



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ



FACULDADE DE METEOROLOGIA



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

SHIRLEN VIANA LEAL

DESASTRES NATURAIS SOBRE A AMAZÔNIA E NORDESTE BRASILEIRO ASSOCIADOS ÀS ENCHENTES E INUNDAÇÕES: O CASO DE 2009

Belém - 2010

Campus Universitário do Guamá - Augusto Corrêa nº 01
Caixa Postal 8608 CEP 66.075-110 Belém – Pará – Brasil
Tel.: (0xx91) 3201.7107 FAX (0xx91) 3201.7609 E-mail: dir.cg@ufpa.br

Shirlen Viana Leal

**DESASTRES NATURAIS SOBRE A AMAZÔNIA E NORDESTE BRASILEIRO
ASSOCIADOS ÀS ENCHENTES E INUNDAÇÕES: O CASO DE 2009**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Faculdade de Meteorologia
do Instituto de Geociência da
Universidade Federal do Pará para a
obtenção de Grau de Bacharel em
Meteorologia.

Área de concentração: Climatologia
Tropical.

Orientador: Everaldo Barreiros de Souza.

Belém - 2010

Shirlen Viana Leal

**DESASTRES NATURAIS SOBRE A AMAZÔNIA E NORDESTE BRASILEIRO
ASSOCIADOS ÀS ENCHENTES E INUNDAÇÕES: O CASO DE 2009**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Faculdade de Meteorologia
do Instituto de Geociência da
Universidade Federal do Pará para a
obtenção de Grau de Bacharel em
Meteorologia.

Monografia aprovada em ____/_____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Everaldo Barreiros de Souza - Orientador
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Adelaide Maria Pereira Nacif – Membro
Mestre em Planejamento e Desenvolvimento do Trópico Úmido
Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM)

Prof. Edson José Paulino da Rocha – Membro
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará (UFPA)

*Aos meus pais, Roberto e Berenice por todo
amor, apoio e incentivo em todos os dias da
minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, quero agradecer a Deus e a minha família. O Deus, porque que em tantos momentos difíceis carregou-me no colo, não permitindo que eu me afastasse de meu propósito. A minha família, pelo amor, carinho, compreensão e incentivo que sempre recebi e que foram fundamentais para conclusão desta Monografia.

Ao meu orientador o professor Dr. Everaldo Barreiro de Souza por acreditar que concluiria o trabalho ao qual me propus. Seus ensinamentos e paciência foram fundamentais no transcorrer do trabalho, desde a fase de planejamento passando pelo desenvolvimento e a conclusão do mesmo.

Aos integrantes da banca examinadora composta pela Adelaide Maria Pereira Naicif (Mestre em Planejamento e Desenvolvimento do Trópico Úmido - SUDAM) e Prof. Edson José Paulino da Rocha (Doutor em Meteorologia) pelas valiosas sugestões e críticas que vieram a enriquecer o presente Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos professores da Faculdade de Meteorologia que participaram, positivamente, na minha formação científica durante todo o período da minha Graduação, em especial: Maria do Carmo, Midori Makino, Dimitrie Nechet, José Carvalho, Danilo Filho, Maria Aurora, Antônio Lola, José Ricardo, Paulo Souza, Maria Isabel e Isa Maria.

Aos meus amigos Meteorologistas, em especial: Rosilene, Rose, Kelen, Guilherme, Alex e Gláucia, pelo apoio, companheirismo e momentos de descontração.

Ao meu namorado Clésio Lopes pelo incentivo, companheirismo, cumplicidade e carinho inesgotável que contribuíram para a realização deste trabalho.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste Trabalho de Conclusão de Curso.

*“Enfrentamos bons e maus tempos, passamos
por brisas e tempestades, mas a certeza que
no final a previsão final seria de céu claro!”*
Shirlen Leal.

RESUMO

Reporta-se o mapeamento dos desastres naturais associados às enchentes e inundações registradas na Amazônia e Nordeste Brasileiro (NEB), durante o verão e outono de 2009, bem como descreve a análise climática dos mecanismos de grande escala atuantes. Nesse período a climatologia dessas regiões é caracterizada por intensas e prolongadas chuvas, período conhecido como estação chuvosa. Devido a falta de infra-estrutura local e a ausência de planejamento urbano, alguns municípios na Amazônia e NEB tornam-se áreas de risco durante os meses da estação chuvosa, quando a elevação do nível dos rios geralmente provoca enchentes e inundações. Em particular, durante o ano de 2009, os desastres desencadeados pelas enchentes e inundações tiveram maior número de publicações no Diário Oficial da União, com vários municípios declarando situação de emergência e de calamidade pública. A presença do fenômeno La Niña sobre o Oceano Pacífico e a fase do Dipolo positivo sobre o Oceano Atlântico tropical favoreceram a atuação da ZCIT e da ZCAS. Essas interações entre os mecanismos climáticos de grande escala oceano-atmosfera e os sistemas atmosféricos contribuíram para as chuvas intensas em grande parte da Amazônia e NEB durante o período de Janeiro a Maio de 2009, a qual justifica praticamente, associada à vulnerabilidade da região a ocorrência de desastres naturais nessa região.

Palavras chaves: Catástrofes Naturais. Estação chuvosa. Climatologia. Nordeste Brasileiro. Amazônia.

ABSTRACT

Reports the mapping of the natural disasters associated with floods observed in the Amazon and Northeast Brazil (NEB) regions, during the 2009 summer and autumn, as well as describes the climatic analysis of the mechanisms of large-scale. During this period, the climatology of these regions is characterized by intense and prolonged precipitation, a period known as the rainy season. Due to lack of local infrastructure and the urban planning, some cities in the Amazon NEB become risk areas during the months of the rainy season when the river level rise and cause floods. In particular, during the year 2009, the disasters triggered by floods result in a great number of publications in Official Journal, with several cities declaring emergency and calamity situations. The presence of La Niña over the Pacific Ocean and the phase of the positive dipole over the tropical Atlantic Ocean favor the activity of the ITCZ and SACZ. These interactions between the mechanisms of large-scale climatic atmosphere and ocean-atmospheric systems contributed to the heavy rains in much of the Amazon and NEB for the period January to May 2009, which justifies practically associated with the region's vulnerability to occurrence of natural disasters in this region.

Keywords: Natural Catastrophe. Rainy Season. Climatology. Northeast Brazil. Amazon.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 – Origem dos Desastres Naturais. | 18 |
| Figura 2.2 – Origem dos Desastres Naturais. | 23 |
| Figura 2.3 – Relação entre vulnerabilidade entre perigo. | 24 |
| Figura 2.4 - Evolução do crescimento mundial no número de ocorrências de desastres naturais (1975 a 2009). | 26 |
| Figura 2.5 – Estimativa de danos (US\$ Bilhões) causados por desastres naturais (1975 - 2009). | 27 |
| Figura 2.6 – Número de vítimas fatais no mundo em decorrência dos desastres. | 27 |
| Figura 2.7 – Prejuízos econômicos no mundo devido a ocorrência de desastres. | 28 |
| Figura 2.8 - Ocorrência de pessoas afetadas no mundo por desastre natural no mundo. | 28 |
| Figura 2.9 - Ocorrência de desastre natural no mundo. | 29 |
| Figura 2.10 - Distribuição por região dos desastres naturais atendidos pela Secretaria Nacional da Defesa Civil. | 30 |
| Figura 3.1- Total de registros e principais causas de desastres naturais no Brasil (2000-2009). Legenda: IN – Inundação, ES – Escorregamento, SE – Seca, TE – Tempestades, EP – Epidemias, TX – Temperatura Extrema e TR - Terremoto. | 40 |
| Figura 3.2 - Total de registros e principais causas de desastres naturais no Brasil (2009). Legenda: IN – Inundação, ES – Escorregamento, EP – Epidemias e TE – Tempestades. | 40 |
| Figura 3.3 – Distribuição espacial dos desastres naturais por região no Brasil (2009). Legenda: N – Norte, NE – Nordeste, SE – Sudeste e S – Sul. | 41 |
| Figura 3.4 – Total de portarias publicadas no DOU referentes a municípios atingidos por desastres que declararam SE. Estados: PA – Pará, AM – Amazonas, AP – Amapá e RO – Rondônia. | 42 |
| Figura 3.5 – Total de portarias publicadas no DOU referentes a municípios atingidos por desastres que declararam situação de emergência. Estados: CE - Ceará, PI – Piauí, MA - Maranhão, PB – Paraíba, RN - Rio Grande do Norte, BA - Bahia, AL – Alagoas, PE – Pernambuco e SE - Sergipe. | 43 |
| Figura 4.1 – Distribuição espacial dos desastres naturais na Amazônia e NEB (2009). Legenda: Pará, PA - Amazonas, AM – Amapá, AP – Rondônia, RO – CE - Ceará, PI – Piauí, MA - Maranhão, PB – Paraíba, RN - Rio Grande do Norte, BA - Bahia, AL – Alagoas, PE – Pernambuco e SE - Sergipe. | 45 |
| Figura 4.2 – Distribuição espacial dos municípios afetados por desastres naturais na Amazônia e NEB (2009). | 46 |
| Figura 4.3– Divisão hidrográfica Nacional. | 48 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.4 –. Cortes verticais (longitude x altura) da circulação zonal associada à célula de Walker média entre 7.5°S - 2.5°N (mapa superior) e anomalias de TSM (mapa inferior) sobre o Oceano Pacífico e Atlântico durante DJF 2008/09 e MAM 2009. | 50 |
| Figura 4.5 –.Cortes verticais (latitude x altura) da circulação meridional associada à célula de Hadley média entre 60°W-45°W (mapa superior) e anomalias de ROL (mapa inferior) sobre a América do Sul e Atlântico durante DJF de 2008/09 e MAM de 2009. | 51 |
| Figura 4.6 –.Padrões de vento horizontal em 200 hPa (mapa superior) e em 850 hPa (mapa inferior) durante DJF 2008/09 e MAM 2009. | 52 |
| Figura 4.7 – Padrões (configuração espacial e intensidade) das anomalias de precipitação (mapas superiores) e desvios percentuais (mapas inferiores) observados sobre a Amazônia e Nordeste durante DJF 2008/09 e MAM 2009. | 53 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 2.1 - Classificação dos desastres quanto a tipologia. _____ | 20 |
| Tabela 2.2 - Classificação dos desastres em relação à intensidade. _____ | 22 |
| Tabela 2.3 - Classificação dos desastres em relação à intensidade. _____ | 22 |
| Tabela 3.1 - Tipos de desastres mais frequentes por Estado. _____ | 41 |
| Tabela 3.2 - Tipos de desastres naturais mais frequentes por Estado. _____ | 43 |

LISTA DE ACRÔNIMOS

| | |
|---------|--|
| AS | <i>América do Sul;</i> |
| CCM | <i>Complexos Convectivos de Mesoescala;</i> |
| CPTEC | <i>Centro de Previsão de tempo e Estudos Climáticos;</i> |
| CRED | <i>Centre for Research on the Epidemiology of Disaster;</i> |
| DESAV | <i>Desfavorável;</i> |
| DJF | <i>Dezembro Janeiro Fevereiro;</i> |
| DOU | <i>Diário Oficial da União;</i> |
| EM-DAT | <i>Emergency Events Database;</i> |
| ENOS | <i>El Niño – Oscilação Sul;</i> |
| FAV | <i>Favorável;</i> |
| IBGE | <i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;</i> |
| INPE | <i>Instituto de Pesquisas Espaciais;</i> |
| IOS | <i>Índice de Oscilação Sul;</i> |
| LI | <i>Linha de Instabilidade;</i> |
| MAM | <i>Março Abril Maio;</i> |
| NEB | <i>Nordeste Brasileiro;</i> |
| OAT | <i>Oceano Atlântico Topical;</i> |
| OAT | <i>Oceano Atlântico Tropical;</i> |
| OFDA | <i>Office of Foreign Disaster Assistance;</i> |
| OMJ | <i>Oscilação Madden Julian;</i> |
| OPE | <i>Oceano Pacífico Equatorial;</i> |
| OS | <i>Oscilação Sul;</i> |
| PNM | <i>Pressão ao Nível do Mar;</i> |
| SEDEC | <i>Secretaria Nacional da Defesa Civil;</i> |
| TSM | <i>Temperatura da Superfície do Mar;</i> |
| UN-ISDR | <i>United Nations – International Strategy for Disaster Reduction;</i> |
| ZCAS | <i>Zona de Convergência do Atlântico Sul;</i> |
| ZCIT | <i>Zona de Convergência Intertropical.</i> |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 MOTIVAÇÃO | 15 |
| 1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO | 16 |
| 2. ELEMENTOS TEÓRICOS | 18 |
| 2.1 DESASTRE | 18 |
| 2.1.1 Classificação dos desastres quanto a tipologia e intensidade | 19 |
| 2.1.2 Desastre natural no mundo | 25 |
| 2.1.3 Desastre natural no Brasil | 29 |
| 2.2 MECANISMOS CLIMÁTICOS DE GRANDE ESCALA E SISTEMAS ATMOSFÉRICOS QUE INFLUENCIAM NA AMAZÔNIA | 31 |
| 2.2.1 Mecanismo climático de grande escala | 31 |
| 2.2.2 Sistemas atmosféricos | 35 |
| 3. MATERIAL E MÉTODO | 38 |
| 3.1 ANÁLISE DOS DESASTRES NATURAIS | 38 |
| 3.1.1 EM-DAT | 39 |
| 3.1.2 Diário Oficial da União - DOU | 42 |
| 3.2 ANÁLISE CLIMÁTICA | 44 |
| 4. RESULTADOS | 45 |
| 4.1 DESASTRES NATURAIS OCORRIDOS NA AMAZÔNIA E NEB EM 2009 | 45 |
| 4.1.1 Análise climática de grande escala | 48 |
| 5. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES | 55 |
| 5.1 PERSPECTIVAS FUTURAS | 56 |
| REFERÊNCIAS | 57 |

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o número de registros de desastres naturais em várias partes do mundo vem aumentando consideravelmente (MARCELINO, 2006). Isto se deve, principalmente, ao aumento da população, a ocupação desordenada e ao intenso processo de urbanização e industrialização. Dentre os principais fatores que contribuem para desencadear estes desastres nas áreas urbanas destacam-se a impermeabilização do solo, o adensamento das construções, a conservação de calor e a poluição do ar. Enquanto que nas áreas rurais, destaca-se a compactação dos solos, o assoreamento dos rios, os desmatamentos e as queimadas (“Desastres Naturais”, 2010; MARCELINO, 2007).

Sendo assim, estes desastres que tanto influenciam as atividades humanas vêm ultimamente se intensificando devido ao mau gerenciamento das bacias hidrográficas, especialmente pela falta de planejamento urbano. Além disso, têm-se observado freqüentes adversidades climáticas, como precipitações extremas, vendavais, granizos entre outros, o que acarreta no aumento da incidência de desastres naturais (ALCÁNTARA-AYALA, 2002).

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. A precipitação pluviométrica é o processo pelo qual a água presente nas nuvens é condensada na atmosfera superior, precipitando (caindo) gravitacionalmente sobre a superfície terrestre (TUBELIS, 1980).

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).

A Amazônia apresenta clima quente e úmido e possui uma rica rede hidrográfica, sendo maior no Estado do Amazonas. Tais características tornam essas regiões vulneráveis a enchentes e inundações, uma vez que, possuem uma grande variação em

relação à precipitação, tanto espacial quanto temporal, a qual é fortemente influenciada por fenômenos meteorológicos.

Alguns desses fenômenos merecem uma atenção maior, tais como: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas Frontais, Linhas de Instabilidade (LI) e Aglomerados convectivos.

Os mecanismos de grande escala oceano-atmosfera também modulam a variabilidade da precipitação sazonal na Amazônia e Nordeste Brasileiro - NEB (SOUZA, 2004; ROPELEWKL, 1987). Esses mecanismos estão associados às anomalias de TSM nos oceanos Pacífico e Atlântico, conhecidos como: Dipolo e o fenômeno ENOS (El Niño – Oscilação Sul).

Na literatura (SOUZA, 2000) apresentam-se resultados observacionais sobre as influências dos modos de variabilidade dos oceanos sobre as precipitações na Amazônia e indicaram que durante o evento La Niña (Pacífico frio) e a fase negativa de Dipolo (Atlântico Tropical Sul - quente e Norte - frio) a precipitação fica acima da normal, no verão e outono austral da Amazônia e NEB.

De acordo com publicações do Diário Oficial da União (DOU), os meses que mais apresentaram registros de desastres naturais desencadeados por altos índices pluviométricos em 2009 foram o verão e outono austral. Esses desastres foram em maior parte causados pelos transbordamentos das águas do curso d'água e elevação do nível d'água no canal de drenagem. Ressalta-se que este trabalho não realizou um estudo hidrológico das regiões atingidas por desastres naturais, concentrando-se somente nas adversidades climáticas.

1.1 MOTIVAÇÃO

A Amazônia e o NEB no ano de 2009 foram marcados por altos índices pluviométricos, principalmente, na Amazônia e NEB durante a estação chuvosa, o que desencadeou uma série de desastres naturais provocados por inundações e enchentes. Esse período é caracterizado pela presença de alguns fenômenos atmosféricos, como por exemplo, a presença da ZCIT, fenômeno importante em quão abundante serão as chuvas nessas regiões.

Os desastres naturais são, praticamente, impossíveis de serem erradicados, contudo, podem ser evitados o número de vítimas fatais e pessoas atingidas por estes. Para isso, deve-se fazer um estudo detalhado das regiões vulneráveis a ocorrência de eventos que podem vir a ocasionar desastres, tal como: compreender características climáticas, topografia, hidrografia, densidade populacional, dentre outros. A partir disso, desenvolver métodos de monitoramento, prevenção e a mitigação dos desastres naturais, de modo a diminuir o número de vítimas atingidas por tais desastres. Portanto, é necessário que haja uma linha de pesquisa sobre desastres naturais diferenciada para cada região, levando em consideração suas características próprias.

Estudos sobre desastres naturais são encontrados amplamente na literatura, contudo, para a região Amazônica e NEB não há muitos trabalhos que abrangem esse tema de forma específica, como métodos de prevenção, mapeamento de áreas de riscos, etc.

Assim, o presente trabalho de conclusão de curso, objetiva analisar os episódios pluviométricos no período chuvoso do ano de 2009 associados às adversidades climáticas que podem ter contribuído para a ocorrência de desastres naturais, dando destaque aos municípios mais atingidos por esses eventos. Objetiva também a criação de um mapa com a distribuição espacial das áreas afetadas por tais desastres de acordo com seu nível de intensidade e a construção de gráficos que representem os totais de eventos ocasionados por chuvas.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso está dividido em 5 capítulos:

No capítulo 2 são apresentados os elementos teóricos necessários para uma melhor compreensão do estudo em questão. Trata-se nesse capítulo de forma detalhada, os conceitos de desastres naturais, como são classificadas, a frequência e intensidade com que ocorrem no globo e em seguida restringindo-se ao Brasil, especificamente, Amazônia e NEB.

Ainda, nesse capítulo, são discutidos os mecanismos climáticos de grande escala oceano-atmosfera e sistemas atmosféricos que atuam e influenciam na Amazônia e NEB, os quais contribuem significativamente para os altos índices de pluviométricos nessas regiões durante a estação chuvosa.

O capítulo 3 diz respeito aos materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho. O material utilizado foram informações de desastres naturais ocorridos em 2009 durante a estação chuvosa, consultadas no banco EM-DAT, na SEDEC e no DOU. A partir dessas informações foi possível criar planilhas e gráficos com características desses desastres. Para a criação de um mapa com a distribuição espacial dos municípios atingidos por desastres utilizou-se o software i3Geo, juntamente com as informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

No capítulo 4 são discutidos os resultados, em que é feita uma análise das regiões mais atingidas por desastres naturais e os eventos principais envolvidos. Também são analisadas as adversidades climáticas que favoreceram os altos índices pluviométricos para o período estudado.

Por fim, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões e perspectivas futuras.

2. ELEMENTOS TEÓRICOS

Neste capítulo é realizado um estudo teórico sobre o conceito de desastre natural, suas principais características, como são classificados, grau de intensidade e regiões onde acontecem com mais frequência. Esse estudo também se estende as características climatológicas da Amazônia e NEB, em que se enfatizam os principais sistemas atmosféricos atuantes nessa região.

2.1 DESASTRE

Os desastres naturais podem ser conceituados, de forma simplificada, como o resultado do impacto de um fenômeno natural extremo ou intenso sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excede a capacidade dos afetados em conviver com o impacto (Reducing disaster risk: a challenge for development, 2004; TOBIN, 1997).

Os desastres, em geral, são distinguidos principalmente em função de sua origem, isto é, da natureza do fenômeno que o desencadeou. De acordo com as normativas da Política Nacional de Defesa Civil, existem três tipos de desastres: naturais, humanos e mistos (CASTRO, 1998), conforme a Figura 2.1.

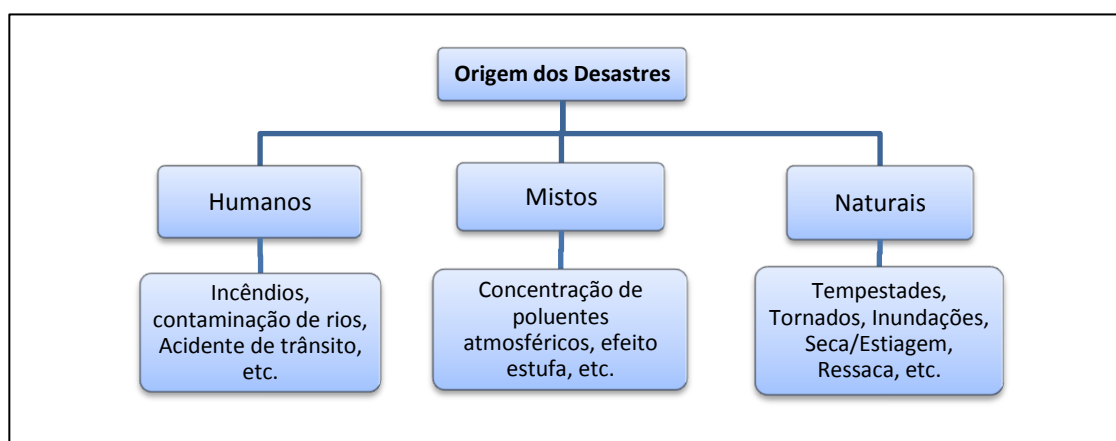


Figura 2.1 – Origem dos Desastres Naturais.

Os desastres humanos são aqueles gerados pelas ações ou omissões humanas, como acidente de trânsito, incêndios industriais, contaminação de rios, entre outros. Os desastres mistos ocorrem quando as ações e omissões humanas que contribuem para

intensificar ou agravar fenômenos potencialmente indutores de desastres. Além disso, também se caracterizam quando a intercorrências de fenômenos naturais adversos, atuando sobre condições ambientais degradadas pelo homem, desencadeando desastres. Por exemplo: concentração de poluentes atmosféricos, chuva ácida, efeito estufa, etc. Já os desastres naturais são causados pelo impacto de um fenômeno natural de grande intensidade sobre uma área ou região povoada, podendo ou não ser agravado pelas atividades antrópicas, como por exemplo, inundações, tornados, tempestades, seca/estiagem, ressaca, dentre outros. Esses desastres podem ainda ser classificados como internos e externos.

Nessa abordagem, a diferença está basicamente no nível de intervenção humana. Entretanto, se considerarmos somente este critério, a grande maioria dos desastres conhecidos como naturais, seriam de fato desastres mistos. Tornar-se-ia mais prático e menos conflituoso optar por classificar os desastres, quanto à origem, em naturais e humanos, tendo como referencial o fenômeno que desencadeia o processo. Os naturais seriam aqueles disparados por um fenômeno natural de grande intensidade e os humanos pelas ações ou omissões de caráter antrópico.

Deste modo, podem-se classificar de forma simplificada os desastres naturais quanto à origem como naturais e humanos. Os naturais são disparados pela intervenção direta de um fenômeno natural de grande intensidade, como exemplo, chuvas fortes - inundações e escorregamentos, ventos fortes - vendaval, tornado e furacão. Os Humanos são disparados pelas ações ou omissões humanas, por exemplo, acidentes de trânsito, incêndios industriais, contaminação de rios, rompimento de barragens.

As intervenções antrópicas, quando mal planejadas, poderão intensificar e/ou agravar um desastre natural. Mas esses são fatores que indicam o estado da vulnerabilidade local e não podem ser confundidos com a gênese de um desastre.

2.1.1 Classificação dos desastres quanto a tipologia e intensidade

Segundo a literatura (TOBIN, 1997), os desastres naturais podem ser classificados de acordo com as semelhanças entre os fenômenos, categorizando-o, além de diferenciá-los dentro de uma mesma categoria. Essas informações são imprescindíveis numa gestão de risco o que leva a poupar tempo, dinheiro e vidas. Na Tabela 2.1 pode-se observar essa classificação quanto à tipologia, que tem como premissa o evento geofísico que desencadeou o desastre natural. Vale ressaltar, que os desastres naturais originam-se de

acordo com a geodinâmica externa (Tempestades, Tornados, Inundações, Seca/Estiagem, Ressaca, etc.) e interna (Terremoto, Maremoto, Vulcanismo, Tsunamis, etc.) da Terra (MARCELINO, 2008).

Tabela 2.1 - Classificação dos desastres quanto a tipologia.

| <i>Categoria</i> | <i>Tipos de desastres</i> |
|-------------------------|----------------------------------|
| Hidrológicos | <i>Inundações</i> |
| | <i>Seca/estiagem</i> |
| | <i>Incêndio Florestal</i> |
| Meteorológicos | <i>Furações</i> |
| | <i>Ciclones e tufões</i> |
| | <i>Vendaval</i> |
| | <i>Granizos</i> |
| | <i>Tornados</i> |
| | <i>Nevascas</i> |
| | <i>Geadas</i> |
| | <i>Ondas de frio</i> |
| <i>Ondas de calor</i> | |
| Geológicos | <i>Terremotos</i> |
| | <i>Vulcanismo</i> |
| | <i>Tsunami</i> |
| | <i>Escorregamento</i> |
| | <i>Subsidências</i> |

Fonte: Adaptada de Tobin e Montz (1997).

Não obstante, serão discutidos os tipos de desastres mais frequentes na Amazônia e NEB (Tabela 3.2), uma vez que, a concentração do estudo em questão é nessas regiões. Por conta disso serão conceituado neste tópico, somente, os eventos mais frequentes que podem ocasionar desastres na Amazônia e NEB. Assim, de acordo com o manual de desastres (CASTRO, 2003b):

- Inundação é um transbordamento de água proveniente de rios, lagos e açudes, atingindo a planície de inundação ou área de várzea. Elas podem ser classificadas em função de sua evolução, como: enchentes ou inundações graduais que são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar; enxurradas ou inundações bruscas é escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais; alagamentos é um acúmulo momentâneo de águas em determinados

locais por deficiência no sistema de drenagem e inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar (erosão marinha);

- Escorregamentos, também conhecidos como deslizamentos são processos de movimentos de massa envolvendo materiais que recobrem as superfícies das vertentes ou encostas, tais como solos, rochas e vegetação. Esse evento pode ser classificado de acordo com a geometria, dinâmica e material, tais como: escorregamentos; deslizamentos, rastejos, quedas e corridas. Os motivos que desencadeiam esse processo estão ligados à retirada da cobertura vegetal de áreas de relevo acidentado, habitação humana em locais impróprios, oferecendo condições propícias para o desenvolvimento de deslizamentos em encostas;
- Erosão pode ser conceituada como a destruição do solo e das rochas e seu transporte, em geral feito pela água da chuva, pelo vento ou, ainda, pela ação do gelo, quando esse atua expandindo o material no qual se infiltra a água congelada. A erosão destrói as estruturas (areias, argilas, óxidos e húmus) que compõem o solo. Estas são transportadas para as partes mais baixas dos relevos e em geral vão assorear cursos d'água. A erosão destrói os solos e as águas e é um problema muito sério em todo o mundo.

Para que os danos causados a sociedade por determinados eventos sejam registrados como desastre no banco EM-DAT é preciso que se enquadre em alguns (ou todos) dos seguintes critérios: ocorrência de 10 ou mais óbitos, ter 100 ou mais pessoas afetadas e que o órgão responsável pela área afetada tenha declarado estado de emergência e/ou pedido de auxílio internacional (“Natural Disaster”, 2007). Os níveis de intensidade desses desastres e a situação o qual ele se enquadra, segundo (CASTRO, 1999), é ilustrado na Tabela 2.2.

Os critérios utilizados para caracterizar um desastre pela SEDEC são semelhantes aos critérios adotados por órgãos internacionais, conforme ilustrado na Tabela 2.3. No Brasil, a maioria dos desastres de grande porte caracteriza-se como Situação de Emergência. Menos de 2% dos desastres declarados, homologados e reconhecidos justificariam o Estado de Calamidade Pública (“Natural Disaster”, 2007). Esses critérios são adotados por todos os órgãos de Defesa Civil, válido em todo território brasileiro.

Tabela 2.2 - Classificação dos desastres em relação à intensidade.

| <i>Nível</i> | <i>Intensidade</i> | <i>Condicionantes</i> | <i>Caracteriza</i> | <i>Prejuízos econômicos</i> |
|--------------|---------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| I | <i>Pequena Intensidade</i> | <i>Facilmente superável e suportável pelo município. Danos pouco importantes e prejuízos pouco vultosos.</i> | <i>Não caracteriza situação anormal</i> | <i>Menor que 5 % PIB municipal</i> |
| II | <i>Média Intensidade</i> | <i>Superável e suportável pelo município. Danos de alguma importância e prejuízos significativos.</i> | <i>Não caracteriza situação anormal</i> | <i>Entre 5 % e 10 % PIB municipal</i> |
| III | <i>Grande Intensidade</i> | <i>A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais. Danos importantes e prejuízos vultosos.</i> | <i>Situação de emergência</i> | <i>Entre 10% e 30% PIB municipal</i> |
| IV | <i>Muito Grande Intensidade</i> | <i>Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Prejuízos vultosos.</i> | <i>Situação de calamidade pública</i> | <i>Maiores que 30% PIB municipal</i> |

Tabela 2.3 - Classificação dos desastres em relação à intensidade.

| <i>Nível</i> | <i>Intensidade</i> | <i>Condicionantes</i> | <i>Caracteriza</i> | <i>Prejuízos</i> |
|--------------|---------------------------------|---|---|---------------------------------------|
| I | <i>Pequena Intensidade</i> | <i>Facilmente superável e suportável, danos de alguma importância e prejuízos significativos</i> | <i>Não caracteriza situação anormal</i> | <i>Menor que 5 % PIB municipal</i> |
| II | <i>Média Intensidade</i> | <i>Superável e suportável pelo município. Danos de alguma importância e prejuízos significativos.</i> | <i>Situação anormal. Agravada: SE.</i> | <i>Entre 5 % e 10 % PIB municipal</i> |
| III | <i>Grande Intensidade</i> | <i>Suportável e superável, se a comunidade; estiver preparada. Danos importantes; prejuízos vultosos</i> | <i>Situação de Emergência. Agravada: SCP.</i> | <i>Entre 10% e 30% PIB municipal</i> |
| IV | <i>Muito Grande Intensidade</i> | <i>Não suportável e não superável sem ajuda externa. Danos muito importantes; prejuízos muito vultosos e consideráveis.</i> | <i>SCP. Agravada: Estado de defesa (Art. 136 Constituição Federal); Estado de sítio (Art. 137 Constituição Federal); autorizado pelo Congresso Nacional</i> | <i>Maiores que 30% PIB municipal</i> |

A avaliação da intensidade dos desastres é muito importante para facilitar o planejamento da resposta e da recuperação da área atingida. As ações e os recursos necessários para socorro às vítimas dependem da intensidade dos danos e prejuízos provocados por esses desastres.

Atualmente, tanto nas publicações especializadas quanto na mídia, em geral, há certa confusão terminológica em relação à prevenção de desastres naturais. Assim, alguns autores visando padronizar termos e conceitos, buscaram-se uma conceitualização simplificada que, ao mesmo tempo, obedece-se aos padrões internacionais e fossem tecnicamente aceitas pela comunidade científica (MARCELINO, 2007).

Portanto, as relações conceituais entre risco, perigo e desastre podem ser descritas da seguinte forma: desastre, mencionado anteriormente, é formado por um conjunto de prejuízos, produto de um perigo, derivado de um risco. O perigo é um fenômeno natural que ocorre em épocas e região conhecidas que podem causar sérios danos nas áreas sob impacto. Assim, perigos naturais são processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera, podendo constituir um evento danoso e serem modificados pela atividade humana, tais como: a degradação do ambiente e a urbanização. Enquanto que o risco é a probabilidade de perda esperada para uma área habitada em um determinado tempo, devido à presença iminente de um perigo (DÜZGÜN, 2006).

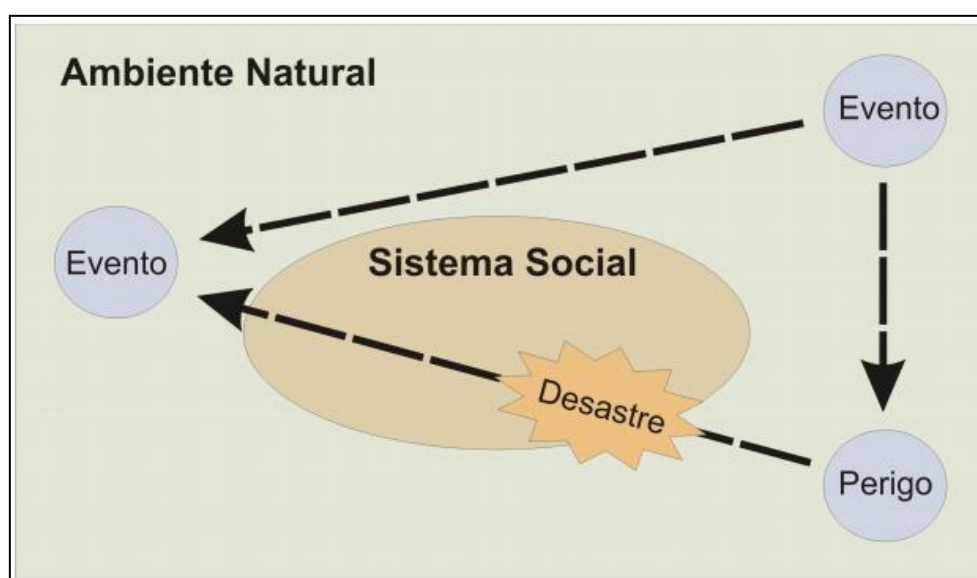


Figura 2.2 – Origem dos Desastres Naturais.
Fonte: Marcelino (2007).

Essa relação pode ser mais bem assimilada através do esquema proposto na Figura 2.2. Na natureza ocorrem diversos tipos de fenômenos que fazem parte da própria

dinâmica natural da Terra. Mas, se ocorrerem ou se deslocarem sobre um sistema social, tem-se uma situação potencial de danos a pessoas e bens (perigo). Caso o impacto produza danos e prejuízos extensivos e/ou de difícil superação pelas comunidades afetadas será então considerado como um desastre. Se as conseqüências forem mínimas ou nulas será considerado somente como um evento natural.

Para exemplificar, uma tempestade severa (evento natural) produz chuvas e ventos fortes que ao se deslocar em direção a uma área densamente ocupada, torna-se um perigo, principalmente para as áreas consideradas de alto risco. Quando isso ocorre, casas são alagadas e destruídas, pessoas morrem e outras tantas são obrigadas a procurar locais seguros, como os abrigos temporários (desalojadas). Dependendo da magnitude ou intensidade, os danos podem acarretar num desequilíbrio dos serviços essenciais vinculados ao fornecimento de água, luz, comunicação e transporte, caracterizando num cenário típico de desastre. Entretanto, na continuação da trajetória, quando atinge áreas não-ocupadas (campos e matas), a tempestade volta a ser considerada como um evento natural.

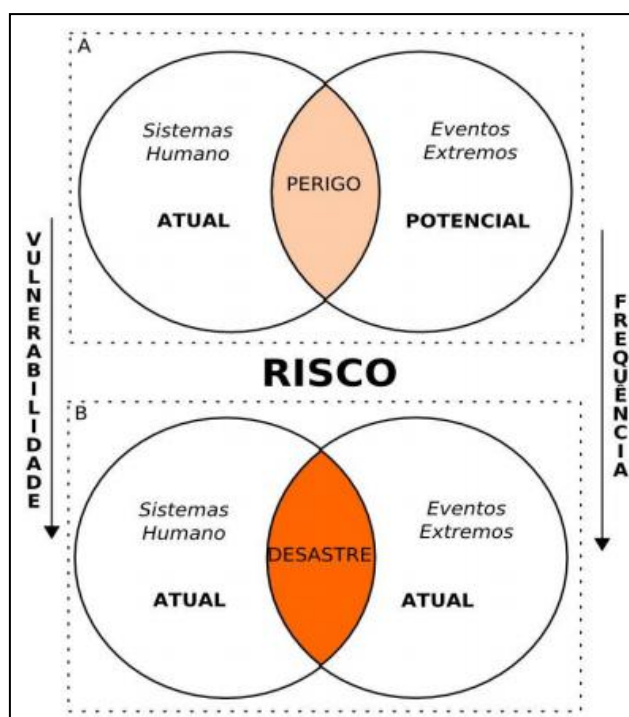


Figura 2.3 – Relação entre vulnerabilidade entre perigo.

Fonte: Adaptada de Tobin e Montz (1997).

No entanto, a gravidade dos desastres também pode estar vinculada aos elementos sociais expostos, ou seja, a fragilidade do ambiente socialmente construído

(vulnerabilidade). Na Figura 2.3 é mostrado a relação entre vulnerabilidade e perigo, observa-se que aumentando a frequência do perigo e a intensidade da vulnerabilidade, aumentará conseqüentemente o risco de um perigo transformar-se num desastre.

Para entender a relação do risco com a vulnerabilidade na Figura 2.3 podemos definir que o risco pode ser entendido como a representação de uma ameaça (esperança matemática de ocorrer um desastre ou sentimento de insegurança) que afetam os alvos e que constituem indicadores de vulnerabilidade (densidade demográfica, infra-estrutura, pobreza, uso do solo, etc.).

2.1.2 Desastre natural no mundo

Os desastres naturais podem ocorrer em qualquer continente ou país, visto que os fenômenos naturais que o desencadeiam, como as tempestades, os terremotos e os vulcões existem em diversas partes do globo. Entretanto, algumas regiões são mais afetadas em função da magnitude e frequência dos fenômenos e da vulnerabilidade do sistema social.

De acordo com os dados de desastres do banco global *Emergency Events Database* (EM-DAT) para um período de 34 anos (1975-2009), tem-se uma tendência global para o significativo incremento do número de desastres a partir da década de 70 que passou de 50 registros por ano para uma média de 370 até 2009, conforme lustrado na Figura 2.4.

Na Figura 2.5 são mostrados os prejuízos estimados para o período de 1975 a 2009. Esse prejuízo na década de 70 era em torno de 5 bilhões de dólares chegando a 180 bilhões no ano de 2008, contudo, observa-se um decréscimo nesse valor em 2009 para uma média de 40 bilhões de dólares. Nota-se que o maior prejuízo econômico foi em 2005, ano do Furacão Katrina nos Estados Unidos, o prejuízo atingiu, aproximadamente, 210 bilhões de dólares.

Quando comparamos as Figuras 2.4 e 2.5 observamos que o número crescente de desastres no mundo nos últimos 30 anos não está associado à mesma proporção com os prejuízos econômicos causados por estes. Isso pode estar associado aos métodos de prevenção e mitigação desses desastres, uma vez que, esse processo minimiza os danos e prejuízos sobre a sociedade.

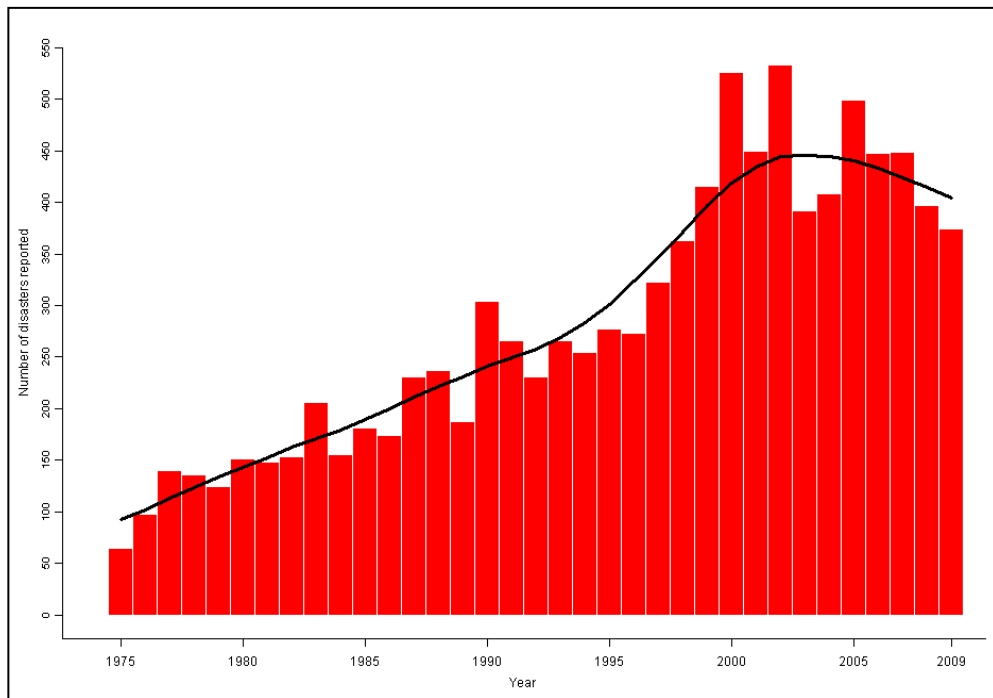
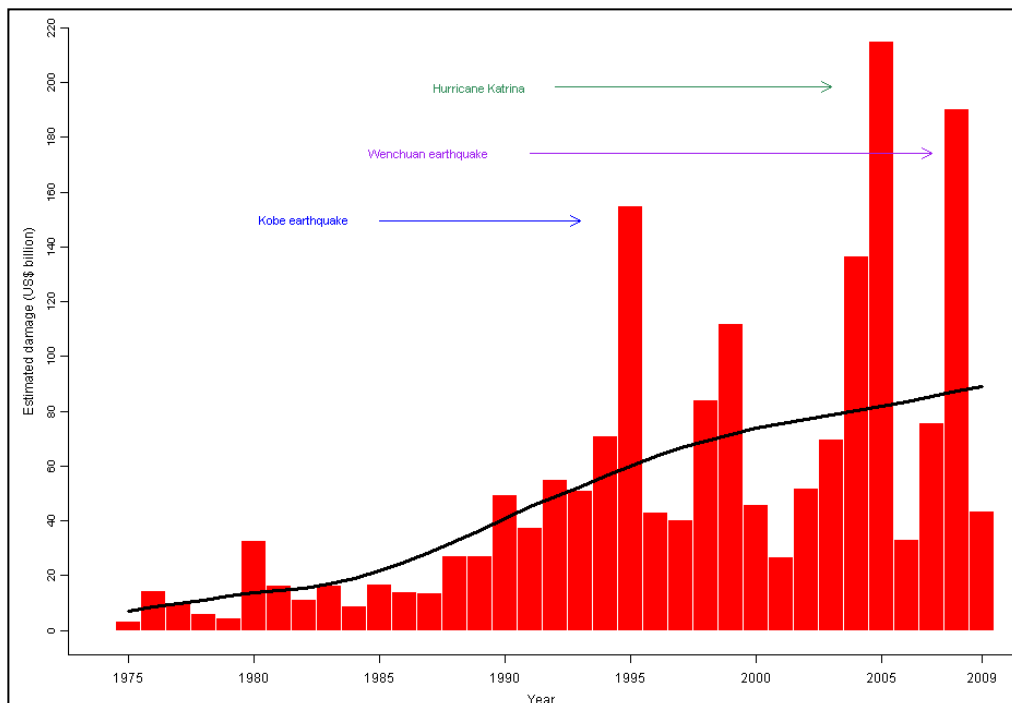


Figura 2.4 - Evolução do crescimento mundial no número de ocorrências de desastres naturais (1975 a 2009).



Fonte: EM-DAT (2009).

Figura 2.5 – Estimativa de danos (US\$ Bilhões) causados por desastres naturais (1975 - 2009).
Fonte: EM-DAT (2009).

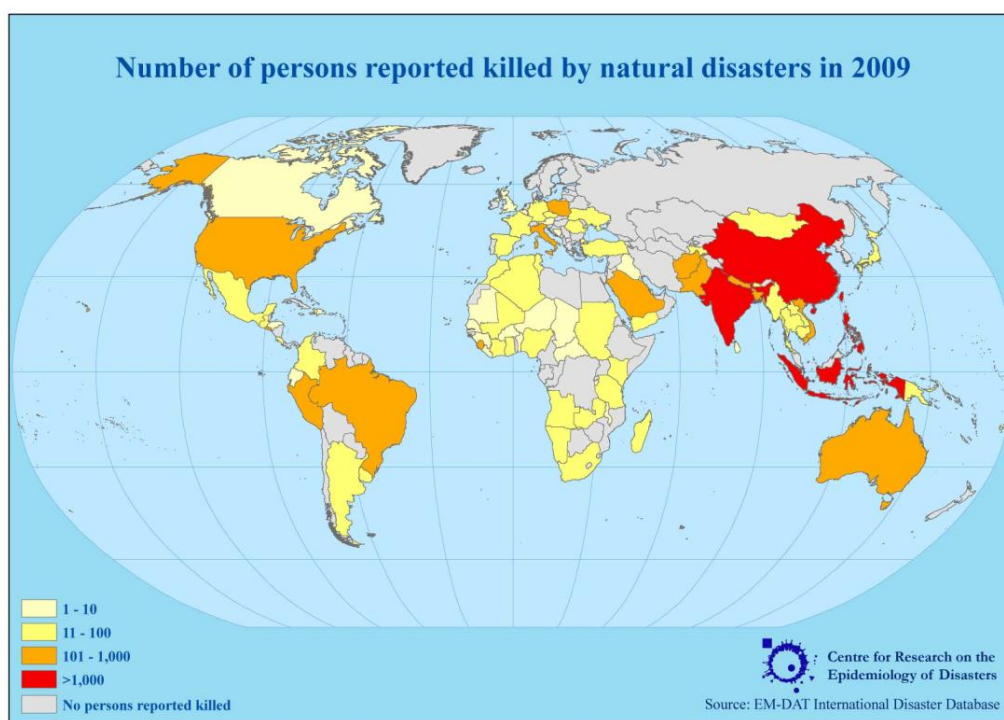


Figura 2.6 – Número de vítimas fatais no mundo em decorrência dos desastres.
Fonte: EM-DAT (2009).

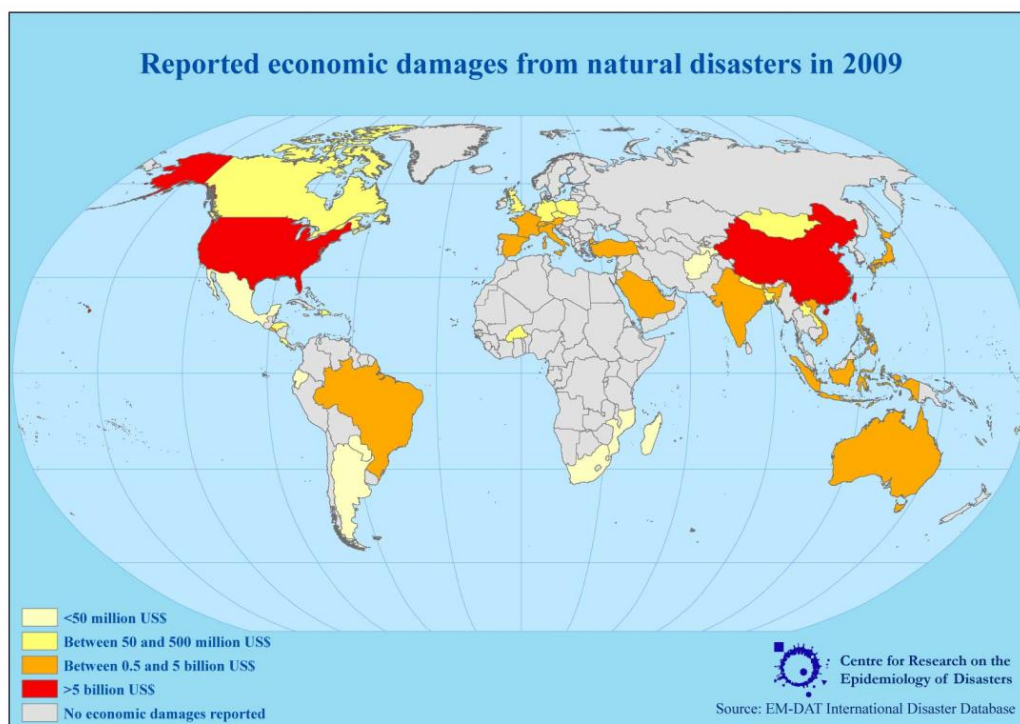


Figura 2.7 – Prejuízos econômicos no mundo devido a ocorrência de desastres.
 Fonte: EM-DAT (2009).

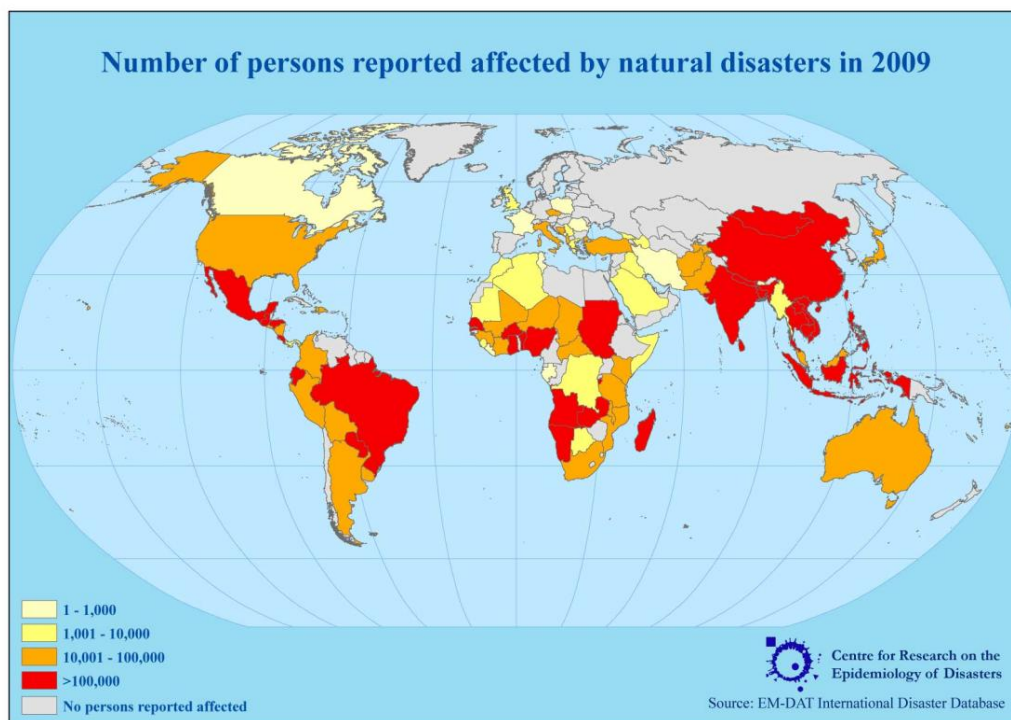


Figura 2.8 - Ocorrência de pessoas afetadas no mundo por desastre natural no mundo.
 Fonte: EM-DAT (2009).

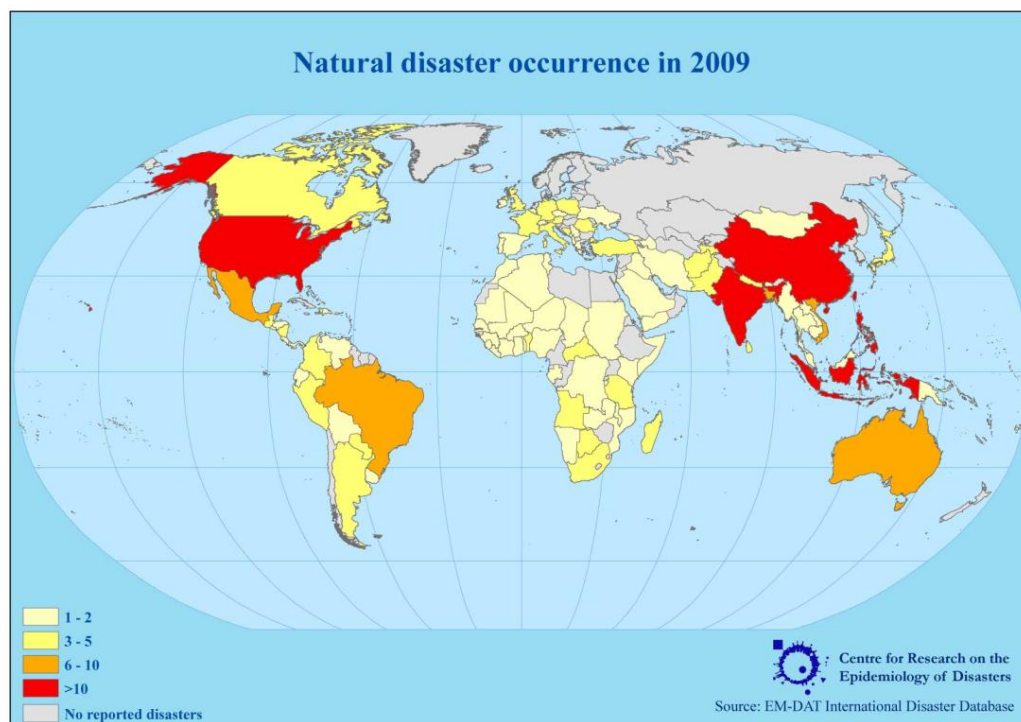


Figura 2.9 - Ocorrência de desastre natural no mundo.
Fonte: EM-DAT (2009).

Quando analisamos os desastres ocorridos somente no ano de 2009 tem-se um total de 396 registros em todo globo, sendo que 10 desses foram no Brasil. Nas Figuras de 2.6 a 2.9 é mostrada de forma espacial a distribuição desses desastres por todos os continentes, os quais se referem ao total de pessoas mortas, aos prejuízos e danos provocados por tais desastres, ao total de ocorrências de desastre e ao total de pessoas afetadas. Por exemplo, na América do Sul (AS), especificamente no Brasil, houve mais de 10 ocorrências de desastres naturais e mais de 100.000 pessoas afetadas. O número de óbitos foi de aproximadamente 1000 e os danos e prejuízos ficaram entre 0,5 e 5 bilhões de dólares.

2.1.3 Desastre natural no Brasil

Segundo o banco EM-DAT o Brasil encontra-se entre os países mais atingidos por inundações, tendo registrado 94 desastres no período de 1960 a 2008, com 5.720 mortes e mais de 15 milhões de pessoas afetadas (desabrigados/desalojados). Considerando somente os desastres hidrológicos que englobam inundações, enchentes e movimentos de

massa. O Brasil, em 2008, esteve em 10º lugar entre os países do mundo em número de vítimas de desastres naturais, com 1,8 milhões de pessoas afetadas.

De acordo com o relatório técnico da Confederação Nacional dos Municípios (Municípios em Situação de Emergência e Estado de Calamidade Pública, 2009), a média de portarias reconhecidas de situação de emergência ou calamidade desde 2003 até 2008 foram cerca de 1500, totalizando, aproximadamente, 8.894 portarias de reconhecimento de desastres naturais. Os Estados que mais tiveram desastres nesse período foram: o Rio Grande do Sul (1.197), Paraíba (1.171), Minas Gerais (1.126) e Ceará (1.018). As regiões Nordeste e Sul lideraram o número de portarias de reconhecimento.

Na Figura 2.10 são mostrados os desastres naturais mais comuns no Brasil divididos espacialmente, de forma geral, por macrorregiões, em que os principais eventos são derivados da dinâmica externa da Terra, tais como, inundações, seca, deslizamentos, incêndios florestais, vendavais e granizos (CASTRO, 2003b). Vale ressaltar que essa divisão somente leva em consideração os eventos mais frequentes em cada região, portanto, pode haver ocorrência de outros tipos de eventos que levam a desastres naturais.

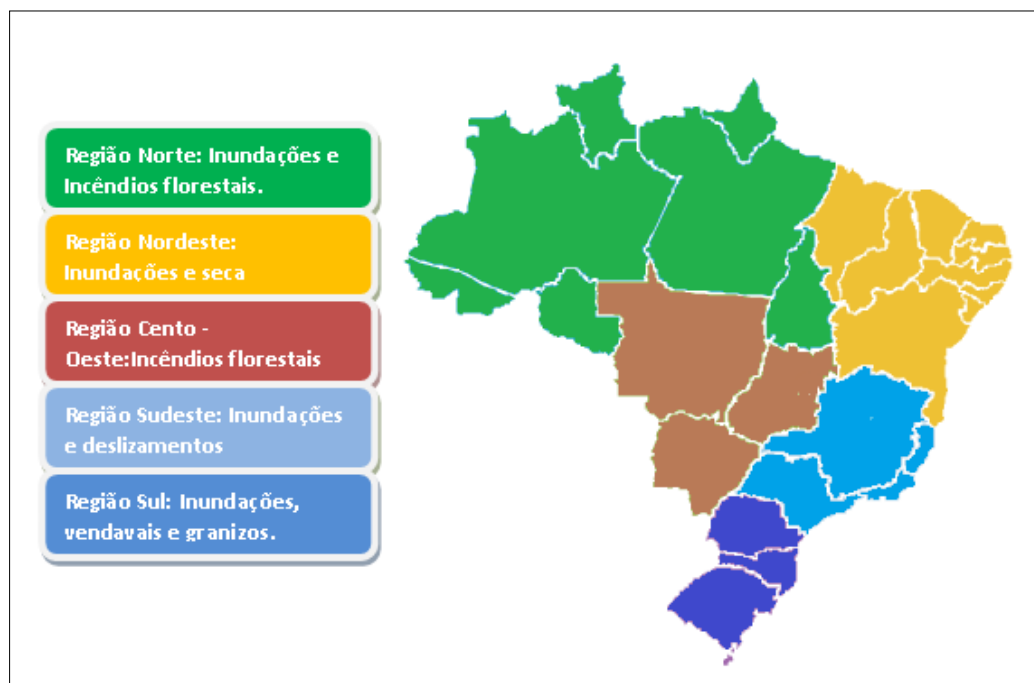


Figura 2.10 - Distribuição por região dos desastres naturais atendidos pela Secretaria Nacional da Defesa Civil.

Fonte: SEDEC (2005).

2.2 MECANISMOS CLIMÁTICOS DE GRANDE ESCALA E SISTEMAS ATMOSFÉRICOS QUE INFLUENCIAM NA AMAZÔNIA

Segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), os desastres naturais mais frequentes no Brasil estão associados a eventos extremos de chuvas (mais de 70%), os quais estão relacionados a diferenciados sistemas atmosféricos, tais como: ZCIT, ZCAS, LI e aglomerados convectivos. Estes podem atuar em conjunto com mecanismos climáticos de grande escala oceano-atmosfera, intensificando ainda mais os eventos extremos. Os principais mecanismos climáticos de grande escala oceano-atmosfera que influenciam a precipitação da Amazônia e NEB são os fenômenos ENOS e Padrão Dipolo. Outro mecanismo que também influencia a precipitação nessas regiões é a Oscilação Madden Julian (OMJ).

2.2.1 Mecanismo climático de grande escala

A variabilidade espacial e temporal da precipitação sobre a Amazônia e NEB, durante os meses do período chuvoso, é diretamente influenciada pelo mecanismos climáticos de grande escala que ocorrem sobre os oceanos tropicais adjacentes, no caso o Oceano Pacífico Equatorial (OPE) e Oceano Atlântico Topical (OAT). Esses mecanismos envolvem complexas interações oceano-atmosfera na região tropical global.

Tais mecanismos climáticos de grande escala são conhecidos como (SOUZA, 1997; SOUZA, 1998):

- 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.

Segundo a literatura CANE, M. A. (1992), o ciclo do ENOS possui dois componentes, um oceânico e outro atmosférico. O componente oceânico é caracterizado por anomalias da temperatura das águas superficiais do OPE junto à costa Oeste da América do Sul, monitoradas com base na TSM. O componente atmosférico, denominado Oscilação Sul (OS) refere-se à flutuação inversa no campo de pressão entre as regiões da Alta Subtropical do Pacífico Sudeste e a Baixa Pressão da Indonésia.

O Índice de Oscilação Sul (IOS) é utilizado no monitoramento do componente atmosférico e é caracterizado por anomalias de pressão atmosférica na região de Darwin,

norte da Austrália e do Taiti, na Polinésia Francesa. Quando a pressão é alta no Tahiti, em Darwin é baixa e vice-versa. Portanto, o IOS é positivo quando a pressão está maior no Tahiti e negativo quando esta mais alta em Darwin.

Em anos normais, a circulação observada sobre o oceano Pacífico caracteriza-se por movimentos ascendentes na parte central e oeste desse oceano e por movimentos descendentes no oeste da América do Sul. Nesta situação denomina-se que o fenômeno ENOS está neutro e a TSM se encontra dentro dos padrões normais.

Quando ocorre 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 as 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 as chuvas) ocorre quando há resfriamento das águas e aumento na pressão atmosférica na região leste do Pacífico (FONTANA, 1996; GRIMM, 1998).

A TSM se altera seguindo os padrões da OS em resposta às variações dos ventos superficiais. Durante a La Niña, os intensos ventos alísios carregam as águas aquecidas da superfície do oceano Pacífico em direção à parte oeste próximo à costa da Austrália. Como consequência, ocorre a ressurgência de águas frias na parte central e leste do Pacífico, causando TSM abaixo da normal.

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. Os registros históricos mostram que 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.

Também, os valores das anomalias de TSM em anos de La Niña têm desvios menores que em anos de El Niño, raramente ultrapassando 2 °C abaixo da média. Os impactos do La Niña não são tão evidentes quanto os do El Niño e dependem da região e da intensidade do fenômeno. Eventos La Niña foram observados mais recentemente em 1988/89 (um dos mais intensos), 1995/96, 1998/99 e 2007/2008 (CARAMORI, 2010).

A ocorrência da La Niña durante o período chuvoso tem como consequência o aumento das chuvas e dependendo da sua intensidade, por exemplo, forte, contribui para chegada de frentes frias até a região do NEB, principalmente no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas, com possibilidade de chuvas abundantes acima da média sobre a região semi-árida do NEB. As frentes frias também podem chegar à região norte do país, principalmente nos estados de Rondônia e Acre, provocando também chuva acima do normal (BRABO, 1998; FILGEUIRA, 2007; “La Niña”, 2010).

O Padrão Dipolo é um mecanismo climático oceano-atmosférico de grande escala que atua sobre a bacia do OAT. Esse mecanismo ocorre durante o outono austral e caracteriza-se pela manifestação de um padrão de anomalias de TSM, configurando-se espacialmente com sinais opostos sobre as bacias norte e sul do Atlântico (NOBRE, 1993; NOBRE, 1996).

O Padrão Dipolo ou atualmente denominado de Gradiente de anomalias de TSM no Atlântico intertropical (SOUZA, 1998; SOUZA, 1999) caracteriza-se pela presença simultânea de anomalias de TSM que apresentam-se em duas fases sendo uma positiva/negativa e a outra negativa/positiva. Na primeira fase, Dipolo positivo, são observadas anomalias positivas (negativas) de TSM nos setores norte (sul) do Atlântico tropical. Características contrárias define a segunda fase o chamado Dipolo negativo de TSM.

Esse padrão inverso de anomalias de TSM gera, conseqüentemente, a presença de um gradiente térmico meridional e interhemisférico nos baixos níveis do Atlântico Equatorial WAGNER, R. G. (1996) que, agindo em conjunto com os padrões anômalos de pressão ao nível médio do mar (PNM) e vento horizontal, desempenham influências diretas na manutenção, posicionamento e intensidade da ZCIT NOBRE, P. (1993). Este fenômeno constitui-se no principal indutor de chuvas nas regiões em estudo, quando da sua migração para o HS no final do verão e outono austral.

A maior influência do Dipolo se dá no trimestre março, abril e maio quando a TSM explica em torno de 60% da variabilidade da chuva no setor norte e nordeste do Brasil (MOURA, 1981). Em geral, dipolo negativo (positivo) de TSM no Atlântico tropical está relacionado com anos de excesso (défice) de chuva na Amazônia e NEB (NOBRE, 1996; SOUZA, 1998).

De acordo com a literatura (FERREIRA, 2008), os resultados das pesquisas climáticas nas últimas décadas mostraram sólidas evidências de que o efeito combinado (ou seja, a manifestação simultânea) de ambos os mecanismos climáticos presentes no Pacífico e Atlântico interferem diretamente na distribuição da pluviometria regional sobre a Amazônia.

Em vista disso, considerou-se a concepção do efeito combinado Pacífico + Atlântico (SOUZA, 2005), com base nos tradicionais índices de monitoramento de ENOS e do Gradiente de TSM no Atlântico. Estes foram observados entre 1982 – 2001, a partir disso, foram definidos dois contrastantes cenários climáticos caracterizados como Cenário Favorável (FAV) e cenário desfavorável (DESFAV) ao regime chuvoso da Amazônia.

O cenário DESFAV caracteriza-se pela manifestação simultânea de El Niño sobre o Pacífico e do gradiente térmico apontando para bacia do Atlântico intertropical (ou dipolo positivo). Inversamente, o cenário desfavorável caracteriza-se pela ocorrência concomitante de La Niña sobre o Pacífico e do gradiente térmico apontando para bacia sul do Atlântico intertropical (ou Dipolo negativo).

Ambos cenários provocam mudanças significativas nas circulações de Walker e Hadley, de modo que no cenário FAV observa-se a predominância de anomalias de vento ascendente (descendente) na região equatorial que resultam na intensificação (inibição) da ZCIT ao sul do equador, assim, conseqüentemente, contribuindo diretamente para um regime predominantemente chuvoso (seco) em grande parte da Amazônia, devido à presença de anomalias positivas (negativas) de precipitação (COELHO, 2004; PEZZI, 2001; SOUZA, 2002; SOUZA, 2005; SOUZA, 2000).

Outro mecanismo dinâmico de grande escala que influencia diretamente os padrões pluviométricos da Amazônia e NEB é a Oscilação de Madden-Julian (MADDEN, 1994). Este mecanismo atua dentro da escala intrasazonal e constitui-se num fenômeno de baixa frequência dominante na maior parte da troposfera tropical, caracterizando-se por uma onda atmosférica equatorial com propagação para leste ao longo do equador em um completo ciclo ao redor do globo durando aproximadamente 30-60 dia, influenciando diretamente na precipitação do leste da Amazônia (SOUZA, 2006).

2.2.2 Sistemas atmosféricos

De acordo com a literatura, os sistemas atmosféricos, mais frequentes, que interferem diretamente nas condições de tempo sobre a Amazônia e NEB, cuja ação conjunta ou não com outros eventos produz precipitação significativa, são: a ZCIT, ZCAS, Linha de Instabilidade, Aglomerados convectivos e Sistemas Frontais.

O desenvolvimento de diferentes sistemas atmosféricos na Amazônia e NEB está relacionado com as características de cada região, uma vez que, cada uma possui características próprias, por exemplo, latitude e forma de relevo, as quais contribuem para a não homogeneidade climática delas (REBOITA, 2010).

No centro e no noroeste da Amazônia a precipitação está associada à condensação de ar úmido transportado pelos ventos alísios, que sofrem levantamento orográfico próximo aos Andes. Segundo a literatura (DA ROCHA, 2009; GARREAUD, 2010), parte das chuvas próximas aos Andes é observada à noite, resultando da convergência do escoamento montanha abaixo com os alísios de nordeste sobre a bacia Amazônica.

De acordo com a literatura (MARENGO, 2009), a chuva no norte do Brasil também está associada à flutuação sazonal da ZCIT. Ela é caracterizada por intensa atividade convectiva e pode atuar de duas formas indiretas nessa região: através de aglomerados convectivos que se formam ao longo dela e que ao se propagarem para oeste e atingem a bacia Amazônica; e através da interação dos alísios com a circulação da brisa marítima formando LI que adentram no continente e se regeneram durante a propagação para oeste, sendo que muitas alcançam os Andes (COHEN, 1989; COHEN, 2009; VERNON, 1980).

A ZCIT também atua diretamente na precipitação da região norte do Brasil. Devido sua variação sazonal, a ZCIT alcança sua posição mais austral entre o verão e o outono (de fevereiro a abril, localiza-se aproximadamente em 4° S no Atlântico), período que contribui para as chuvas no norte do Brasil, já no final do inverno alcança sua posição mais boreal (aproximadamente 10° N no Atlântico e 13° N no Pacífico), que corresponde ao período de menor taxa de precipitação na região.

Outro sistema que contribui para precipitação na região norte são os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) tropicais (FERREIRA, 2010; SALIO, 2010). Estes sistemas na região tropical, não são modulados por sistemas sinóticos como nos extratropicais, mas estão associados ao aquecimento radiativo da superfície que, por sua

vez, promove convergência e convecção. Por isso, apresentam máximo desenvolvimento durante o dia (SALIO, 2010).

Algumas frentes frias, com grande deslocamento meridional, também podem contribuir para precipitação no setor sul da região norte do Brasil. Quando as frentes alcançam esse setor o fenômeno é chamado de friagem (MOLION, 1987). Segundo a literatura (FISCH, 1995), entre abril e setembro há uma frequência de 6-7 eventos de friagem na bacia Amazônica.

Como há uma grande malha hidrográfica na região norte do Brasil, é comum se desenvolver uma circulação de brisa fluvial no período da tarde, em que nuvens se formam, preferencialmente, sobre a terra durante o dia, com movimentos de subsidência na área dos rios (FISCH, 1998).

No norte da região norte e litoral do NEB, além da ZCIT, outro processo importante para a precipitação é o aquecimento radiativo da superfície. A atividade convectiva pode também contribuir para o desenvolvimento de CCM tropicais, que causam intensa precipitação. Como essas regiões abrangem uma grande zona litorânea tem-se a atuação das brisas marítimas que transportam umidade para o interior dessa região, tornando-as favorável a formação dos CCM.

De acordo com a literatura (CAVALCANTI, 1982; SILVA, 1987; VERNON, 1980), a convecção induzida pela brisa marítima e a interação dos alísios com a circulação de brisa geram linhas de instabilidade tropical que adentram o continente. As linhas de instabilidade contribuem com 45% da precipitação durante o período chuvoso no leste do Pará (COHEN, 1989).

Pode-se ainda dividir o NEB em sertão nordestino, em que leva-se em consideração os baixos índices pluviométricos em relação as demais regiões. O sertão nordestino estende-se por grande parte da Bahia, Pernambuco, Paraíba, do Rio Grande do Norte e Piauí; por todo o Ceará; e por uma pequena parte do Sergipe e de Alagoas.

Os baixos índices pluviométricos no sertão nordestino está associado aos movimentos subsidentes (inibe a formação de nuvens) nessa região (MOLION, 1987; MOLION, 2002). Os movimentos subsidentes fazem parte de uma circulação leste-oeste, na qual o ramo ascendente ocorre associado com a convecção da Amazônia e o descendente sobre o oceano Atlântico Sul. Parte desse ramo descendente atinge a região nordeste do Brasil. No inverno, agregada à subsidência da circulação leste-oeste, tem-se a

subsidiência associada à circulação de Hadley (a qual tem o movimento ascendente na região da ZCIT), e estas tornam o inverno a estação mais seca (MOLION, 2002).

Por outro lado, a ZCIT no final do verão e início do outono, posiciona-se mais ao sul fazendo com que a pressão fique mais baixa na região do nordeste do Brasil e, com a presença dos alísios, aumenta o transporte de umidade e favorece a precipitação no sertão nordestino. Em algumas ocasiões, sistemas frontais conseguem chegar nessas regiões.

3. MATERIAL E MÉTODO

Neste presente capítulo, detalha-se e discuti-se sobre os tipos de materiais e métodos utilizados para o estudo dos desastres naturais associados aos altos índices pluviométricos na Amazônia e NEB. A área de estudo concentrou-se nas regiões norte e nordeste do Brasil, descritas a seguir:

- Região Norte: é composta por 6 estados (Acre, Amazonas, Amapá, Rondônia, Roraima e Pará) e sua extensão territorial é de 3.853.322,2 Km², correspondendo a, aproximadamente, 45% da área total do Brasil. A floresta Amazônica cobre a maioria do território dos estados que integram o Norte, com predominância do clima equatorial e temperatura elevada, além dos altos índices pluviométricos (chuvas). A hidrografia é composta pelos grandes rios que formam as bacias hidrográficas na Amazônica e do Tocantins;
- Região Nordeste: é composta por nove estados (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e sua extensão territorial é de 1.554.257,0 Km², sendo o terceiro maior complexo regional do Brasil, ocupando 18,2% da área do país. O território nordestino limita-se com as regiões Norte (a oeste), Centro-Oeste (a sudoeste), Sudoeste (ao sul), além de ser banhado pelo oceano Atlântico (ao norte e leste).

3.1 ANÁLISE DOS DESASTRES NATURAIS

As informações coletadas sobre desastres naturais no ano de 2009, durante a estação chuvosa (janeiro a junho) na região Amazônica e NEB, foram obtidas a partir de consultas no DOU, SEDEC e EM-DAT, descritas a seguir:

- *Emergency Disasters Database* - EM-DAT: é desenvolvido e administrado pelo *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED) da Universidade de Louvain, Bélgica, com suporte da *Office of Foreign Disaster Assistance* (OFDA). O EM-DAT contém dados de desastres ocorridos em todo o mundo, contabilizados a partir de 1900. Além disso, a ONU (Organizações das Nações Unidas) utiliza esse banco como fonte de dados para nortear suas ações e políticas em prol da mitigação e prevenção dos desastres naturais.

- Diário Oficial da União - DOU: é um dos veículos de comunicação pelo qual a Imprensa Nacional tem de tornar público todo e qualquer assunto acerca do âmbito federal. Hoje o DOU pode ser acessado virtualmente pela internet e fisicamente pela compra em bancas de jornal, em que se consulta, por exemplo, leis, decretos, resoluções, instruções normativas, portarias e outros atos normativos de interesse geral.
- Defesa Civil: é o conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e reconstrutivas destinadas a evitar ou minimizar os desastres naturais e os incidentes tecnológicos, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social. A defesa civil está organizada em vários órgãos, por exemplo, a Secretaria Nacional da Defesa Civil – SEDEC que é responsável por coordenar as ações de defesa civil, em todo o território nacional.

Baseado nessas informações criou-se gráficos e tabelas de maneira que as informações sobre os municípios atingidos por desastres naturais pudessem ser analisadas e comparadas. Em seguida, as informações com estes municípios afetados foram dispostos espacialmente em um mapa. Para isso, utilizou-se o software livre de geoprocessamento, chamado i3Geo na versão 4.3 (i3Geo, 2010). Em conjunto com esse software consultaram-se informações do IBGE (“IBGE Cidades”, 2010) que fornece a localização e limites estaduais e municipais do Brasil com maior precisão.

3.1.1 EM-DAT

Segundo o EM-DAT, nos últimos 9 anos (2000-2009) foram registrados no Brasil, aproximadamente, 55 ocorrências de desastre natural. Essas ocorrências não são distribuídas igualmente entre as regiões, uma vez que, cada região apresenta características diferentes como: tipo de clima, topografia e localização. Essas características podem ser favoráveis a ocorrência de eventos extremos gerando, assim, uma situação de risco para população.

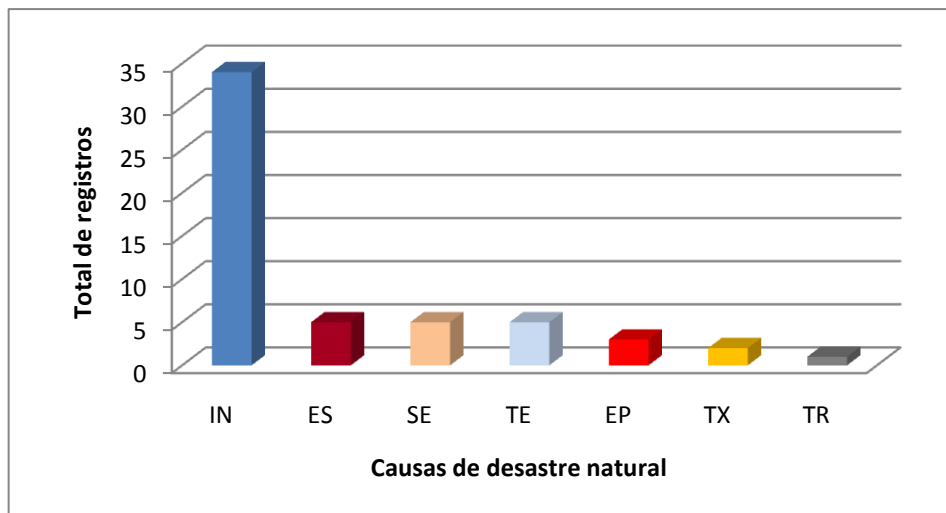


Figura 3.1- Total de registros e principais causas de desastres naturais no Brasil (2000-2009).
 Legenda: IN – Inundação, ES – Escorregamento, SE – Seca, TE – Tempestades, EP – Epidemias,
 TX – Temperatura Extrema e TR - Terremoto.

Na Figura 3.1 ilustra-se o total de registros e principais causas dos DN no Brasil (2000-2009). Nota-se no gráfico que o evento inundação apresenta-se com maior número de ocorrências, 34 no total. O eventos escorregamento, seca e tempestades tiveram 5 ocorrências cada, epidemias foram 3 ocorrências, temperaturas extremas 2 ocorrências e o evento terremoto (abalo sísmico) somente 1 ocorrência.

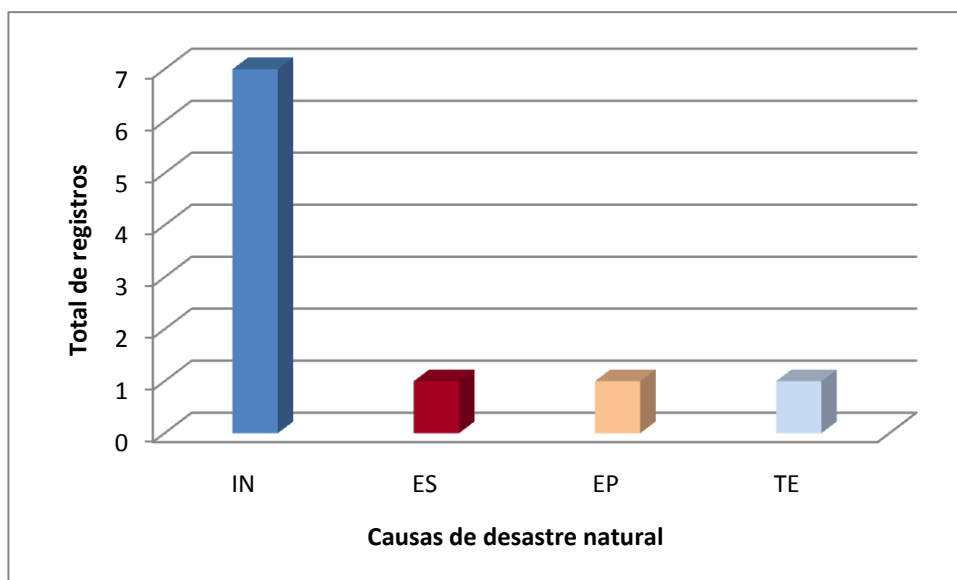


Figura 3.2 - Total de registros e principais causas de desastres naturais no Brasil (2009). Legenda:
 IN – Inundação, ES – Escorregamento, EP – Epidemias e TE – Tempestades.

Na Figura 3.2 ilustra-se o total de registros e principais causas dos DN no Brasil (2009). Observa-se no gráfico que o evento inundação apresenta-se com maior número de registros, 7 no total. Para os eventos escorregamento epidemias e tempestades houve 1 registro cada.

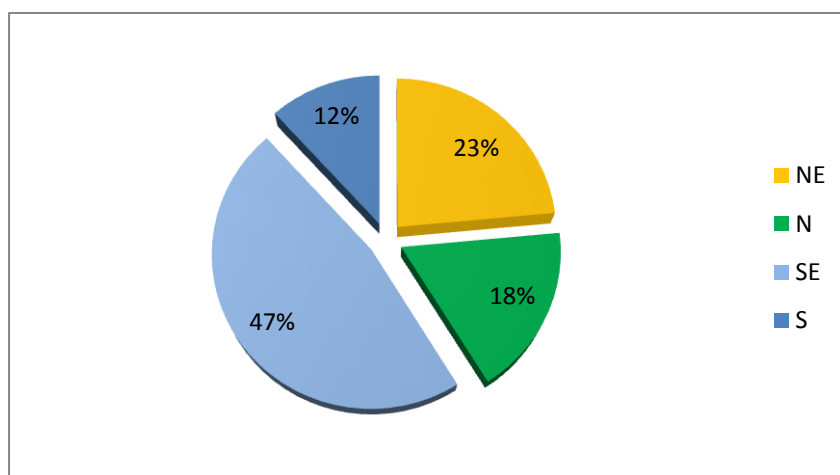


Figura 3.3 – Distribuição espacial dos desastres naturais por região no Brasil (2009). Legenda: N – Norte, NE – Nordeste, SE – Sudeste e S – Sul.
Fonte: EM-DAT (2009).

Na Figura 3.3 mostra-se a distribuição espacial por regiões dos DN no Brasil (2009). Observa-se que somados os desastres naturais nas regiões Sul (12 %) e Sudeste (47%) foram, aproximadamente, de 59 %. Para as regiões norte (18 %) e nordeste (23 %) as ocorrências de desastres naturais somam, aproximadamente, 42 %. No bando do EM-DAT, não há registro de desastre natural na região centro-oeste, motivo pelo qual não aparece na distribuição espacial.

Tabela 3.1 - Tipos de desastres mais freqüentes por Estado.

| <i>Região</i> | <i>UF</i> | <i>Inundações e enchentes</i> | <i>Erosão marinha</i> | <i>Rompimento de barragem</i> | <i>Epidemia</i> |
|---------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------|
| <i>Norte</i> | <i>AC</i> | - | - | - | <i>1</i> |
| | <i>AM</i> | <i>1</i> | - | - | - |
| | <i>RR</i> | <i>1</i> | - | - | <i>1</i> |
| <i>Nordeste</i> | <i>AL</i> | <i>1</i> | - | - | - |
| | <i>CE</i> | <i>1</i> | <i>1</i> | - | - |
| | <i>MA</i> | <i>1</i> | - | - | - |
| | <i>PI</i> | <i>1</i> | - | <i>1</i> | - |
| <i>Total</i> | <i>7</i> | <i>6</i> | <i>1</i> | <i>1</i> | <i>2</i> |

Na Tabela 3.1 mostram-se os tipos de desastres naturais mais freqüentes nas regiões norte e nordeste. Nota-se que o maior número de desastres natural foi provocado pelo evento inundação, com 6 casos, logo em seguida tem-se o evento epidemia com 2 dos casos. Os eventos erosão marinha e rompimento de barragem tiveram 1 caso cada, enquanto que para os eventos escorregamento e vendaval não houveram casos.

3.1.2 Diário Oficial da União - DOU

De acordo com as informações retiradas do DOU, no ano de 2009, durante o período chuvoso, a região Amazônica e NEB somaram 372 portarias publicadas, em que municípios atingidos por desastres naturais declararam SE. Desse total, 296 decretos referem-se à região nordeste e 76 a região norte.

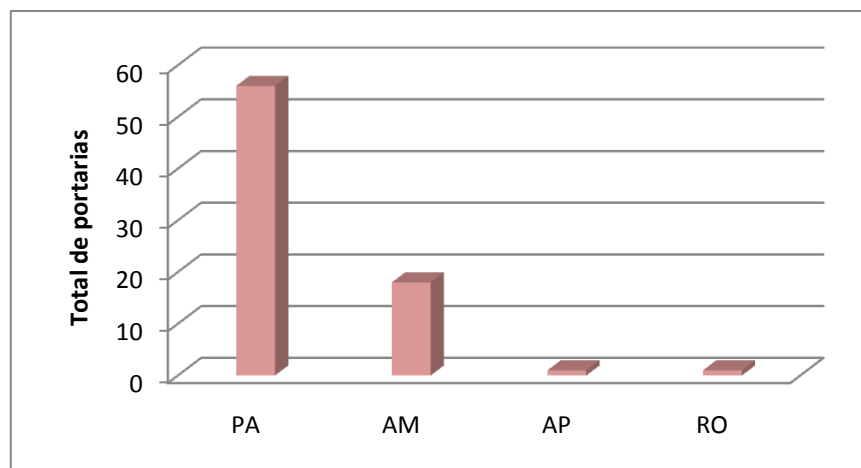


Figura 3.4 – Total de portarias publicadas no DOU referentes a municípios atingidos por desastres que declararam SE. Estados: PA – Pará, AM – Amazonas, AP – Amapá e RO – Rondônia.

Na Figura 3.4 nota-se o total de portarias publicadas no DOU referentes aos municípios atingidos por desastres que declararam SE. Os estados atingidos por tais desastres são: Pará, Amazonas, Amapá e Rondônia. Observam-se no gráfico que o estado do Pará tem o maior número de registros de desastre natural, 56 no total. O estado do Amazonas está em segundo, com 18 registros. Já os estados do Amapá e Rondônia um registro cada.

Na Figura 3.5 nota-se o total de portarias publicadas no DOU referentes aos municípios atingidos por desastres que declararam SE. Os estados atingidos por tais desastres são: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Nota-se no gráfico que o estado do Ceará teve o maior número de

portarias em relação aos demais estados, 118 no total, em segundo lugar encontra-se o estado do Piauí com 39 portarias publicadas. Já os estados do Maranhão, Paraíba e Rio Grande do Norte tiveram um número de portarias de 35, 35 e 24 respectivamente. Os menores números de portarias foram dos estados de Bahia, com 21, Alagoas, com 14, Pernambuco, com 7 e Sergipe, com 3.

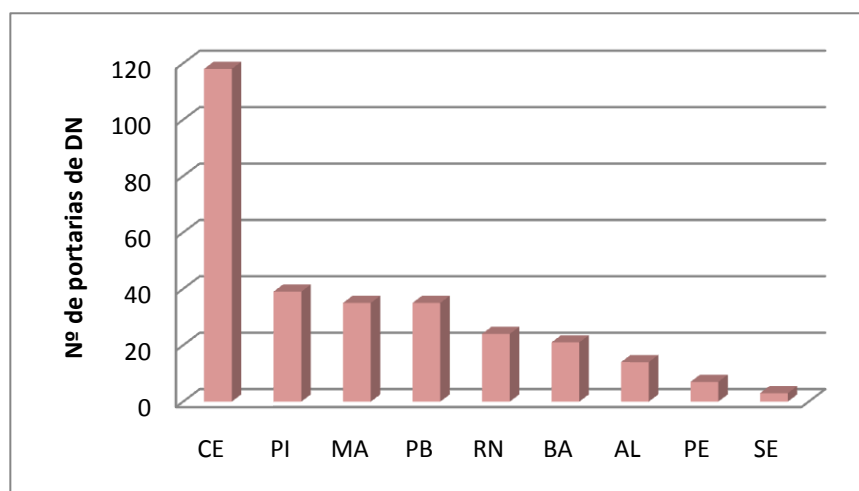


Figura 3.5 – Total de portarias publicadas no DOU referentes a municípios atingidos por desastres que declararam situação de emergência. Estados: CE - Ceará, PI – Piauí, MA - Maranhão, PB – Paraíba, RN - Rio Grande do Norte, BA - Bahia, AL – Alagoas, PE – Pernambuco e SE - Sergipe.

Tabela 3.2 - Tipos de desastres naturais mais freqüentes por Estado.

| <i>Região</i> | <i>UF</i> | <i>Inundações e enchentes, alagamentos e enxurradas</i> | <i>Movimento de massa</i> | <i>Erosão</i> | <i>Rompimento de barragem</i> |
|-----------------|-----------|---|---------------------------|---------------|-------------------------------|
| <i>Norte</i> | <i>AM</i> | <i>13</i> | <i>-</i> | <i>5</i> | <i>-</i> |
| | <i>AP</i> | <i>1</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>-</i> |
| | <i>PA</i> | <i>54</i> | <i>2</i> | <i>6</i> | <i>-</i> |
| | <i>RO</i> | <i>1</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>-</i> |
| | <i>AL</i> | <i>14</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>-</i> |
| <i>Nordeste</i> | <i>CE</i> | <i>117</i> | <i>-</i> | <i>1</i> | <i>-</i> |
| | <i>BA</i> | <i>19</i> | <i>2</i> | <i>-</i> | <i>-</i> |
| | <i>MA</i> | <i>35</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>-</i> |
| | <i>PB</i> | <i>35</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>-</i> |
| | <i>PE</i> | <i>6</i> | <i>-</i> | <i>1</i> | <i>-</i> |
| | <i>PI</i> | <i>38</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>1</i> |
| | <i>RN</i> | <i>24</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>-</i> |
| | <i>SE</i> | <i>2</i> | <i>-</i> | <i>-</i> | <i>1</i> |
| <i>Total</i> | <i>13</i> | <i>359</i> | <i>4</i> | <i>13</i> | <i>2</i> |

São ilustrados na Tabela 3.2 os tipos de eventos mais frequentes nas regiões norte e nordeste que provocaram os desastres. Nota-se que o maior número de desastres naturais foi ocasionado pelo evento inundação com 359 casos. O evento erosão foi o segundo maior, com 13 casos. Os eventos do tipo de movimento de massa e rompimento de barragem tiveram 4 e 2 casos, respectivamente.

3.2 ANÁLISE CLIMÁTICA

O estudo da distribuição temporal e espacial das chuvas na região norte e nordeste do Brasil foi realizado a partir de dados do CPC (*Climate Prediction Center*). O CPC é um dos Centros Nacionais de Previsão Ambiental (*National Centers for Environmental Predictions - NCEP*) que fazem parte da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), localizado nos EUA (Estados Unidos da América). O CPC/NCEP recebe dados meteorológicos rotineiramente por meio do *Global Telecommunication System* (GTS), gerando produtos úteis para a comunidade científica em geral. Os produtos gerados pelo CPC/NCEP são previsões operacionais da variabilidade climática, monitoramento real do clima e estudos sobre origens das principais anomalias climáticas. A análise gradeada da precipitação é um produto desenvolvido em parceria com o CPTEC e INMET e possibilita uma visualização espacial da chuva acumulada em vinte quatro horas no Brasil e América do Sul. Tais produtos estão dispostos em uma grade com resolução espacial de 1° em latitude e longitude.

Além da precipitação, também foram analisados dados (CPC/NCEP) de TSM e da circulação atmosférica. Para estudo da TSM utilizou-se dados diários com propósito de se investigar os padrões observados sobre a superfície oceânica do atlântico tropical, sendo que esses dados foram gerados usando interpolação ótima numa grade global com resolução espacial de 0,25° em latitude e longitude e estão disponíveis desde janeiro de 1985 até os dias atuais. Os dados da circulação atmosférica são provenientes da reanálise do NCEP/NCAR (*National Center for Atmospheric Research*).

As análises observacionais foram conduzidas por meio da interpretação dinâmica dos mapas gerados para as médias sazonais de dezembro a fevereiro (DJF) de 2008/2009 e de março a maio (MAM) de 2009.

4. RESULTADOS

4.1 DESASTRES NATURAIS OCORRIDOS NA AMAZÔNIA E NEB EM 2009

No geral, o EM-DAT possui informações de 55 ocorrências de desastres naturais ocorridos no Brasil nos últimos 9 anos. Se considerarmos somente o ano de 2009 e limitarmos a região amazônica e NEB, serão 7 registros de desastres naturais. De acordo com a SEDEC, nesse mesmo ano e região foram registrados 318 casos de desastres naturais. Quando comparamos essas informações da SEDEC com as obtidos no DOU tem-se um diferença de 54 ocorrências, ou seja, 372 casos publicados no DOU. Essa diferença no número de registros de desastre se dá devido aos critérios adotados por cada instituição. No EM-DAT são computados somente desastres de grande severidade (equivalente a SCP), enquanto que na SEDEC são considerados desastre acima do nível II de intensidade (Tabela 2.3).

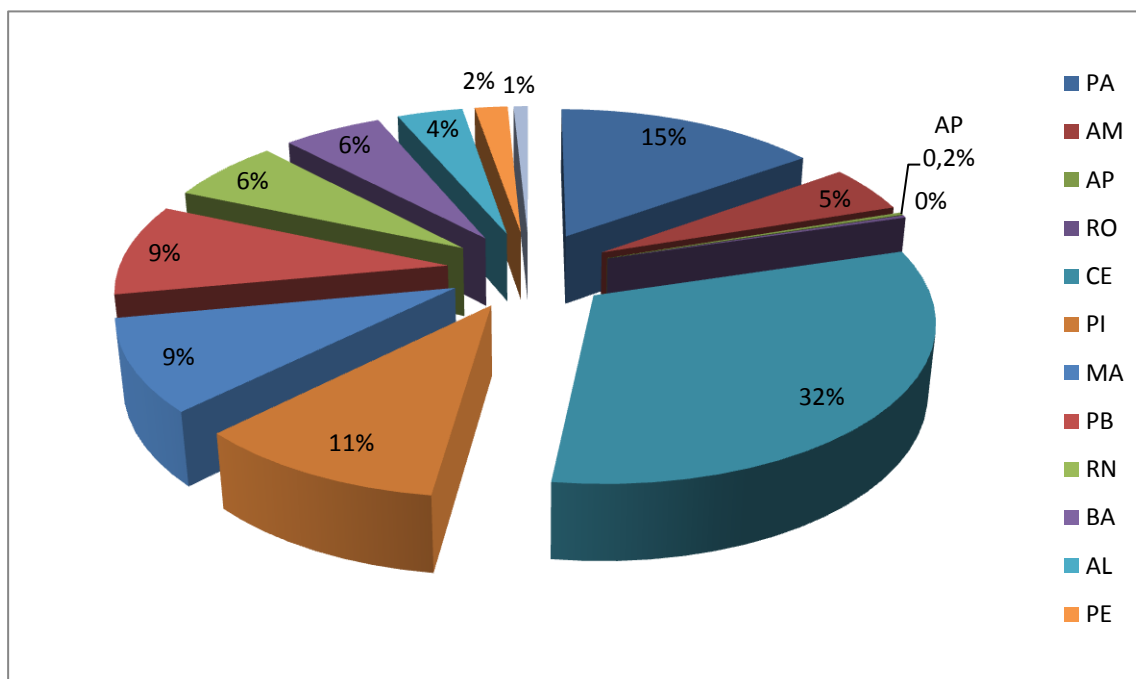


Figura 4.1 – Distribuição espacial dos desastres naturais na Amazônia e NEB (2009). Legenda: Pará, PA - Amazonas, AM – Amapá, AP – Rondônia, RO – CE - Ceará, PI – Piauí, MA - Maranhão, PB – Paraíba, RN - Rio Grande do Norte, BA - Bahia, AL – Alagoas, PE – Pernambuco e SE - Sergipe.

A distribuição dos desastres na região Amazônica e NEB podem ser observadas na Figura 4.1, na forma de porcentagem. Os estados que se apresentaram com maior números de ocorrência de desastres foram o estado do Ceará, com 32 %, e o estado do

Pará, 15 % de dos casos, em relação ao total obtido no DOU. Os estados que apresentaram menor número de municípios atingidos por desastres encontram-se na Amazônia, no caso o estado de Rondônia e Amapá, com 0,2 % de desastres. No geral, somando as ocorrências por região, 80 % dos desastres ocorreram no NEB, sendo que os demais 20 % foram na Amazônia.

Analisado os estados mais atingidos, como o Pará e o Ceará, os resultados são preocupantes quanto ao número de municípios atingidos por desastres. Isso porque no estado do Pará 73 % dos seus municípios foram atingidos, enquanto que o Ceará teve 64 % de municípios atingidos por esses desastres.

Essas informações também podem ser analisadas por meio de um mapa no qual os municípios são distribuídos de forma espacial, conforme ilustrado na Figura 4.2. No ano de 2009 durante o período chuvoso não houve declaração de situação de calamidade pública pelos municípios, motivo pelo qual se observa somente situação de emergência no mapa.

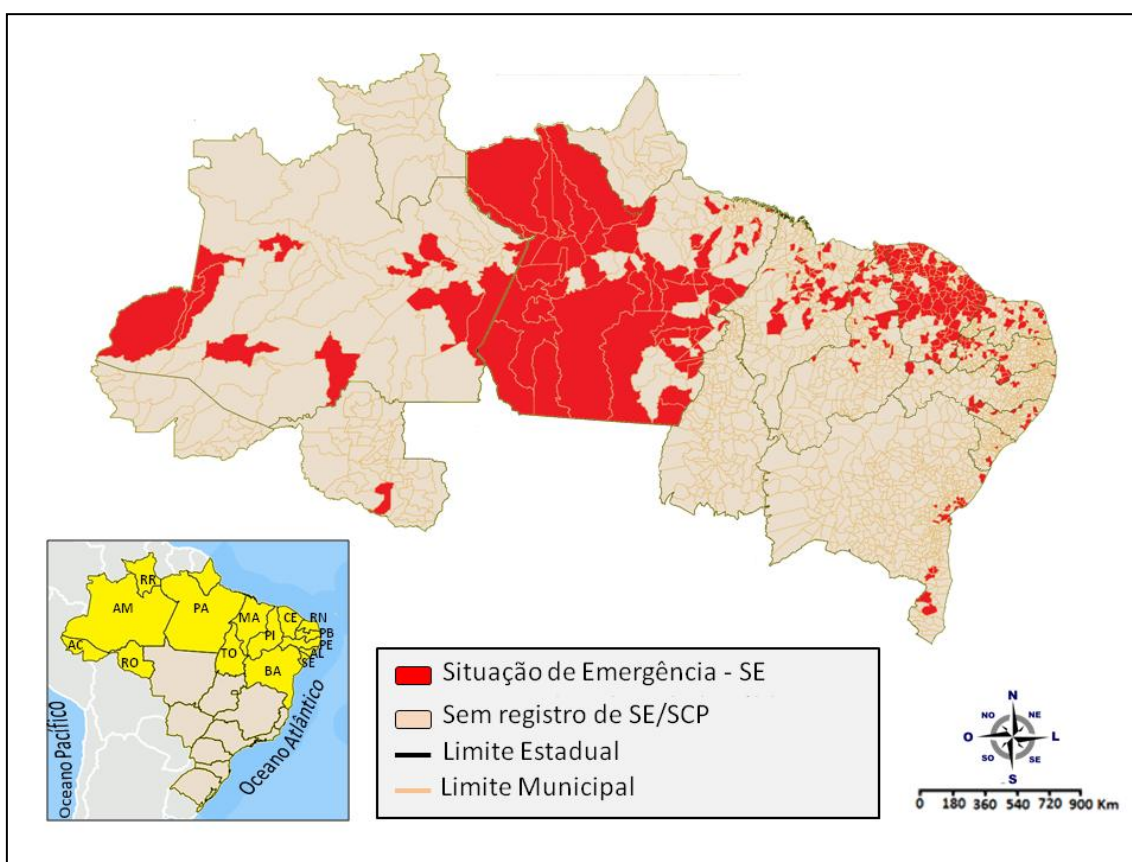


Figura 4.2 – Distribuição espacial dos municípios afetados por desastres naturais na Amazônia e NEB (2009).

Ainda em relação ao mapa, pode-se observar que no estado do Pará os municípios que declaram situação de emergência estão localizados ao noroeste e sudoeste do estado, em Manaus esses municípios já estão concentrados na faixa central do estado. No NEB os municípios afetados por desastres estão localizados e mais concentrados no setor nordeste e este dessa região, próximos a zona costeira. Por outro lado, na parte central e sudeste do NEB não há ocorrência de desastres.

No geral, durante o período das chuvas na Amazônia e NEB, tem-se como consequência desses altos índices pluviométricos o transbordamento de seus rios e seus afluentes. Nessas regiões encontram-se as maiores bacias hidrográficas do mundo conhecidas como bacia do rio Amazonas e bacia do rio São Francisco, conforme ilustrado na Figura 4.3.

A bacia do rio Amazonas abrange os estados do Acre, Amazonas, Rondônia, Pará, Amapá, dentre outros. Esse rio é dividido em três partes: ainda nos países andinos, é chamado de rio Marañón, mas ao entrar no Brasil, passa a ser chamado de rio Solimões que ao receber as águas do rio Negro atribui-se o nome de rio Amazonas. A segunda maior bacia é o rio São Francisco, também conhecido como Opará, esse rio nasce em São Roque de Minas, na Serra da Canastra, no estado de Minas Gerais, a aproximadamente 1200 metros de altitude, atravessa o estado da Bahia, fazendo sua divisa ao norte com Pernambuco, bem como constituindo a divisa natural dos estados de Sergipe e Alagoas, e, por fim, deságua no Oceano Atlântico.

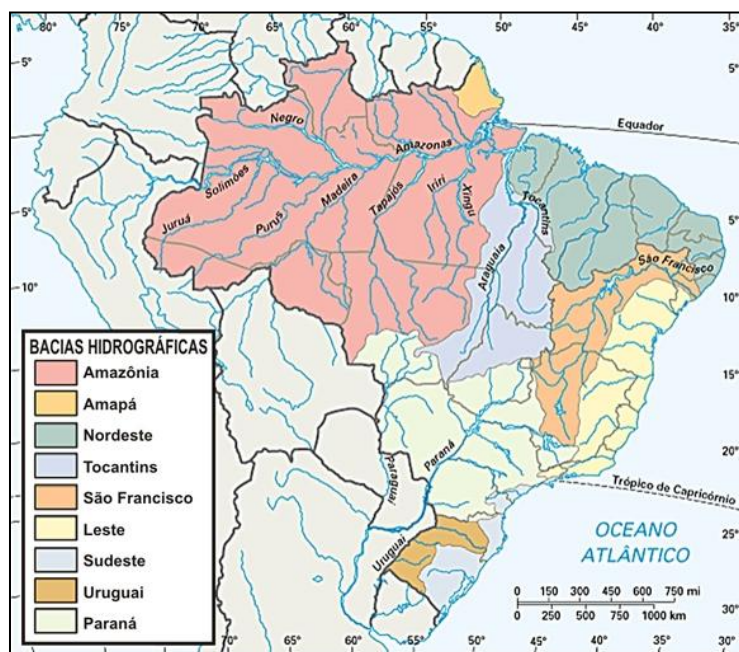


Figura 4.3– Divisão hidrográfica Nacional.

Fonte: Atlas do Brasil, 2010.

É importante lembrar que esses desastres naturais causados por altos índices pluviométricos somados à ação antrópica do homem, como o acúmulo de lixo e ocupação desordenada em lugares de risco, intensifica a ação desses eventos desencadeando os desastres no qual se estabelece uma situação de perigo.

4.1.1 Análise climática de grande escala

A Figura 4.4 mostra as anomalias de TSM observada sobre as bacias dos Oceanos Pacífico e Atlântico e os padrões da circulação atmosférica zonal associada à célula de Walker, durante os períodos sazonais do verão (DJF 2008/09) e outono (MAM 2009).

Na Figura 4.4 ilustram-se no mapa superior cortes verticais da circulação zonal associada a célula de Walker média entre 7,5°S a 2,5°N e no mapa inferior anomalias de TSM sobre o Oceano Pacífico e Atlântico. Ambos os mapas são referentes à DJF de 2008/09 e MAM de 2009.

No mapa superior (Figura 4.4) verifica-se no período de DJF de 2008/09 a intensificação do ramo ascendente da célula de Walker sobre toda a troposfera entre 110 e 50°W, enquanto que na região entre 190 a 160°W tem-se movimento descendente (subsidiência), também intenso. Já no período de MAM de 2009, o ramo ascendente anômalo zonal se desintensifica, limitando-se sobre uma região de 110 a 70°W, da mesma forma ocorre com o ramo descendente limitando-se a uma área de 180 a 160°W.

Para o mapa inferior nota-se claramente no período de DJF de 2008/09 a fase de maturação do fenômeno La Niña no Pacífico tropical. Nesse período, as anomalias mais intensas configuraram-se entre 180°W a 110°W com anomalias de até -1,5°C. Subseqüentemente, a La Niña se descaracterizou totalmente em MAM de 2009, mudando para condições de neutralidade em grande parte do setor centro-oeste e pequenas áreas, com anomalias negativas de -0,5°C no setor leste do Pacífico.

Por outro lado, em DJF de 2008/09, notam-se sobre o Oceano Atlântico que as anomalias mais intensas associadas ao aquecimento anômalo (anomalias positivas de TSM de até 1°C) ocorreram na bacia norte próximo a costa norte da América do Sul, bem como também na bacia equatorial sul, numa área zonal que se estende desde a costa norte/nordeste do Brasil até a África. Posteriormente, em MAM 2009, percebe-se uma mudança brusca no Atlântico quando toda a bacia norte configura-se com predomínio de anomalias negativas de TSM de até -1,5°C e concomitantemente a bacia sul configura-se com anomalias positivas de TSM de até 1,5°C.

A configuração do Atlântico em MAM 2009 caracteriza notadamente a fase do gradiente de TSM apontando para a bacia equatorial sul (dipolo negativo). Portanto, a estação chuvosa de 2008/09 foi marcada pela manifestação de dois mecanismos climáticos de grande escala (La Niña no Pacífico e o dipolo negativo no Atlântico) que favorecem a chuvas abundantes na Amazônia e Nordeste do Brasil.

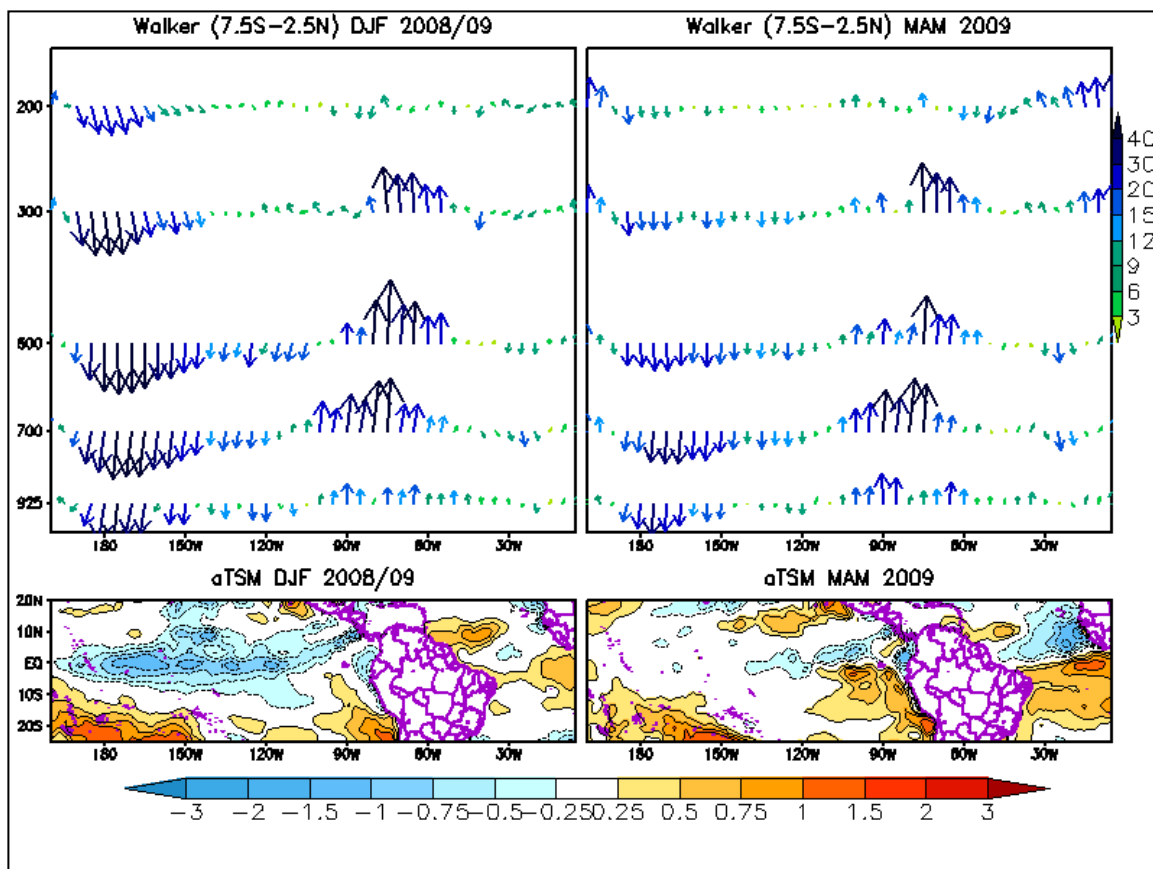


Figura 4.4 – Cortes verticais (longitude x altura) da circulação zonal associada à célula de Walker média entre 7.5°S - 2.5°N (mapa superior) e anomalias de TSM (mapa inferior) sobre o Oceano Pacífico e Atlântico durante DJF 2008/09 e MAM 2009.

Na Figuras 4.5 observam-se no mapa superior cortes verticais (latitude x longitude) da circulação meridional associada à célula de Hadley média entre 60 a 45°W, e no mapa inferior as anomalias de ROL sobre a América do Sul e Atlântico. Ambos os mapas são referentes à DJF de 2008/09 e MAM de 2009.

No mapa superior (Figuras 4.5) nota-se que no período de DJF de 2008/09, o ramo ascendente anômalo associado à célula de Hadley ocorre principalmente na região equatorial entre 5°S a 5°N. Na região entre 10 a 20°N observa-se um ramo descendente anômalo (subsidiência). Com relação ao período de MAM de 2009, no plano zonal, observam-se dois máximos ascendente anômalos, centrados em 15 e 5°S a 0°.

Ainda, em relação a Figuras 4.5, no mapa inferior no período de DJF de 2008/09, notam-se sobre o norte do Amazonas, Pará e englobando todo o estado do Amapá e Roraima anomalias negativas de ROL em relação à média histórica. No Oceano Atlântico Norte entre 0° e 10°N também é observado anomalias negativas de ROL. No período de MAM de 2009 nota-se uma mudança brusca no Oceano Atlântico, quando toda bacia

norte configura-se com predomínio de anomalias positivas de ROL e concomitantemente a bacia sul configura-se com anomalias negativas de ROL.

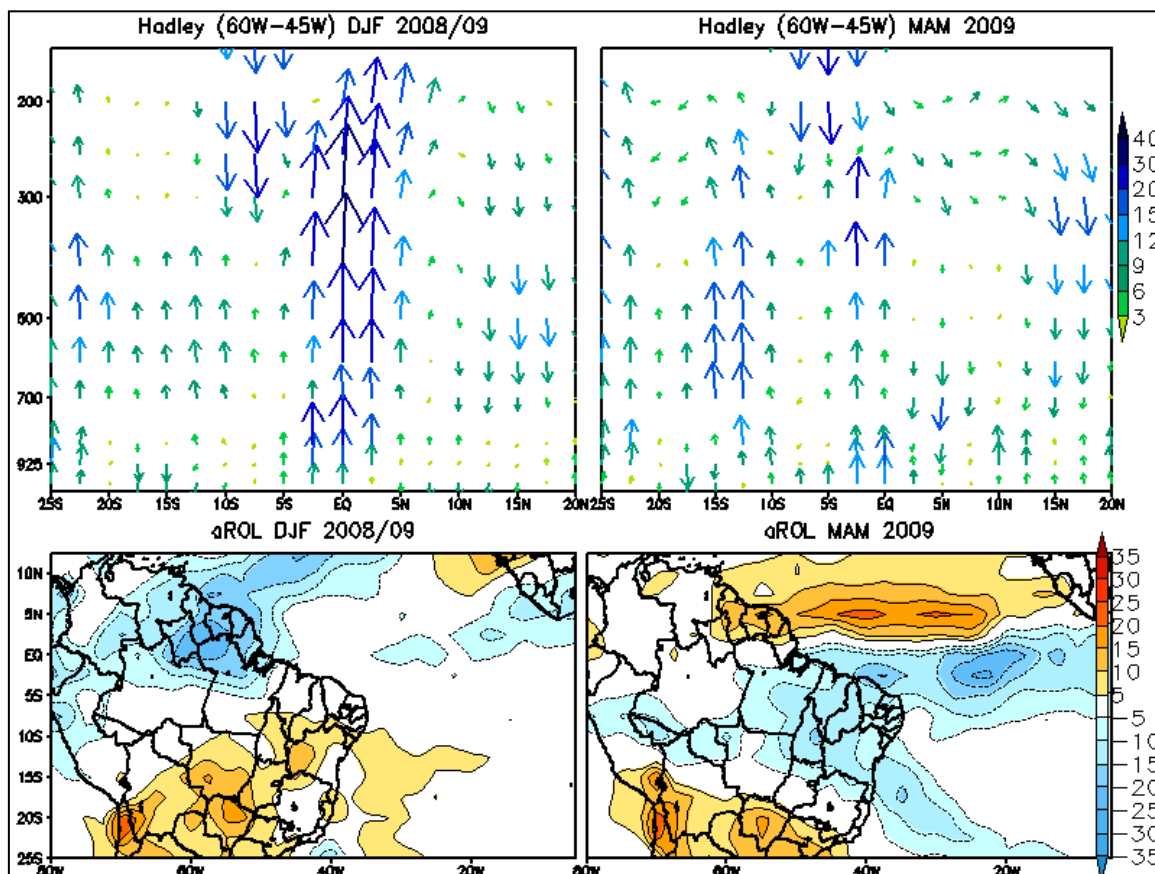


Figura 4.5 – Cortes verticais (latitude x altura) da circulação meridional associada à célula de Hadley média entre 60°W–45°W (mapa superior) e anomalias de ROL (mapa inferior) sobre a América do Sul e Atlântico durante DJF de 2008/09 e MAM de 2009.

Na Figura 4.6 é mostrado os padrões de vento horizontal em 200 hPa (mapa superior) e em 850 hPa (mapa inferior) durante DJF 2008/09 e MAM 2009. Em altos níveis, mapa superior, verifica-se durante DJF de 2008/09 a configuração da Alta da Bolívia (AB) com seu centro em torno de 15°S/60°W e o cavado corrente abaixo sobre a região do Nordeste Brasileiro e Oceano Atlântico. Em MAM 2009, não se percebe a AB e nota-se claramente a presença de uma região com forte divergência do vento na alta troposfera sobre o Atlântico equatorial sul. Essa divergência pode estar associada à atividade convectiva da ZCIT.

No mapa inferior, em baixos níveis, são observados na região equatorial à predominância de ventos alísios advindos do Atlântico equatorial que adentram a

Amazônia zonalmente e se invertem para a direção noroeste em virtude da presença dos Andes. Isso ocorre para ambos os períodos de DJF e MAM.

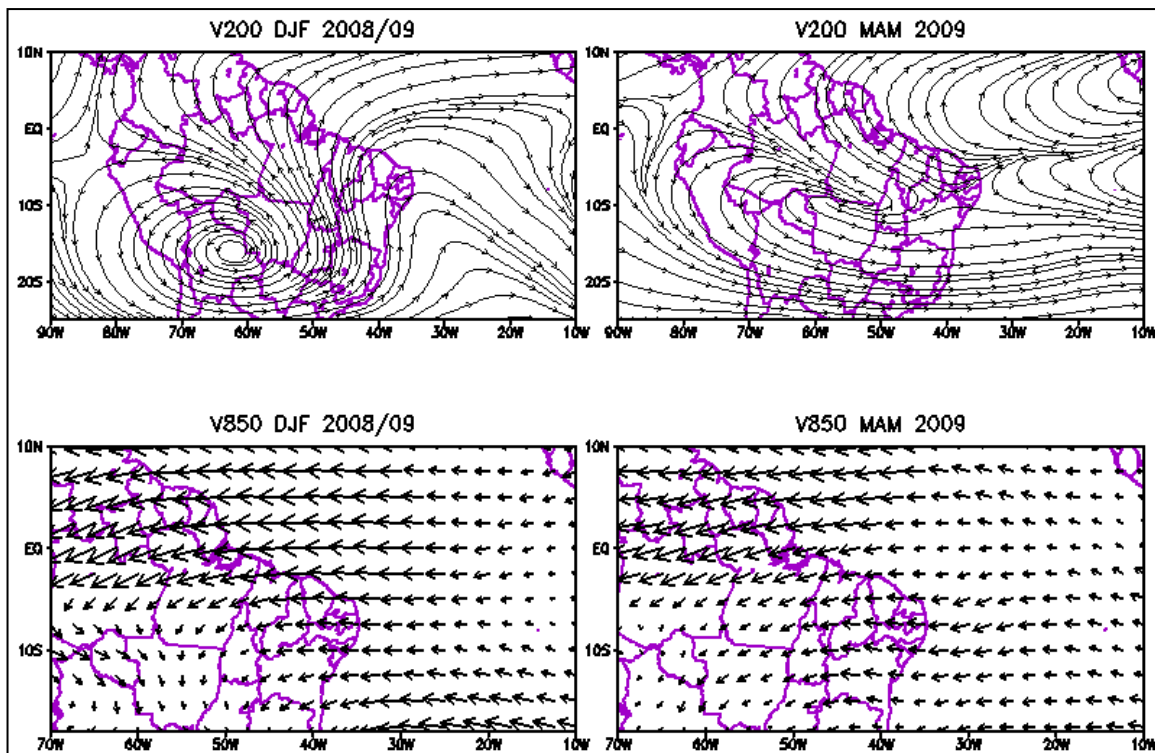


Figura 4.6 – Padrões de vento horizontal em 200 hPa (mapa superior) e em 850 hPa (mapa inferior) durante DJF 2008/09 e MAM 2009.

Na Figura 4.7 ilustram-se as anomalias sazonais de precipitação (mapas superiores) e os desvios percentuais (mapas inferiores) observados sobre Amazônia e NEB, ambos os mapas são referentes à DJF de 2008/09 e MAM de 2009. No mapa superior referente à DJF de 2008/09 observam-se anomalias positivas de precipitação englobando todo o estado de Roraima e Amapá, sobre grande parte do Amazonas, norte do Pará, setor oeste do Maranhão, norte do Piauí e Bahia, setor leste do Rio Grande do Norte e Paraíba e oeste de Rondônia. No período de MAM de 2009 as anomalias positivas de precipitação se intensificaram sobre grande parte do Pará e, praticamente, toda a região do NEB, enquanto que no Amazonas as anomalias positivas de precipitação apresentaram-se somente na sua parte central e a sudoeste do estado. Ainda nesse período, observam-se anomalias positivas de precipitação intensas sobre o Acre.

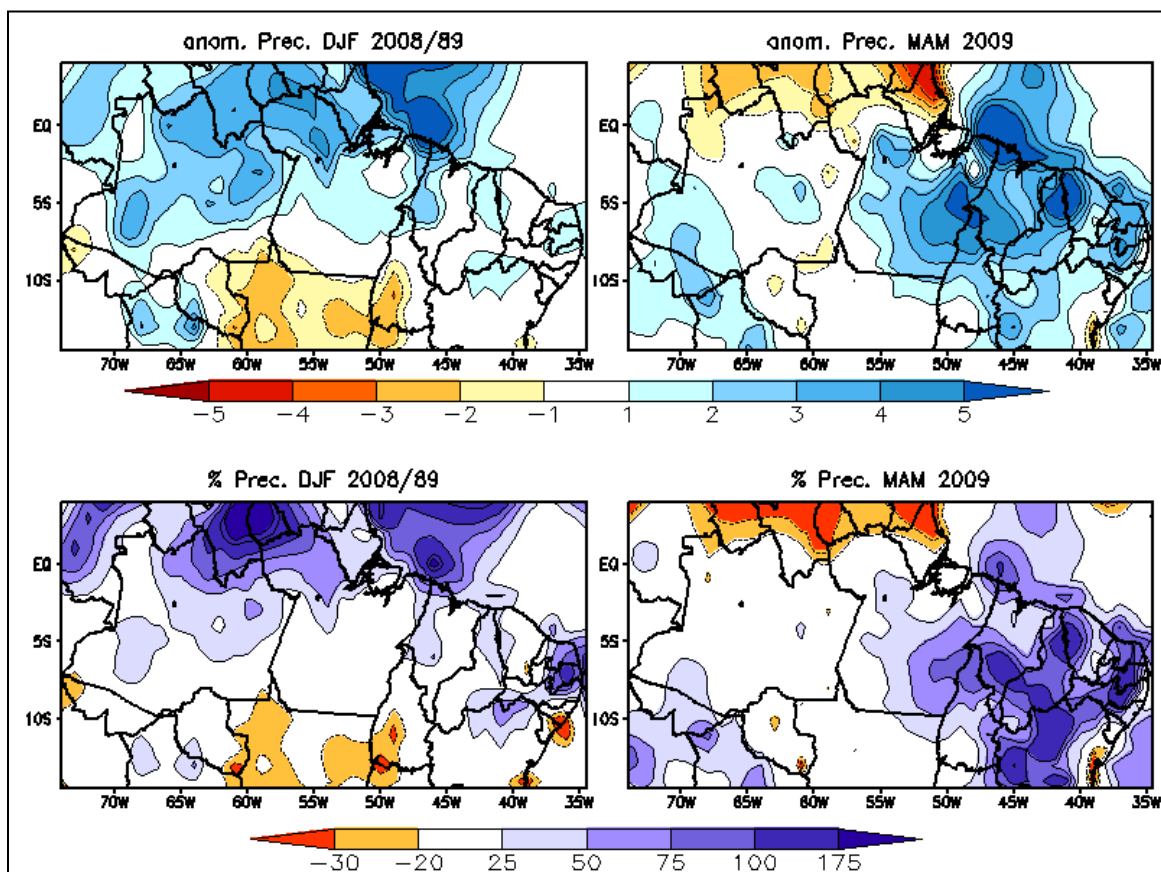


Figura 4.7 – Padrões (configuração espacial e intensidade) das anomalias de precipitação (mapas superiores) e desvios percentuais (mapas inferiores) observados sobre a Amazônia e Nordeste durante DJF 2008/09 e MAM 2009.

De acordo com o mapa inferior, nos meses de DJF (verão) no setor norte da Amazônia e NEB a quantidade de chuva foi de 100 a 175 % acima da média climatológica. No entanto, no Amazonas, os Estados do Acre, Rondônia e Tocantins apresentam-se com desvios negativos nos setores noroeste, sudoeste e sudeste, respectivamente. Já no NEB, nos Estados de Recife, Alagoas e Bahia os desvios negativos estão localizados nos setores do nordeste, sudeste e leste, respectivamente. Tanto na Amazônia quanto no NEB a quantidade de chuva foi de 20 a 30 % abaixo da média climatológica.

Em contrapartida, em MAM (Outono) entre 1° a 15° S e 56° a 35° W observa-se que a quantidade de chuva foi de 100 a 175 % acima da média climatológica. Já o setor sul dos Estados do Amapá e Roraima e leste da Bahia os desvios estão entre 20 a 30 % abaixo da média climatológica.

As anomalias de chuvas que ocorreram em DJF estão associadas à presença da ZCIT. As chuvas muito acima do normal e acima do normal em MAM 2009 também

estão associadas à presença da ZCIT que ficou ancorada sobre a região contendo a TSM positivas no Atlântico equatorial sul. Nesse período, também foram verificados alguns episódios de interação da ZCIT com a presença de sistemas frontais posicionados no Nordeste do Brasil, quando ocorreram vários eventos extremos de chuva na região.

5. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, observou-se que:

Em relação às informações obtidas sobre desastres naturais na Amazônia e NEB, percebeu-se que não há uma fonte de informações segura, pois tanto o banco EM-DAT quanto a SEDEC apresentaram-se com número de desastres naturais diferentes do que observado no DOU. No caso do EM-DAT, essa diferença no número de registro de desastre está associado aos critérios utilizados para reconhecimento deste que é diferente do adotado no Brasil. Com relação à SEDEC e DOU essa diferença está associada a três processos adotados na Defesa Civil que são o decreto, a homologação e o reconhecimento. Quando os órgãos responsáveis declaram situação de emergência em um município é publicado no DOU como decreto, no entanto, esse decreto precisa ser homologado e por fim reconhecido. A partir do reconhecimento têm-se a publicação pela Defesa Civil. Por isso, optou-se por analisar as informações do DOU.

Todos os desastres observados na Amazônia e NEB estão associados aos altos índices pluviométricos comuns nessas regiões durante o período chuvoso. No geral, os desastres estudados estão associados a transbordamento de rios e seus afluentes, assim como igarapés e córregos.

No estado do Amazonas os meses que houve maior número de desastre foram de Janeiro a Abril. Já no NEB, os meses que mais tiveram registros de desastres foram de Abril a Junho. Essas informações estão condizentes com que foi observado nos padrões de anomalias de precipitação. Também se observou anomalias de precipitação nos estados de Roraima, Acre e Tocantins, no entanto não tiveram portarias publicadas de desastres naturais. Isso não significa que não houve transtornos para população local.

Em relação à forçante climática verificou-se que a La Niña potencializou a circulação troposférica zonal da célula de Walker entre o Pacífico, América do Sul e Atlântico, de maneira que o ramo ascendente fortaleceu a convecção tropical profunda e propiciou a ocorrência de precipitação anormalmente excessiva em grande parte da Amazônia durante o outono.

Um momento crucial dessa estação chuvosa foi à transição brusca observada do verão para o outono, quando os padrões de TSM sobre a bacia do Oceano Atlântico inverteram o sinal das anomalias para a configuração do dipolo favorável, ou seja, concomitância de anomalias negativas/positivas sobre a bacia norte/sul do Atlântico

intertropical. Essas condições do Atlântico juntamente com a La Niña no Pacífico formaram dois mecanismos climáticos de grande escala extremamente favoráveis para a abundância de chuva na Amazônia. Assim, associado à persistência da ZCIT posicionada sobre as águas anormalmente aquecidas do Atlântico equatorial sul e sua interação com sistemas frontais posicionados ao sul do Nordeste Brasileiro, foram observados extremos de precipitação mensal em vários estados da Amazônia, especialmente no Amazonas, Pará e Maranhão.

5.1 PERSPECTIVAS FUTURAS

Com a realização deste trabalho, alguns pontos de discussão foram levantados e que constituem em propostas de continuidade e sugestões para trabalhos futuros. Como continuidade sugere-se a criação de um grupo de estudo em desastres naturais na Amazônia e NEB, com objetivo de desenvolver estudos sobre as causas que contribuem para ocorrência desses desastres e, assim, elaborar métodos de mitigação e monitoramento das áreas de riscos.

REFERÊNCIAS

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, n. 2-4, p. 107-124, 2002.

BRABO, J. M.; CAMPOS, J. N. B. Produção agrícola de subsistência no estado do Ceará com ênfase aos anos de ocorrência de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n. 2, p. 249 - 256, 7. jul. 1998.

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

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. **Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. Brasília: Secretaria da Nacional da Defesa Civil, 1998.

CASTRO, A. L. C. Manual de planejamento em defesa civil. **Ministério da Integração Nacional**, v. 1, p. 133, 1999.

CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração nacional. Secretaria da Defesa Civil - MIN, 2003a.

CASTRO, A. L. C. Desastres Naturais. **Manual de Desastres Naturais**, v. 1, p. 174, 2003b.

CAVALCANTI, I. F. A. **Um estudo sobre interações entre sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais**, 5. fev. 1982. Dissertação de Mestrado, São José dos Campos: Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

COELHO, M. S.; GAN, M. A.; CONFORTE, J. C. Estudo da variabilidade da posição e da nebulosidade associada à ZCIT do Atlântico, durante a estação chuvosa de 1998 e 1999 no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19 (n. 01), p. 23 - 24, 2004.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. **Aspectos Climatológicos das Linhas de Instabilidade na Amazônia**. CLIMANÁLISE - Boletim de Monitoramento e Análise Climática, INPE/CPTEC, 1989.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. Environmental Conditions Associated with Amazonian Squall Lines: A Case Study. Disponível em: <[http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493\(1995\)123%3C3163%3AECAWAS%3E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493(1995)123%3C3163%3AECAWAS%3E2.0.CO%3B2)>. Acesso em: 31/10/2010.

DA ROCHA R. P.; MORALES, C. A.; CUADRA, S. V. Precipitation diurnal cycle and summer climatology assessment over South America: An evaluation of Regional Climate Model version 3 simulations. **Journal of Geophysical Research**, v. 114, n. D10, 2009. Disponível em: <<http://www.agu.org/pubs/crossref/2009/2008JD010212.shtml>>. Acesso em: 31/10/2010.

DE SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. The Regional Precipitation over the Eastern Amazon/Northeast Brazil Modulated by Tropical Pacific and Atlantic SST Anomalies on Weekly Timescale. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2,

p. 113 - 122, jul. 2004.

Desastres Naturais. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Desastre_natural>. Acesso em: 9/10/2010.

DÜZGÜN, H. S. B.; ÖZDEMİR, A. Landslide risk assessment and management by decision analytical procedure for Dereköy, Konya, Turkey. **Natural Hazards**, v. 39, n. 2, p. 245-263, 2006.

FERREIRA, D. B. DA SILVA. **Eventos extremos na zona de convergência intertropical sobre o Atlântico durante o período chuvoso da Amazônia oriental**, 2008. Dissertação de Mestrado, Belém - PA: Universidade Federal do Pará.

FERREIRA, R. N.; RICKENBACH, T. M.; HERDIES, D. L. Variability of South American Convective Cloud Systems and Tropospheric Circulation during January–March 1998 and 1999. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493%282003%29131%3C0961%3AVOSACC%3E2.0.CO%3B2?prevSearch=&searchHistoryKey=>>>. Acesso em: 31/10/2010.

FILGEUIRA, H. J. A.; NETO, A. F. DA SILVA. Impactos dos eventos ENOS (El Niño - Oscilação Sul) nas precipitações pluviométricas, nos recursos hídricos superficiais e na degradação do solo em região do semi-árido brasileiro. In: INPE. **Anais...** . p.3893-3898, 2007. Florianópolis - SC.

FISCH, G. **Camada Limite Amazônica: aspectos observacionais e de modelagem**, 1995. Doutorado em Meteorologia, São José dos Campos: Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma Revisão Geral sobre o Clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 28 (n. 2), p. 101-126, 1998.

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. In: Pesq. Agrop. Gaúcha. **Anais...** . v. 2, p.39 - 36, 1996.

GARREAUD, R. D.; WALLACE J. M. T. The Diurnal March of Convective Cloudiness over the Americas. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493%281997%29125%3C3157%3ATDMOCC%3E2.0.CO%3B2?prevSearch=&searchHistoryKey=>>>. Acesso em: 31/10/2010.

GRIMM, A. M.; ZARATINI, P.; MARENGO, J. A. Sinais de El Niño na precipitação da Amazônia. In: SBMET. **Anais...** , 1998. Brasília.

i3Geo. Brasília - DF: Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2010.

IBGE Cidades. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 5/11/2010.

La Niña. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/La_Ni%C3%B1a>. Acesso em: 25/10/2010.

MADDEN, R. A.; JULIAN, P. R. Observations of the 40-50 day tropical oscillation - A review. **Monthly Weather Review**, v. 122 (n. 05), p. 814-837, 1994.

MARCELINO E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos básicos**. Santa Maria: INPE/CRS, 2007.

MARCELINO E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos.** Santa Maria: INPE/CRS, 2008.

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.

MARENGO, J. A.; HASTENRATH, S. Case Studies of Extreme Climatic Events in the Amazon Basin. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%281993%29006%3C0617%3ACSOECE%3E2.0.CO%3B2?prevSearch=&searchHistoryKey=>>>. Acesso em: 31/10/2010.

MOLION, L. C. B. Climatologia da Região Amazônica: Mecanismos de Precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, p. 107-117, 1987.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma Revisão da Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17 (n. 1), p. 1-10, 2002.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation mode. **Journal of Atmospheric Sciences**, p. 2653-2675, dez. 1981.

Municípios em Situação de Emergência e Estado de Calamidade Pública. Técnico, Brasília: Confederação Nacional de Municípios - CNM, 2009.

Natural Disaster. Disponível em: <<http://www.emdat.be/world-map>>. Acesso em: 14/10/2010.

NOBRE, P. **On the genesis of anomalous SST and rainfall patterns over the tropical Atlantic Basin**, 1993. Doutorado em Meteorologia, Maryland: University of Maryland at College Park.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Climate**, p. 2464-2479, 1996. Boston.

PEZZI, L.; CAVALCANTI, I. F. A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. **Climate Dynamics**, v. 17 (2-3), p. 205-212, 2001.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862010000200004&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 31/10/2010.

Reducing disaster risk: a challenge for development. United Nations Development Programme - UNDP, New York, USA: United Nations Development Programme - UNB, 2004.

ROPELEWKL; HALPERT, M. S. Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated With EL Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 115, p. 1606 - 1626, 1987.

SALIO, P.; NICOLINI, M.; ZIPSER, E. J. Mesoscale Convective Systems over Southeastern South America and Their Relationship with the South American Low-Level

Jet. Disponível em:
<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/MWR3305.1?prevSearch=&searchHistoryKey=>>. Acesso em: 31/10/2010.

SILVA DIAS, M. A. F. Sistemas de Mesoescala e Previsão de Tempo a Curto Prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, p. 133-150, 1987.

SOUZA E. B., AMBRIZZI T. Modulation of the intraseasonal rainfall over tropical Brazil by the Madden-Julian oscillation. **International Journal of Climatology**, v. 26, p. 1759-1776, 2006.

SOUZA E. B.; AMBRIZZI T. ENSO impacts on the South American rainfall during 1980s: Hadley and Walker circulation. **Atmosfera**, v. 15 (n. 02), p. 105–120, 2002.

SOUZA E. B.; KAYANO M. T.; AMBRIZZI T. Intraseasonal and submonthly variability over the Eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theoretical Applied Climatology**, v. 81, p. 177–191, 2005.

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.

SOUZA, E. B. **Um estudo observacional sobre o Padrão de Dipolo de anomalias de TSM no Oceano Atlântico Tropical**, 1997. Dissertação de Mestrado, São José dos Campos: Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

SOUZA, E. B.; ALVEZ, J. M. B.; NOBRE, P. Anomalias de precipitação no setor norte e leste do Nordeste Brasileiro em associação aos eventos do Padrão Dipolo observados no Atlântico Tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13 (2), p. 45 - 56, 1998.

SOUZA, E. B.; ALVEZ, J. M. B.; XAVIER, T. M. S. Distribuição mensal e sazonal da precipitação no semi-árido nordestino durante os anos de predominância de aquecimento ou de resfriamento observado em toda a Bacia do Atlântico Tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 14 (1), p. 01 - 09, 1999.

SOUZA, E.; KAYANO, M.; TOTA, J.; PEZZI, L.; FISCH, G.; NOBRE, C. On The Influences of the El Niño, LA Niña and Atlantic Dipole Pattern on the Amazonia Rainfall During 1960-1998. **Acta Amazônia**, v. 30, n. 2, p. 305 - 318, 2000.

TOBIN G. A.; MONTZ B. E. **Natural Hazards: Explanation and Integration**. 1º ed. The Guilford Press, 1997.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980.

VERNON, E. K. Diurnal Rainfall Variation in Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, p. 488–498, 1980. São José dos Campos - SP, Brasil.

WAGNER, R. G. Decadal-scale trends in mechanisms controlling meridional sea surface temperature gradients in the tropical Atlantic. **Journal Geophysical Research**, p. 16683-16694, 1996.