indica características favoráveis a formação de precipitação.

Tabela 7 Médias anuais de cotas fluviométrica para as estações localizadas ao longo da calha do Amazonas. A sigla NG são os valores que não foram registrados pela Agência Nacional de Águas

Cotas fluviométricas/ Médias anuais							
Anos	Manaus	Óbidos	Parintins	Porto de Moz	Borba	Santarém	Oriximiná
1982	2423	505	552	290	1736	392	452
1983	2216	361	381	220	1520	268	379
1984	2420	487	531	282	1663	377	522
1985	2329	461	492	291	1617	374	492
1986	2458	528	576	311	1725	414	565
1987	2366	451	483	287	1577	349	481
1988	2351	453	483	298	1612	353	487
1989	2536	566	615	330	1716	469	NG
1990	2348	454	482	227	1561	504	NG
1991	2351	465	496	292	1597	450	461
1992	2145	339	349	240	1563	193	344
1993	2483	509	563	295	1706	362	544
1994	2529	560	631	319	1783	162	609
1995	2212	398	431	270	1528	268	428
1996	2424	499	538	298	1619	398	543
1997	2294	438	460	276	1625	348	469
1998	2233	379	395	241	1506	307	399
1999	2436	509	550	288	1621	504	553
2000	2400	507	544	295	1603	501	551
2001	2353	475	508	277	1630	473	510
2002	2430	494	666	270	1622	486	527
2003	2377	469	503	271	1581	467	497
2004	2324	449	472	276	1541	450	477
2005	2268	415	429	281	1484	424	449
2006	2393	502	526	297	1620	500	540
2007	2356	477	499	276	1592	473	509
2008	2424	524	551	301	1646	516	563
2009	2489	567	600	319	1722	555	609
2010	2216	418	410	280	1493	422	446
2011	2305	466	473	307	1543	471	500
2012	2427	517	500	320	1636	516	667
Média	2365	472	506	285	1613	411	503

Fonte: Da Autora

7.2.1 Classificação do Eventos hidrológicos extremos através da técnica dos Quantis

Para o estudo dos eventos hidrológicos extremos a técnica de Quantis, foi aplicada nos dados de cotas fluviométricas para qualificar e classificar os eventos

extremos (Tabela 8), ressaltando que a classificação dos extremos está baseada na média de toda a série histórica e não na média anual.

Foram também utilizados as ocorrências de El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico observados durante cada ano do período estudado, extraídos do CPC/NCEP.

A Tabela 8 mostra o resultado dos eventos extremos considerando os limites dos Quantis utilizados nos dados de cada estações fluviométricas da calha do Amazonas. Estes limites foram aplicados nos dados médios anuais do nível dos rios observados em cada estações no período de 1982 a 2012.

Tabela 8- Limites intervalares para determinação das características hidrológica (cotas fluviométricas em centímetros). Onde X é o valor médio de toda série histórica referente a cota dos rios.

CONDIÇÃO	CATEGORIAS QUANTÍLICAS				
	MUITO SECO $X < Q(0,15)$	SECO $Q(0,15) < X < Q(0,35)$	NORMAL $Q(0,35) < X < Q(0,65)$	CHEIO $Q(0,65) < X < Q(0,85)$	MUITO CHEIO $X > Q(0,85)$
MANAUS	$X < 2229,7$	$2229,7 < X < 2348,6$	$2348,6 < X < 2366$	$2366 < X < 2422,4$	$X > 2463,4$
ÓBIDOS	$X < 412,1$	$412 < X < 455$	$455 < X < 474$	$474 < X < 501,2$	$X > 524,7$
PARINTINS	$X < 425$	$425 < X < 482,8$	$482,8 < X < 500$	$500 < X < 537$	$X > 580,8$
BORBA	$X < 1526,7$	$1526,7 < X < 1583,7$	$1583,7 < X < 1617$	$1617 < X < 1624,7$	$X > 1717,4$
ORIXIMINÁ	$X < 442,3$	$442,3 < X < 482,5$	$482,5 < X < 509$	$509 < X < 542,6$	$X > 608,7$
SANTARÉM	$X < 299,2$	$299,2 < X < 380$	$380 < X < 423$	$423 < X < 470$	$X > 503$
PORTO DE MOZ	$X < 264$	$264 < X < 277$	$277 < X < 288$	$288 < X < 294$	$X > 312$

Fonte: Da Autora

Para a discussão do regime hidrológico ao longo da calha do médio e baixo Amazonas será apresentada na Tabela 9, apenas os anos que apresentaram extremos: Muito Secos e Muito Cheios serão discutidos.

Os fenômenos de El Niño e La Niña foram divididos de acordo com o período chuvoso para a Amazônia (Dezembro a Maio) e período seco (Junho a Novembro) e ainda foram classificados, quanto à intensidade, em fracos (valores entre 0,5 e 0,9), moderados (1,0 – 1,4) e fortes (>1,5).

No ano de 1983, verificou-se que em todas as estações os extremos hidrológicos ficaram classificados na categoria Muito Seco. Fato esse explicado pela ocorrência de um evento de El Niño forte no ano anterior (1982) e a continuação deste evento no ano

posterior (1983) e ainda com a atuação de um Dipolo positivo que desfavorece a precipitação na região.

Para o ano de 1986, observou-se a presença de um Dipolo Negativo, o que condiciona a formação de precipitação, fato esse que pode ser explicado pelo aumento significativo dos rios configurando este ano, com um ano de extremos de cheias para a calha do médio e baixo Amazonas.

Em 1989 os extremos foram de cheias em quase toda a calha, a atuação de uma La Niña forte e a configuração de um Dipolo Negativo são as explicações para o aumento do nível dos rios (Tabela 9).

Um dos anos considerados mais secos (calha do rio Amazonas com níveis fluviométricos mínimos) durante o período analisado foi o ano de 1992, explicado pela presença de um Dipolo Positivo (TSM mais quente no Atlântico Norte), ocasiona o deslocamento da ZCIT para o Hemisfério Norte, fato este que inibe a chuva na Amazônia. A redução dos níveis fluviométricos observado na calha do Amazonas, também foi provocada pelo fenômeno El Niño, iniciado a partir de setembro de 1991.

Em 1994 o que acarretou um aumento do nível dos rios foi unicamente a presença de um Dipolo Negativo do Atlântico, que favorece a precipitação na região. A seca de 1995 foi provocada por um El Niño Moderado.

Para o ano de 1994, todas as regiões que compreendem a calha do médio e baixo Amazonas apresentaram um perfil hidrológico caracterizado por Muito Cheio. Tal extremo de cheia pode ser explicado pela presença de um Dipolo Negativo que favorece as chuvas na região Amazônica.

A presença do fenômeno El Niño no ano de 1994 repercutiu em um período de secas para o ano de 1995.

Em 1998 as secas predominaram ao longo da calha, a influência do El Niño no ano anterior (1997) repercutiu em uma diminuição dos níveis dos rios.

Os anos com recordes de cheias foram os de 2008 e 2009, onde em todas as localidades da calha apresentaram um aumento do nível dos rios ficando na categoria de

Muito Cheio e a justificativa para isso foi a presença de um Dipolo Negativo juntamente com a influência de uma La Niña moderada nos respectivos anos.

E em 2012 ano que apresentou extremos de cheias, foi marcado por um La Niña moderada.

É evidente que a atuação destes três fenômenos (El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico) têm influência direta na condição hidrológica dos rio. Contudo há outros sistemas de pequena e grande escala também envolvidos neste contexto, o que justifica alguns fatos não comuns, a exemplo do ano de 1993 que foi considerado um ano muito cheio, contudo apresentou neutralidade para os três fenômenos citado acima.

No período dos trinta em um anos de estudo, um resultado encontrado e de grande relevância mostra que a ocorrência de cheias foram superiores de seca ao longo da calha do Médio e Baixo Amazonas.

Tabela 9- Definição para catalogação de extremos hidrológicos na calha do médio e baixo Amazonas- Em Azul são os extremos de cheias. Em vermelho anos de extremos de secas. Os dados não registrados possuem a sigla NG

Relação das Categorias Quantílicas com anos e El Niño La Niña e Dipolo do Atlântico										
Ano	Manaus	Óbidos	Parintins	Oriximiná	Borba	Santarém	Porto de Moz	ENOS (Dez-Maio)	ENOS (Jun-Nov)	Dipolo do Atlântico
1982	Muito Cheio	Muito Cheio	Muito Cheio	Seco	Muito Cheio	Normal	Cheio	El Niño fraco	El Niño forte	Neutro
1983	Muito Seco	El Niño forte	La Niña moderada	Desfavorável (Positivo)						
1984	Cheio	Cheio	Cheio	Cheio	Muito Cheio	Seco	Normal	Neutro	La Niña moderada	Favorável (Negativo)
1985	Seco	Normal	Normal	Normal	Normal	Seco	Cheio	La Niña moderada	La Niña moderada	Favorável (Negativo)
1986	Muito Cheio	Normal	Muito Cheio	Neutro	El Niño moderado	Favorável (Negativo)				
1987	Normal	Seco	Normal	Seco	Seco	Seco	Normal	El Niño moderado	El Niño forte	Neutro
1988	Normal	Seco	Seco	Normal	Normal	Seco	Muito Cheio	El Niño moderado	La Niña forte	Favorável (Negativo)
1989	Muito Cheio	Muito Cheio	Muito Cheio	NG	Muito Cheio	Cheio	Muito Cheio	La Niña forte	Neutro	Favorável (Negativo)
1990	Seco	Seco	Seco	NG	Seco	Muito Cheio	Muito Seco	Neutro	Neutro	Neutro
1991	Normal	Normal	Normal	Seco	Normal	Cheio	Cheio	El Niño fraco	El Niño moderado	Favorável (Negativo)
1992	Muito Seco	Muito Seco	Muito Seco	Muito Seco	Seco	Muito Seco	Muito Seco	El Niño moderado	Neutro	Desfavorável (Positivo)
1993	Muito Cheio	Seco	Cheio	Neutro	Neutro	Neutro				
1994	Muito Cheio	Neutro	El Niño moderado	Favorável (Negativo)						
1995	Muito Seco	Muito Seco	Seco	Muito Seco	Seco	Muito Seco	Seco	El Niño moderado	La Niña moderada	Favorável (Negativo)
1996	Muito Cheio	Cheio	Muito Cheio	Muito Cheio	Cheio	Normal	Muito Cheio	La Niña fraca	Neutro	Favorável (Negativo)
1997	Seco	Seco	Seco	Seco	Muito Cheio	Seco	Seco	El Niño moderado	El Niño forte	Desfavorável (Positivo)
1998	Seco	Muito Seco	Muito Seco	Muito Seco	Muito Seco	Seco	Muito Seco	El Niño forte	La Niña moderada	Neutro
1999	Muito Cheio	Muito Cheio	Muito Cheio	Muito Cheio	Cheio	Muito Cheio	Normal	La Niña moderada	La Niña moderada	Favorável (Negativo)
2000	Cheio	Muito Cheio	Muito Cheio	Muito Cheio	Normal	Muito Cheio	Muito Cheio	La Niña moderada	La Niña Moderada	Favorável (Negativo)
2001	Normal	Normal	Cheio	Cheio	Muito Cheio	Muito Cheio	Seco	La Niña moderada	Neutro	Neutro
2002	Muito Cheio	Cheio	Muito Cheio	Cheio	Cheio	Muito Cheio	Seco	El Niño fraco	El Niño moderado	Favorável (Negativo)
2003	Cheio	Normal	Cheio	Normal	Seco	Cheio	Seco	El Niño fraco	Neutro	Favorável (Negativo)
2004	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Cheio	Seco	Neutro	El Niño fraco	Neutro
2005	Seco	Seco	Seco	Seco	Muito Seco	Normal	Normal	Neutro	La Niña fraca	Desfavorável (Positivo)
2006	Cheio	Muito Cheio	Cheio	Cheio	Cheio	Muito Cheio	Muito Cheio	La Niña fraca	El Niño moderado	Neutro
2007	Normal	Cheio	Normal	Normal	Normal	Muito Cheio	Seco	Neutro	La Niña moderada	Desfavorável (Positivo)
2008	Muito Cheio	La Niña moderada	La Niña moderada	Favorável (Negativo)						
2009	Muito Cheio	La Niña moderada	El Niño moderado	Favorável (Negativo)						
2010	Muito Seco	Seco	Muito Seco	Seco	Muito Seco	Normal	Normal	El Niño moderado	La Niña moderada	Neutro
2011	Seco	Normal	Seco	Normal	Seco	Muito Cheio	Muito Cheio	La Niña moderada	La Niña moderada	Neutro
2012	Muito Cheio	Muito Cheio	Normal	Muito Cheio	Muito Cheio	Muito Cheio	Muito Cheio	La Niña moderada	Neutro	Desfavorável (Positivo)

Fonte: da Autora

7.3 Impactos sociais referente aos eventos hidrológicos extremos na Calha do Amazonas

A Tabela 10 aponta de forma numérica, os principais registros de afetados pelos eventos extremos hidrológicos.

A análise se baseia na comparação entre os registros numéricos encontrados em cada localidade, portanto uma análise quantitativa.

Os anos de 2005 e 2009 foram os anos que apresentaram os maiores registros dos impactos dos eventos extremos ao longo da calha do médio e baixo Amazonas, fato este explicado pelas mudanças da TSM tanto no oceano atlântico como do pacífico como visto na Tabela 9.

Na Amazônia, em 2005, ano bastante comentado na imprensa nacional e internacional, remeteu a diversos estudos específicos sobre tal secas. Por exemplo, uma abordagem feita por Souza (2010) referente aos impactos sociais, ambientais e econômicos o autor afirma que, em 2005, na grande e mais drástica vazante na Amazônia, o prejuízo foi enorme referente a produção agrícola da várzea como a criação de animais, porém a pior situação foi a grande mortandade de peixe nos rios e lagos que vieram a secar e a ficar com apenas 20 a 30 centímetros de profundidade de água.

O autor ainda menciona que a navegação foi completamente modificada no Alto Solimões, provocado pelo baixo nível do rio Amazonas. E em um período de aproximadamente três meses várias cidades ficaram sem produtos industrializados e conseqüentemente o comércio ficou sem produto.

Para os dados encontrados e catalogados, a Tabela 10 aponta os registros encontrados para ano de 2005, mostrando que em Santarém, foi a localidade que apresentou o maior número de pessoas afetadas chegando a 37.428. Ressaltando que para esta análise, o registro de pessoas afetadas é a soma de pessoas desalojadas, desabrigadas, deslocadas, desaparecidas, enfermas, feridas, levemente feridas, morta.

Em Manaus os registros de afetados é consideravelmente menor se comprado com Santarém.

Já para 2009 a localidade de Oriximiná se destacou dentre as outras chegando a 19.545 em relação ao número de famílias desabrigadas.

Tabela 10- Ocorrências de Eventos Extremos na Calha do Médio e Baixo Amazonas

Impactos sociais decorrentes dos eventos extremos hidrológico		
Estações	Condição	Pessoas Afetadas
MANAUS		
20/10/2005	Secas	1376
28/04/2009	Enchentes ou inundações graduais	3800
ÓBIDOS		
21/10/2005	Estiagens	9478
07/04/2006	Enchente ou Inundações Graduais	7215
12/05/2008	Enchentes	3850
25/03/2009	Enchentes ou Inundações Graduais	7060
28/05/2009	Enchentes ou Inundações Graduais	11250
ORIXIMINÁ		
31/05/2000	Enchentes ou inundações graduais	
05/09/2000	Enchentes ou inundações graduais	
09/05/2005	Enchente ou Inundações Graduais	1267
22/10/2005	Estiagens	
14/04/2008	Enchentes ou inundações graduais	1740
08/05/2008	Enchentes ou inundações graduais	2375
25/03/2009	Enchentes ou Inundações Graduais	19545
17/05/2011	Enchentes ou inundações graduais	19545
PARINTINS		
11/05/1982	Enchentes na Bacia Amazônica	
20/10/2005	Secas	
11/05/2006	Enchentes ou inundações Graduais	
17/02/2009	Enchentes ou inundações Graduais	
03/04/2009	Enchentes ou inundações Graduais	
09/04/2009	Enchentes ou inundações Graduais	
04/10/2010	Secas	
26/10/2010	Estiagem	
BORBA		
11/05/1982	Enchentes ou inundações Graduais	
07/05/1993	Enxurradas ou inundações brucas	
29/03/2006	Enchentes ou inundações graduais	
22/03/2009	Enchentes ou inundações graduais	
08/09/2010	Estiagem	
SANTARÉM		
11/05/1982	Enchentes	
28/04/1989	Calamidade Pública	2000
28/04/1989	Enchentes	
17/02/2005	Estiagem	
17/10/2005	Seca	37428
14/11/2005	Estiagem	
20/04/2006	Enchentes	
PORTO DE MOZ		
28/04/1989	Enchentes	
02/05/1989	Calamidade Pública	
01/12/2003	Enchentes, erosões	4015
02/04/2005	Enchentes ou Inundações Graduais	5010
12/05/2005	Enchentes ou Inundações Graduais	5010
03/04/2006	Enchentes ou Inundações Graduais	9758
25/04/2006	Enchentes	
05/11/2007	Estiagem	
14/03/2008	Enchentes ou Inundações Graduais	9848
17/04/2009	Enchentes ou Inundações Graduais	11478
20/04/2009	Enchentes ou inundações	
05/06/2010	Enchentes ou Inundações Graduais	5739
14/06/2010	Enchentes ou inundações	

Fonte: Defesa Civil- Pará (2000 a 2010).

Observa-se em Óbidos, no ano de 2009, que os danos humanos foram significativamente alarmantes. As principais vítimas das consequências das cheias foram as indefesas crianças e idosos, que possuem certa dificuldade de se protegerem dos eventos críticos, sendo os principais afetados (Tabela 11).

Tabela 11- Registros numéricos dos danos humanos causados pelas enchentes em Óbidos.

Danos Humanos					
CONDIÇÃO	0 a 14 anos	15 a 64 anos	Acima de 65 anos	Gestantes	Total
Desalojadas	365	292	58	15	730
Afetadas	3531	2824	566	145	7060

Fonte: Defesa Civil, 2009

Os impactos das cheias em 2006 podem ser vistos na Tabela 12, que mostra através de registros numéricos a quantidades de pessoas enfermas, registros esses, raros de serem encontrados.

Tabela 12- Registros numéricos -Consequências das cheias para o ano de 2006.

Consequências das cheias em 2006			
Municípios	Desalojados	Enfermos	Afetados
Óbidos	2890	4329	7215
Borba	35	157	
Parintins			7813
Porto de Moz	1.640	1.450	9.758

Fonte: Defesa Civil-Pará(2006).

Em Borba as causas dos desastres ocorreram por elevação do índice pluviométrico. Do mês de Março em diante, o nível do rio Madeira se elevou em média 5 cm por dia, ocasionando enchentes e inundações, acarretando em prejuízos à população ribeirinha. A quantidade de pessoas afetadas chegou à 9.345, onde só de pessoas desalojadas foram 5.502.

8 CONCLUSÃO

Os eventos extremos estão associados a dinâmica entre os sistemas climáticos e mecanismos oceânicos, onde essa interação ocasiona diversos efeitos sobre a precipitação e conseqüentemente ao regime hidrológico.

O trabalho mostrou a associação entre os eventos extremos de secas e cheias e seus impactos sobre as localidades em estudo. Verificou como os mecanismos oceânicos estão conectados com as variações dos níveis dos rios, e ainda classificou cada período de cada localidade em estudo de acordo com as categorias quantílicas.

Apesar de os rios da margem direita (Madeira, Xingu) apresentarem um regime hidrológico com picos máximos em Março e Abril, as suas influências sobre a calha principal, refletem para um regime dominante, onde o Rio Negro controla todo o regime ao longo da calha do Médio e Baixo Amazonas com picos máximos em Maio e Junho. No período dos trinta em um anos de estudo, um resultado encontrado e de grande relevância mostra que a ocorrência de cheias foi superior aos de seca ao longo da calha do Médio e Baixo Amazonas.

Os mecanismo oceânicos (El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico) são os grandes contribuintes para os períodos de secas e estiagens. Através da técnica estatísticas dos quantis, classificou-se os anos em categorias quantílicas, onde os anos extremos (muito cheio e muito seco), foram os anos que apresentaram ligação direta com os mecanismos oceânicos.

Em anos de El Niño verificou-se que houve uma redução no nível hidrológico da calha, e esta redução se agravava ainda mais quando havia acontecimentos de Dipolo do Atlântico Positivo, a exemplo têm-se o ano de 1983, que devido as influências do El Niño forte no ano anterior (1982) e a presença de um Dipolo Positivo, a classificação obtida para toda a calha naquele ano foi de muito seco. O contrário se deu para os períodos de cheias, a La Niña atua no sentido de aumentar os níveis dos rios. Em 2009 observou-se que foi um período com extremos muito cheios para toda a calha em estudo, e isso aconteceu devido a presença de uma La Niña e um Dipolo Negativo (que favorece a precipitação).

Fazendo uma comparação entre os extremos hidrológicos, e os impactos sociais verificou-se que em todas as localidades que este estudo engloba, o número de famílias afetadas chega a ser alarmante.

Nota-se que dependendo da localidade a suposição que se faz é que o preparo estrutural de cada localidade mediante ao extremos, faz toda diferença. O número de famílias afetadas pelas cheias em 2009 em Manaus foi consideravelmente menor que em Oriximiná o que fica subtendido que em Manaus a defesa civil, já estava se preparando para esse acontecimento, diferente de Oriximiná que apresentou um elevado número de famílias afetadas

Já para os períodos de seca o ano de 2005 apresentou os maiores registros em relação aos afetados. Santarém mereceu destaque, o número de famílias afetadas pelas secas foi muito superior a 35.000 (nº de pessoas afetadas)

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ): **Plano Nacional de Integração Hidroviária**. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/PNIH/BaciaAmazonica.pdf>>. Acessado em 13 de junho de 2013.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1996.

AVELAR, A.S. **Notas de aula de hidrologia aplicada**. Rio de Janeiro: UFRJ. Departamento de Geografia, 2004. (não publicadas).

BESER DE DEUS, L. A.; NUNES, R.; ROGÉRIO, J. **Análise espacial da criticidade dos eventos hidrológicos extremos no estado do Rio de Janeiro**. 2007. Tese (Doutorado em Planejamento Ambiental) - PPE/COPPE/UFRJ, 2007. (Disciplina Regulação e Gestão da Água).

BEZERRA, A. N. **Aspectos da circulação atmosférica de grande escala sobre o Norte e Nordeste do Brasil relacionados com a temperatura da superfície do mar**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande- PB, 2006.

CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D.; GRODZKI, L. **O fenômeno La Niña e a agricultura do Paraná aviso especial para a safra 2010/2011**. Disponível em: <www.iapar.br/modules>. Acesso em: 25/10/2010.

CASTRO, A. L. C. et al. **Desastres naturais: volume I**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003.

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.

CANE, M. A. Tropical Pacific ENSO modes: ENSO as a mode of clouded system. **Climate System Modelling**, p. 583 -614. 1992.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). **El Niño e La Niña**. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acessado em 03 de Maio de 2013.

CLIMATE PREDICTION CENTER NATIONAL (NCEP). National Weather Service. Disponível em: <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>>. Acessado em 28 de Maio de 2013.

COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T. ; CUNHA, S.B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 93 – 148.

COORDENADORIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL (CEDEC). **Banco de dados de registros de desastres**. Disponível em: <<http://150.162.127.14:8080/pngr/pngr.html>>. Acessado em 22 de maio de 2013.

CUNHA, S. B.. Sustentabilidade dos canais urbanos nas áreas tropicais. In: PINHEIRO, D. R. de C. (Org.). **Desenvolvimento sustentável: desafios e discussões**. 1. ed. Fortaleza: ABC Editora, 2006. p.19-33.

EMERGENCY EVENTS DATABASE (EM- DAT). The OFDA/CRED International Disaster Database. Disponível em: <<http://www.em-dat.net/>>. Acesso em: 02 fevereiro. 2013.

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. DE C. **Amazônia uma perspectiva interdisciplinar**. Manaus, Brasil: EDUA, 2002. p.33-53.

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

FILIZOLA, N. **Hidrologia da Bacia Amazônica**. Blog de Naziano Filizola, 2013.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Relação entre El Niño Oscilação Sul (ENOS), precipitação e rendimento de milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, v. 2, n.1, p.39 – 46. 1996.

GRIMM, A. M.; ZARATINI, P.; MARENGO, J. A. Sinais de El Niño na precipitação da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: SBMET, 1998. p.01-06.

GUYOT, J.L.; JOUANNEAU, J.M.; WASSON, J.G. Characterization of river bed and suspended sediments in the Madeira River drainage basin (Bolivian Amazonian), **Journal of South American Earth Sciences**, 12, p. 401-410. 1999.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA CLIMÁTICA (IPCC). **IV Relatório do IPCC/ONU**. Mudança climática 2007: a base da ciência física. Novos Cenários Climáticos. Paris: IPCC/ONU, 2007.

INSTITUTO VIRTUAL INTERNACIONAL DE MUDANÇAS GLOBAIS (IVIG). **Projeto de desenvolvimento de técnicas e tecnologias de informação e de uso eficiente dos recursos hídricos para adaptação do estado do Rio de Janeiro aos riscos das mudanças climáticas globais** - Projeto AQUACLIMA_RJ. Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais - IVIG/ Fundação COPPETEC/ UFRJ / FAPERJ – Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia. 2008.

LEAL, S. VIANA. **Desastres naturais sobre a Amazônia e Nordeste Brasileiro associado às enchentes e inundações: o caso de 2009**. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará UFPA, **2010**.

MARCELINO E. V.; NUNES, L. H.; KOBIYAMA, M. Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. **Caminhos da Geografia**, v. 7, n. 19, p. 21. 2006.

MARCELINO, E.V. Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. **Caderno Didático**, Santa Maria, n. 1. INPE-15208-PUD/193. INPE/CRS: 2008.

MARENGO, J.A.; MENÉNDEZ, A; GUETTER, A.; HOGUE; T.; MECHOSO, C.R. Caracterización y evaluación de métodos de predicción de eventos extremos de clima y de la hidrología en la Cuenca del Plata. Componente 2a: definición del sistema de predicción hidroclimática. Tema 3: eventos hidrometeorológicos extremos. Informe final. Versão 2. Novembro de 2004.

MARENGO J.A.; NOBRE C.A.; TOMASELLA J.; OYAMA M.; SAMPAIO G. ; CAMARGO H.; ALVES, L.M. The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate** 21, p. 495-516. 2008.

MARTINS, J.A. Escoamento Superficial. In: PINTO, N; Holtz, A.C. T; MARTINS, J.A. GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia básica**. Ed. Edgard Blucher. 2000, 278 p

MEAD, R.H. Backwater effects in the Amazon River basin of Brazil. **Environmental Geology and Water Sciences**, v. 18, Issue 2, p.105-114. 1991.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Curso de capacitação de gestão e mapeamento de riscos socioambientais**, 2008.

MOLINIER, M.; GUYOT, J. L.; GUIMARÃES, V. ; OLIVEIRA, E. de. **Hydrologie du bassin de l'Amazone**. 1995. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/carton01/40102.pdf> Acesso em 23 de junho de 2013

MONTEIRO, J.B. Técnica dos quantins para caracterização dos anos secos e chuvosos (1980-2009): Baixo Curso do Apodi-Mossoró- RN. **Revista do Departamento de Geografia-USP**, v. 23, p.232-249. 2012.

MORAIS, D.L. A cheia do rio Negro em Manaus e seus impactos no centro e na ponta negra em 2009. In: ENCONTRO NACIONAL DOS GEOGRÁFOS, 16., Porto Alegre, 2010. Porto Alegre: ENG, 2010.

MUNIZ, L.S.; FILIZIOLA, N. Proposta de metodologia de análise dos padrões de cotas fluviométricas da Bacia do Rio Madeira-Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.3, N.4, p. 1242-1254. 2012.

MUNIZ, L.S.; FILIZIOLA, N. Análise multitemporal da variabilidade de cotas fluviométricas do Rio Madeira - uma avaliação de danos sob extremas condições hidrológicas – Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORAMENTO REMOTO, 16., Paraná, 2013. Paraná: ASR, 2013.

OGURA, A.; MACEDO, E. Procesos y riesgos geológicos. In: CURSO Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental, 2., 2002. Montevideo, UNESCO, 2002. p. 114-137.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of wet and dry years over a Large Continental Area**. Colorado: State University, Boulder-Co, 1966. (Hydrology papers, n. 12)

ROCHA, E. J. P. **Balanço de umidade e influências de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia**. 2001. 210f. Tese (Doutorado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais(INPE), São Paulo, 2001.

RONCHAIL J.G.; COCHONNEAU M.; MOLINIER J.L.; GUYOT A.G.; DE MIRANDA C.; GUIMARÃES V.; OLIVEIRA, E. de. Interannual rainfall variability in the Amazon basin and sea-surface temperatures in the equatorial Pacific and tropical Atlantic Oceans. **International Journal of Climatology**, 22, p. 1663–1686. 2002.

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, J. de O.; SOUZA, M. J. N. de. Compartimentação geoambiental e riscos ambientais associados na bacia hidrográfica do rio Cocó-Ceará. In: PINHEIRO, Daniel Rodriguez de Carvalho (Org.). **Desenvolvimento Sustentável: desafios e discussões**. 1. ed. Fortaleza, Rio de Janeiro, São Paulo: Editora ABC, 2006. v. 1. 393 p.

SANTOS, D. M. **Análise e modelagem hidrometeorológica na Bacia do Rio Tocantins em Marabá-PA**. 2008. p.118. Dissertação (Mestrado) - UFPA, 2008.

SANT'ANNA NETO, J.L. **Eventos climáticos extremos e impactos socioambientais: a vulnerabilidade da América Latina em questão**. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA (EGAL), 10. 2005, São Paulo/SP. 2005. **Anais São Paulo: EGAL**, 2005.

SILVA, M. S. **Características da precipitação na Amazônia utilizando dados de superfície e do satélite TRMM**. 2003. 79f. Dissertação (Mestrado) – UFAL. Depto. de Meteorologia-CCEN, 2003.

SILVA, A.V. da. **Grandes enchentes no rio Amazonas**. 2006. 1 CD-ROM. Monografia (Especialização em Planejamento e Gerenciamento de Águas – CEPGA) - UFAM. NIEMA. CT-HIDRO. 2006.

SILVA, J.S. **Altimetria espacial aplicada aos estudos de processos hídricos em zonas úmidas da Bacia Amazônica**. 2010. p.279. Tese (Doutorado) - UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia Civil, 2010 , 2010.

SOUSA, E. P. **Relações entre as anomalias de TSM do Atlântico e Pacífico e as precipitações na Amazônia Oriental**. 2004. 78f. Dissertação (Mestrado). **INPE-11435-TDI/955, 2004**.

SOUZA, E. B.; NOBRE P. Uma revisão sobre o padrão de dipolo no Oceano Atlântico tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, p. 31-44. 1998.

SILVEIRA, P.G. **Análise espacial de áreas afetadas por eventos hidrológicos extremos na cidade do Rio de Janeiro**, 2009. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar?>> Acesso em 12 de novembro de 2013

TOMASELLA, J.; BORMA, L. S.; MARENGO, J. A. ; RODRIGUEZ, D. A.; CUARTAS, L. A.; NOBRE, C.A.; PRADO, M.C.R. The droughts of 1996-97 and 2004-05. In: **Amazonia: hydrological response in the river main-stem**. Hydrological Processes (Print), 2010.

TOMASELLA, J.; MARENGO, J. A. **A Seca de 2010 na Amazônia**. 2011. Disponível em:<<http://www.oecoamazonia.com/br/artigos/9-artigos/128-a-seca-de-2010-na-amazonia>>. Acessado em 03 de junho de 2013.

TUCCI, C.E.M. Controle de enchentes. **Hidrologia ciência e aplicação**, 3. ed., Porto Alegre, ABRH-Editora UFRGS, 2002. p.621-658.

XAVIER, T. de M.B.S.; XAVIER, A.F.S. Papel da componente meridional do vento na costa do Nordeste para a previsão da chuva no estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11., 1997, Vitória, Es. **Anais...** Vitória, 2004.p.537-543.

XAVIER, T. de M.B.S. **Tempo de chuva**: estudos climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste setentrional. Fortaleza: ABC Editora, 2001.

XAVIER, T. de M.B.S.; XAVIER, A. F. S; ALVES, J.M.B. **Quantis e eventos extremos, aplicações em ciências da terra e ambientais**. Fortaleza: RDS, 2007. 278 p.