



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE METEOROLOGIA**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**DANUBIA FÔRO DA SILVA**

**EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO EM BELÉM-PA NA  
ESCALA DE TEMPO PENTADAL**

**285**

Belém – PA

Dezembro – 2010

DANUBIA FÔRO DA SILVA

**EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO EM BELÉM-PA NA  
ESCALA DE TEMPO PENTADAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Meteorologia.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre do Carmo Casseb

Belém - PA

2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

S586e Silva, Danubia Fôro da

Eventos extremos de precipitação em Belém-PA na  
escala de tempo pentadal / Danubia Fôro da Silva;  
Orientador: Alexandre do Carmo Casseb – 2010

35 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em  
Meteorologia) – Faculdade de Meteorologia, Instituto de  
Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto  
Período de 2010.

1. Precipitação. 2. Pêntada. 3. Percentil. 4. Pluviométrico.  
5. El Lino. 6. La nina. I. Casseb, Alexandre do Carmo, *orient.*  
II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 20º ed.: 551.5772

---

DANUBIA FÔRO DA SILVA


**EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO EM BELÉM-PA NA  
ESCALA DE TEMPO PENTADAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a  
Faculdade de Meteorologia do Instituto de  
Geociências da Universidade Federal do Pará –  
UFPA, em cumprimento às exigências para a  
obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia.

Data de aprovação: 29 / 12 / 2010

Conceito: BOM

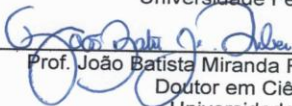
Banca examinadora:

  
Prof. Alexandre Melo Casseb do Carmo – Orientador  
Doutor em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará

Prof. Everaldo Barreiros de Souza – Co-Orientador  
Doutor em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará



Maurício Castro da Costa - Membro  
Mestre em Meteorologia Tropical  
Universidade Federal de Alagoas

  
Prof. João Batista Miranda Ribeiro – Membro  
Doutor em Ciências Ambientais  
Universidade Federal do Pará

Dedico essa conquista aos meus pais que sempre me deram todo apoio necessário e aos meus amigos do curso de meteorologia da UFPA.

## **AGRADECIMENTOS**

Entenda como agradecimento, o ato de reconhecer humildemente o quanto cada pessoa foi de suma importância ao longo de sua caminhada, sendo quase impossível, trilhar o caminho do sucesso sozinha, sendo assim:

Agradeço primeiramente a Deus Pai todo poderoso, que me concedeu o dom da vida e todas as vitórias conquistadas até o presente momento;

Aos meus pais, Ana Benedita Ribeiro Fôro, Raimundo Trindade da Silva, Celina de Jesus Silva (esposa de meu pai), que sempre estiveram ao meu lado, sendo o meu escudo, meu alicerce, são com certeza a razão de tudo que sou atualmente, as minhas irmãs, Danuzia Fôro da Silva e Thaís Mainá, e ao meu irmão Raimundo Trindade da Silva;

Aos meus professores da Escola Monteiro Lobato, Colégio Cearense e o Instituto Adventista Grão Pará, onde parte da minha formação pessoal e acadêmica foi construída;

Aos meus amigos de escola, Ruama Brandão (irmã e amiga), Brenda Cerbino, Suzaní Pereira, Rafael Barata, Oseas Junior, Bruno Lino, Suellem Silva e Carina Gouvea;

Aos meus amigos de faculdade, que sempre estavam prontos a me ajudar, tanto nos assuntos pessoais quanto acadêmicos; Adriana Cordeiro, Déborah Duarte, Marcelo Favacho, Raimundo, Giordani Rafael, Sérgio Santos, Thamiris Brandão, Silvia Garcêz, Monik Albuquerque, Wesley Ferreira, Pedrinho, e em especial a Ana Paula que por várias vezes deu-me injeções de ânimo;

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Casseb, pela oportunidade e incentivo ao início de minha vida científica;

Aos professores da UFPA, em especial ao Prof. Dr. Everaldo Souza (meu co-orientador), que sempre esteve disposto a ajudar;

Por fim, ressalto a todos que estão presente na lista, minha gratidão e a imensa saudade que sentirei de vocês, dos momentos felizes, de tensão (antes das provas), da segunda família que construí no lar chamado, Faculdade de Meteorologia da UFPA.

A todos muito Obrigada!

## RESUMO

Através dos percentis foi feita uma categorização dos períodos secos e chuvosos, que foram analisados sob uma escala de tempo pentadal (média da precipitação de 5 dias), usando uma tabela de pântadas com as datas correspondentes. O período de estudo foi feito para o trimestre mais chuvoso (Fevereiro, março e abril), levando em consideração os percentis de 0,85 e 0,15 que correspondem aos períodos, mais chuvosos e mais secos respectivamente. Foram usados dados de precipitação do INMET, e ROL do CPC para a cidade de Belém. Foram visto os fenômenos que influenciam no regime pluviométrico da região. As pântadas P16, P18 e P21, possuem os maiores níveis pluviométricos em relação a normal e as pântadas P7, P9, P14, P16, P20, P24, as pântadas mais secas para o percentil abaixo de 0,15. Apesar do ano de El Niño representar diminuição de precipitação no estado do Pará, temos que em algumas pântadas ocorre valores de anomalia positiva para a precipitação, assim como o inverso ocorre para os anos de La Niña.

Palavras-chave: Precipitação. Pântada. Percentil. Pluviométrico. El Niño. La Niña.



## **ABSTRACT**

Percentiles was done through a categorization of dry and rainy periods, which were analyzed under a pentad time scale (average rainfall of 5 days), using a table of pentads with corresponding dates. The study period was made for the wettest trimester (February, March and April), taking into consideration the percentiles of 0.85 and 0.15 corresponding to the periods, the wettest and driest . Were used rainfall data from INMET, ROL of the CPC for Belém city. Were seen in the phenomena that influence the region. The pentad rainfall P16, P18 and P21, had the highest levels compared to normal rainfall and pentad P7, P9, P14, P16 P20, P24, pentads the driest for the percentile below 0.15. Despite the years of El nino represent a decrease of precipitation in the state of Para, which have in some pentads is positive anomaly values for rainfall, as well as the opposite for the years of La Niña.

Key-words: Precipitation, pentad, percentile, , rainfall, El Lino, La Nina.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Fig 1. Imagem da formação da Zona de Convergência Intertropical.....16
- Figura 2. Evolução da precipitação pentadal com os valores dos percentis. Em lilás e vermelho destacam-se os valores de precipitação acima e abaixo dos percentis de 0,85 e 0,15 representando os eventos extremos muito acima e muito abaixo, respectivamente.....24
- Figura 3. Evolução pentadal da precipitação (mm) para as composições de anos chuvosos e secos em relação ao normal (percentil 0,5).....26
- Figura 4. Composições das anomalias de ROL ( $W/m^2$ ) pentadal para os anos secos.....27
- Figura 5. Composições das anomalias de ROL ( $W/m^2$ ) pentadal para os anos chuvosos. Os números 7 a 24 no canto superior esquerdo de cada figura indicam o número da pênstada.....29
- Figura 6. Anomalia padronizada das pênstadas em relação aos anos de El niño- a)Para os anos de 1993,1987 e 1988; b)Para os anos de 1992,1995 e 1998; c)Para os anos de 2003,2004 e 2005.....31
- Figura 7 a) . Anomalia padronizada das pênstadas em relação aos anos de La niña, ano de 1985,1989,1996.....32
- Figura 7 b) . Anomalia padronizada das pênstadas em relação aos anos de La niña, 1999 e 2000.....33

## **ABREVIATURAS**

ABR- Abril

CPC - Climate Prediction Center/National

aROL- Anomalia de ROL

ENOS- El Niño Oscilação Sul

FEV- Fevereiro

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia

MAR- Março

ROL- Radiação de Onda Longa

TSM- Temperatura da Superfície do Mar

ZCAS- Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT- Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
3.1	CARACTERÍSTICAS DA ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL.....	15
3.2	MECANISMOS DE GRANDE ESCALA.....	16
3.2.1	Definição de El Nino Ela Niña.....	16
3.2.2	Definição de dipolo do atlântico.....	16
<b>4</b>	<b>BALANÇO DE RADIAÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>MATÉRIAS E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
6.1	PERCENTIS DA PRECIPITAÇÃO PENTADAL.....	21
6.2	EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO.....	22
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>32</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Dada a relevância que o clima ocupa no cenário político-técnico-científico, diversos estudos já realizados permitiram que a comunidade científica compreendesse que a característica intrínseca do clima da Amazônia é a presença de um amplo espectro de variações no tempo e espaço da atividade convectiva tropical e da precipitação (SOUZA et al., 2008). Na verdade, esta última variável climática pode ser considerada a mais importante na região. Sabe-se, ainda, que a maior parte da precipitação sobre o estado paraense ocorre entre as estações de verão e outono austral (FIGUEROA; NOBRE, 1990; MARENGO et al., 2001; SOUZA; AMBRIZZI, 2003), em associação, principalmente, aos padrões de circulação atmosférica quase-estacionários de grande escala ligados à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A influência dos episódios de El Niño e La Niña sobre a variabilidade climática interanual da América do Sul, sobretudo na Amazônia e Nordeste Brasileiro (NEB) tem sido objeto de estudo por muitos pesquisadores, principalmente no tocante às áreas afetadas por excessos ou deficiências de precipitação (KOUSKY, V.; KAYANO, M.; CAVALCANTI, 1984; KAYANO; RAO; MOURA., 1988; SOUZA et al., 2000; SOUZA; KAYANO; AMBRIZZI, 2005). Em particular, no estado do Pará, o El Niño pode representar uma estação chuvosa com índice pluviométrico abaixo do normal, visto que a circulação zonal de Walker é perturbada, resultando, de certo modo, subsidência sobre grande parte do estado (RICKEY; NOBRE; DESER, 1989; SOUZA; KAYANO; AMBRIZZI, 2005; RAMOS DA SILVA; WERTH; AVISSAR, 2008). Por outro lado, o La Niña responde pelo padrão inverso de circulação observado na fase quente (SOUZA; KAYANO; AMBRIZZI, 2005).

Estudos relacionados a variabilidade da precipitação são de grande importância para a sociedade pois, influência em vários setores como, no transporte, na agricultura, no turismo, na aviação, entre outros. Existem muitos estudos que analisaram a variabilidade de precipitação em escala de tempo mensal e sazonal, sendo que existem poucos trabalhos considerando a escala de tempo mais curta, por exemplo, a pentadal, que será abordada neste trabalho. Serão analisadas 24 pênadas (média de precipitação de 5 dias) compreendidas entre os anos de 1978-

2008. Tal análise terá seu foco no máximo do período chuvoso da Amazônia Oriental (Fevereiro, Março e Abril). Este período é importante devido a atuação mais intensa dos mecanismos que modulam a precipitação na região, como a Zona de Convergência Intertropical, o El niño e La niña e o Dipolo do Atlântico.

## 2 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é analisar a variabilidade temporal da precipitação na região de Belém-PA considerando a escala de tempo pentadal (média de 5 dias) durante os eventos extremos chuvosos e secos.

### **Objetivos específicos:**

- 1) Estabelecer os eventos extremos de precipitação muito chuvosos e muito secos durante os meses de Fevereiro, Março e Abril na cidade de Belém, aplicando a técnica dos percentis.
- 2) Analisar quais os mecanismos tropicais climáticos que estão associados aos eventos extremos de muito chuvoso e muito seco.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DA ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL

A ZCIT é formada pela confluência dos ventos alísios de nordeste do HN e sudeste do HS (Figura 1) a ZCIT faz parte da circulação geral da atmosfera e é dinamicamente definida como uma banda de baixa pressão e convergência dos alísios em baixos níveis dentro do ramo ascendente da célula de Hadley. A ZCIT caracteriza-se pela presença de acentuada instabilidade atmosférica com movimento ascendente em toda troposfera equatorial que induz a formação de nuvens convectivas com grande desenvolvimento vertical, provocando assim enorme quantidade de precipitação sobre grandes áreas oceânicas e continentais. Devido o deslocamento aparente do sol, a posição sazonal da ZCIT varia de 8°N em Agosto/Setembro e 1°S em Março/Abril (UVO, 1989). Outra característica desse sistema é posicionar-se sobre áreas oceânicas com TSM positivas e anomalias negativas de pressão ao nível médio do mar (HASTENRATH, 1981).



Figura 1. Formação da Zona de Convergência Intertropical  
Fonte: Rob(2010)



## 3.2 MECANISMOS CLIMÁTICOS DE GRANDE ESCALA

### 3.2.1 Definição de El Niño e La Niña

Os mecanismos climáticos de grande escala que ocorrem nos oceanos, Atlântico Equatorial e Pacífico Equatorial, influenciam na variabilidade temporal e espacial da precipitação na Amazônia Oriental, destacamos alguns fenômenos como: A palavra El Niño é derivada do espanhol, e refere-se a presença de águas quentes que todos os anos aparecem na costa norte de Peru na época de Natal. Os pescadores do Peru e Equador chamaram esta ocorrência de águas mais quentes de *corriente* de El Niño em referência ao Niño Jesus ou Menino Jesus. Tem como consequência, em particular no estado do Pará, a diminuição da precipitação, devido a presença do ramo descendente da célula de Walker nessa região. Esta variabilidade climática, com periodicidade variando de 3 a 7 anos, pode ser detectada por meio de anomalias persistentes de TSM, com duração igual ou superior a cinco meses consecutivos (TRENBERTH, 1997). A La Niña é o fenômeno contrário, dar-se pelo resfriamento anômalo das águas do Pacífico equatorial, resultando em anomalias positivas de precipitação para a região norte.

### 3.2.2 Definição de Dipolo do Atlântico

Sobre a bacia oceânica do Atlântico tropical, durante os meses do outono austral, isto é, março-abril-maio, período coincidente com a estação chuvosa na Amazônia oriental, o mecanismo climático dominante e principal é o conhecido Padrão de Dipolo do Atlântico ou atualmente denominado de Gradiente de anomalias de TSM no Atlântico intertropical (SOUZA, E. B et al., 1997; SOUZA, E. B et al., 2004; SOUZA, E. B et al., 2005). O Padrão de Dipolo caracteriza-se pela manifestação simultânea de anomalias de TSM configurando-se espacialmente com sinais opostos sobre as Bacias Norte e Sul do Atlântico Tropical. Este padrão térmico inverso gera o aparecimento de um gradiente térmico meridional e inter-hemisférico sobre o Atlântico Equatorial, o qual exerce influências no deslocamento

norte-sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que se constitui no principal sistema meteorológico indutor de chuvas na região da Amazônia oriental. O Padrão de Dipolo apresenta duas fases essencialmente opostas, denominadas de fase do Dipolo positivo e fase do Dipolo negativo. A fase do Dipolo positivo caracteriza-se pela presença simultânea de anomalias positivas/negativas de TSM configurando-se sobre a bacia norte/sul do Oceano Atlântico tropical. A fase do Dipolo negativo apresenta a configuração oposta.

## 4 BALANÇO DE RADIAÇÃO

O Sol é a fonte primária de energia para os processos vitais em nosso planeta. Uma parte da energia solar que chega ao sistema Terra Atmosfera, cerca de 30 a 31% do total, é refletida de volta para o espaço, sendo os 69 a 70% restantes absorvidos nesse sistema. Considerando um prazo relativamente longo, por exemplo um ano, o sistema Terra-Atmosfera, reirradia, em tese, a mesma quantidade de energia absorvida para o espaço, em comprimentos de onda mais longos, garantindo assim, o equilíbrio térmico no planeta.

Uma parte da energia solar retida no sistema Terra-Atmosfera é absorvida pela superfície do solo, podendo ser utilizada, por exemplo, no aquecimento do ar adjacente, no aquecimento das superfícies, como o solo e plantas, e no processo de evapotranspiração (vaporização da água diretamente do solo e de uma superfície vegetada). É necessário que se esclareça que, além dessa componente relacionada à energia solar, a emissão terrestre também participa desses processos mencionados.

Os processos de transferência de radiação na atmosfera são bastante complexos, pois as características dos principais agentes de atenuação (vapor d'água, gás carbônico e ozônio) geralmente mostram enormes variações espectrais. Na presença de nuvens, o quadro se complica ainda mais. Em muitos estudos meteorológicos, o uso de sofisticados modelos para o tratamento matemático da radiação torna-se imperativo. Entretanto, em muitas aplicações de engenharia, o tratamento da radiação não necessita de grande detalhamento, uma vez que os demais termos envolvidos na equação geral do balanço de energia não são, normalmente, conhecidos com grande exatidão. Assim, em tais projetos, é bastante comum o uso de simples equações empíricas na estimativa dos termos envolvendo a radiação solar e a radiação terrestre.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados diários de precipitação da cidade de Belém do Pará, utilizados nesse trabalho foram obtidos através do banco de dados do INMET, no período de 1978-2008. Dados de ROL e precipitação do CPC (Climate Prediction Center), na grade da Amazônia oriental. Foram feitas médias dos dados de precipitação, conforme as datas que constam na tabela 2. Os dados de precipitação sofreram um tratamento estatístico simples visando distribuir em classes as variáveis em estudo, de modo a caracterizar os períodos de anomalia, de acordo com a intensidade do evento. Tal metodologia foi usada com a finalidade de monitorar o período seco e chuvoso do Ceará (Xavier, 1999). A série temporal pode ser distribuída da seguinte forma:  $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ , onde  $x_1$  representa o menor valor e  $x_n$  o maior valor da série. O índice  $n$ , portanto, constitui o tamanho da amostra. Por fim, calcula-se os quantis, particularmente aqui, percentis, visto que a divisão considera cem partes. A partir de então, obtém-se as ordens quantílicas e a classificação em grupos propriamente dita. Este trabalho reservou algumas ordens quantílicas chave, a saber  $q_{0,15}$ ;  $q_{0,35}$ ;  $q_{0,65}$  e  $q_{0,85}$  para estabelecer as seguintes classes com relação aos valores pentadais observados ( $x_i$ ) de precipitação, dividindo em classes teremos:

**Tabela 1- Divisão em classes a partir das ordens quantílicas**

<b>Muito Abaixo da Normal (Muito Seco)</b>	$X_i \leq Q_{0,15}$
Abaixo da Normal (Seco)	$Q_{0,15} < X_i \leq Q_{0,35}$
Normal	$Q_{0,35} < X_i \leq Q_{0,65}$
Acima da normal (Chuvoso)	$Q_{0,65} \leq X_i < Q_{0,85}$
<b>Muito Acima da normal (Muito chuvoso)</b>	$X_i \geq Q_{0,85}$

Neste trabalho iremos nos deter em analisar os dois extremos, chuvas muito abaixo da normal (Muito seco) e chuvas muito acima da normal (Muito chuvoso). Foram utilizadas composições dos anos chuvosos e secos em relação a normal (percentil 0,5), de anomalias de radiação de onda longa para os períodos de anos

secos e chuvosos, com a finalidade de analisar o padrão espacial das atividades convectivas tropicais, presença ou ausência de nebulosidade, essas figuras foram geradas pelo software GRADES. Através da planilha eletrônica foi calculado o Desvio padrão e a média de cada pântada, para que pudéssemos calcular a anomalia padronizada, para fazermos a análise dos anos de El Niño e La Niña em relação as pântadas. A tabela 2 mostra a distribuição das pântadas com suas datas correspondentes (SOUZA E AMBRIZZI, 2003)

**Tabela 2. Datas das pântadas usadas no estudo.**

<b>Pântadas:</b>	<b>Datas de calendário:</b>
P7	31 Jan – 4 Fev
P8	5 – 9 Fev
P9	10 – 14 Fev
P10	15 – 19 Fev
P11	20 – 24 Fev
P12	25 Fev – 1 Mar
P13	2 – 6 Mar
P14	7 – 11 Mar
P15	12 – 16 Mar
P16	17 – 21 Mar
P17	22 – 26 Mar
P18	27 – 31 Mar
P19	1 – 5 Abr
P20	6 – 10 Abr
P21	11 – 15 Abr
P22	16 – 20 Abr
P23	21 – 25 Abr
P24	26 – 30 Abr

## 6 RESULTADOS

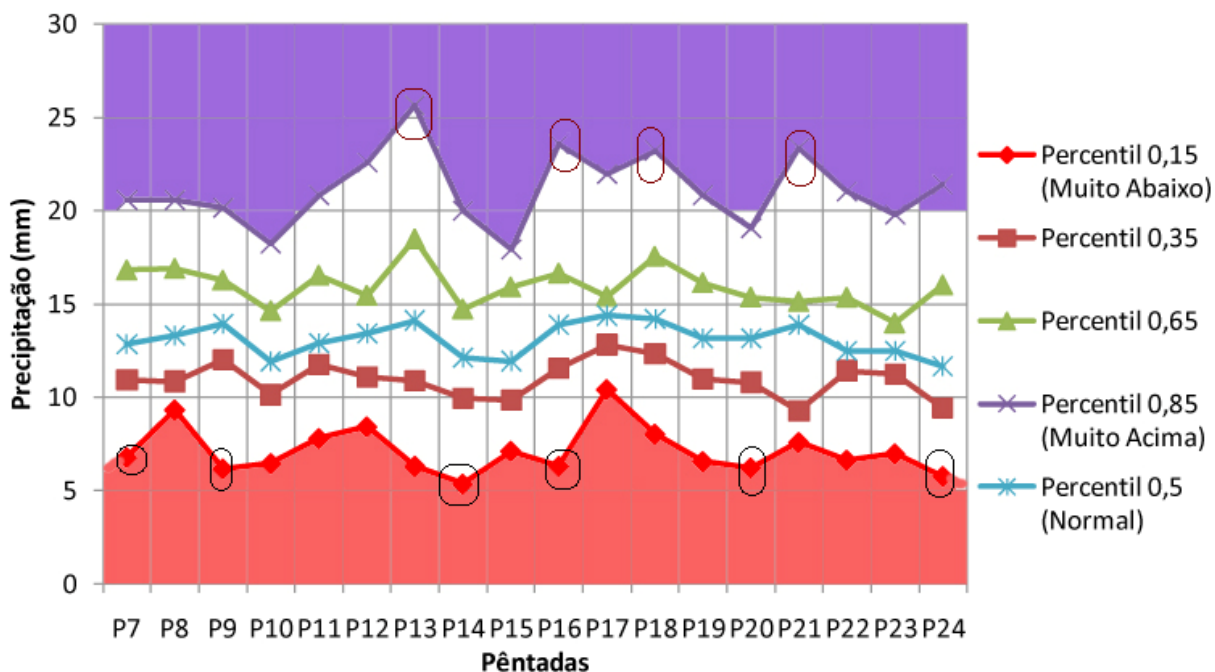
### 6.1 PERCENTIS DA PRECIPITAÇÃO PENTADAL

A Tabela 3 mostra os valores obtidos no método dos percentis aplicado nos dados de precipitação pentadal referente ao período de 1978 a 2008. Cada pênstada possui seu valor de percentil para fazer a análise. Para o percentil de 0,15, que indica a classe do Muito seco, temos a pênstada 14(7 – 11 Mar) representando a pênstada mais seca, com 5mm de precipitação. Para o percentil de 0,85 que indica o período muito chuvoso, destacamos a pênstada 13(2 – 6 Mar) com 26 mm de precipitação, sendo a pênstada mais chuvosa em relação as outras.

**Tabela 3. Valores dos percentis da precipitação (mm) pentadal**

	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24
Percentil 0,15	7	9	6	6	8	8	6	5	7	6	10	8	7	6	8	7	7	6
Percentil 0,35	11	11	12	10	12	11	11	10	10	12	13	12	11	11	9	11	11	9
Percentil 0,5	13	13	14	12	13	13	14	12	12	14	14	14	13	13	14	12	12	12
Percentil 0,65	17	17	16	15	17	15	18	15	16	17	15	18	16	15	15	15	14	16
Percentil 0,85	21	21	20	18	21	23	26	20	18	24	22	23	21	19	23	21	20	21

A Figura 1 ilustra graficamente os valores encontrados na Tabela 2. Nos valores de percentil de precipitação 0,85, os maiores valores encontram-se nas pênstadas 16 (2-6 mar), 18 (27-31 mar) e 21 (11-15 Abr). Os menores registros de volume chuva estão nas pênstadas 10(15-19 Fev), 15(12-16 março), 20(6-10 abril). Para valores abaixo do percentil de precipitação de 0,15 (Muito seco) os menores volumes de precipitação ocorreram nas pênstadas 7 (31Jan-4Fev), 9 (10-14Fev), 14 (7-11mar), 16 (17-21 mar), 20 (6-10 Abr), 24 (26-30 Abr), sendo consideradas as pênstadas mais secas.



**Figura 2. Evolução pentadal dos valores dos percentis de precipitação. Em lilás e vermelho destacam-se os valores de precipitação acima e abaixo dos percentis de 0,85 e 0,15 representando os eventos extremos muito acima e muito abaixo, respectivamente.**

## 6.2 EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO

A tabela 4 nos mostra os anos em que ocorreram os eventos extremos de precipitação. Na categoria muito abaixo da normal, destacamos os anos de 1981, 1979, 1988 e 2002, distribuídas nas seguintes pântadas:

- 1981: P12, P13, P14, P15, P16, P20, P21, P22 e P23
- 1979: P16, P17, P19, P20
- 1988: P9, P10, P13, P22, P24
- 2002: P8, P9, P15 e P24

O ano de 1981 mostrou mais pântadas secas, no período que se estendeu de 25 de Fevereiro a 21 de março ( P12 a P16) e 6 de Abril a 25 de Abril (P20 A P23). Nos anos chuvosos destaca-se o ano de 2006 e 1980, repetindo nas seguintes pântadas:

- 2006: P12, P16, P17, P18, P20 e P22
- 1980: P9, P10, P12, P14, P16 e P17

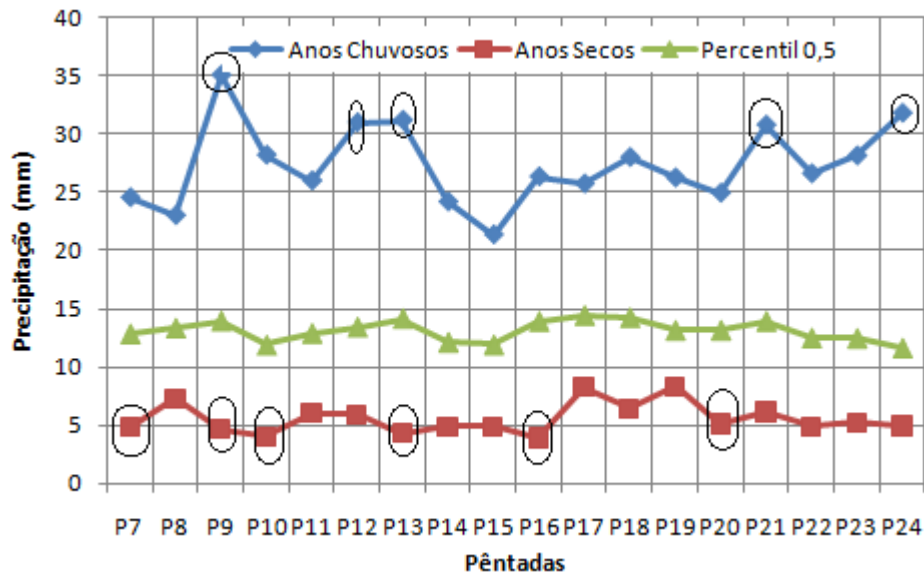
Em 2006 dos dias 17 até 31 de março foram registradas chuvas acima da normal durante todo esse período. Em 1980, no período que se estendeu de 10 de Fevereiro até 26 de março, houve chuvas acima da normal, exceto nos dias que compreendem as pântadas P11 e P13.

**Tabela 4. Relação de anos em que se observaram eventos extremos de precipitação pentadal nas categorias muito abaixo e muito acima da normal.**

<b>Categoria muito abaixo (anos secos):</b>																	
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24
1978	1979	1985	1982	1983	1981	1981	1981	1978	1979	1979	1978	1979	1979	1981	1981	1981	1983
1987	1991	1988	1988	1991	1993	1988	1999	1981	1981	1993	1982	1982	1981	1986	1988	1995	1988
1998	1994	1991	1990	1999	1995	1990	2004	1983	1983	1998	1984	1989	1998	1993	1992	1999	1999
2001	1997	1998	1993	2002	1997	1992	2005	1987	2001	2002	1990	1990	2002	2001	1995	2000	2000
2006	2002	2002	1995	2006	1999	1993	2006	2002	2003	2005	1998	1993	2003	2003	1997	2006	2002
<b>Categoria muito acima (anos chuvosos):</b>																	
P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24
1985	1986	1980	1980	1982	1980	1978	1980	1993	1980	1980	1981	1978	1986	1989	1982	1979	1978
1991	1987	1983	1986	1984	1984	1984	1986	1996	1984	1985	2001	1996	1992	1995	1996	1988	1985
1994	1992	1984	1991	1988	1989	1985	1993	1997	1988	1987	2004	1998	1995	1996	2000	2003	1990
1999	2004	1992	1992	1993	2000	1999	1995	1998	2004	1995	2005	2003	1997	2000	2001	2005	1993
2003	2007	1995	1996	1994	2006	2008	2001	2005	2006	2006	2006	2008	2006	2002	2006	2007	1998

A Figura 3 mostra a evolução pentadal da precipitação observada correspondente às composições dos eventos extremos chuvosos e secos, selecionados na Tabela 3. Comparando-se com os valores normais (percentil 0,5) observa-se que para os anos de extremos chuvosos, as pântadas P9, P12, P13, P21 e P24 são as que estão mais afastadas da normal, período em que o nível pluviométrico é maior, e as pântadas P8, P11 e P15 são as que mais se aproximam. Nos anos secos as pântadas com quantidade de precipitação mais próximas da normal estão localizadas na P8, P17 e P19. As que mais se afastam são as pântadas P7, P9, P10, P13, P16 e P20, período em que foram registrados menores quantidade de precipitação.





**Figura 3. Evolução pentadal da precipitação (mm) para as composições de anos chuvosos e secos em relação ao normal (percentil 0,5).**

Na Figura 4 plotaram-se os campos de anomalias de ROL para as composições dos anos secos durante as pântadas P7 até P24, com a finalidade de analisar o padrão espacial da atividade convectiva tropical. Nota-se que nas pântadas P7, P9, P11, P14, P15, P16, P20 e P21 a anomalia de ROL é positiva com valores entre 10 e 20 ( $W/m^2$ ) na cidade de Belém, indicando pouca nebulosidade nessa região, confirmando o que nos mostra na figura 3 em relação as pântadas, P7, P9, P16 e P20, cujo o período está compreendido nos anos mais secos. A anomalia de ROL negativo aparece de forma isolada em algumas áreas como, ao norte do Pará e sul do Amapá na pântada 8, no sul do Pará e norte do Mato grosso na pântada 10. Há anomalias de ROL negativas acima da linha do equador, nas pântadas P18 e P20 indicando a presença da Zona de Convergência Intertropical. Na pântada P15 presença de aROL positivo com o valor de  $10(w/m^2)$ , ao norte do Pará, e uma faixa de nebulosidade no sentido noroeste-sudeste, indicando a presença da ZACAS.

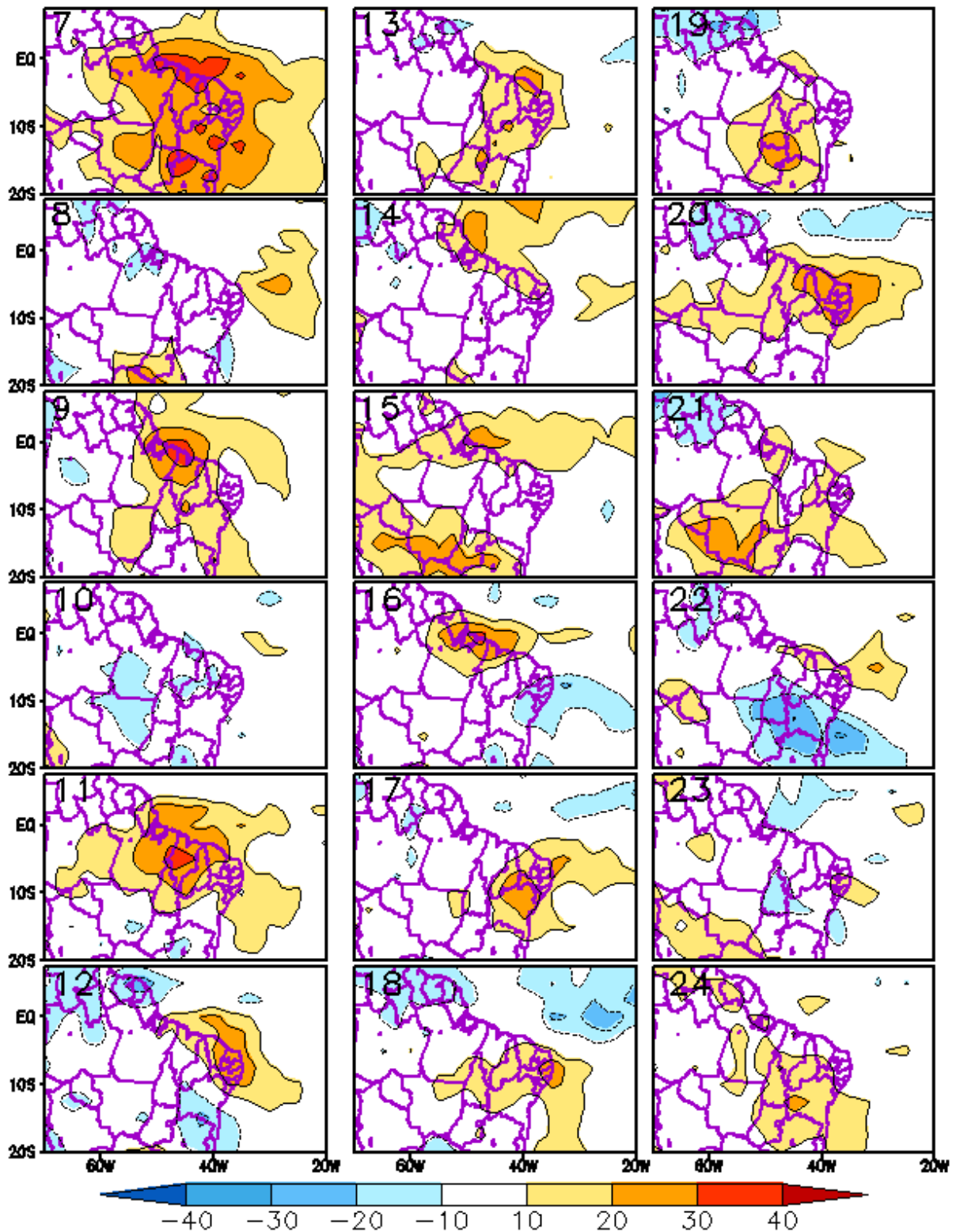


Figura 4. Composições das anomalias de ROL ( $W/m^2$ ) pentadal para os anos secos. Os números 7 a 24 no canto superior esquerdo de cada figura indicam o número da pântada.

Na Figura 5 foram plotadas composições com o campo de anomalia de ROL para os anos chuvosos durante as pênadas P7 até a P24. Nas pênadas P12,P13,P21 e P24 temos valores de aROL negativo compreendido entre -20 e -30(W/m<sup>2</sup>), sobre o estado do Pará, essas mesmas pênadas são as que mais se afastam da normal, para os anos chuvosos como mostra a figura 3 . Observando as pênadas P7, P12,P19,P21,P23 e P24 verificamos a presença de uma faixa de nebulosidade, ZCIT, localizada no Atlântico Equatorial Norte, que influência de forma marcante no regime pluviométrico da região, aumentando a quantidade de precipitação nesse período. Valores de aROL positivo na P7, P14, P15 em algumas cidades do Nordeste brasileiro, variando de 10 (W/m<sup>2</sup>) a (W/m<sup>2</sup>).

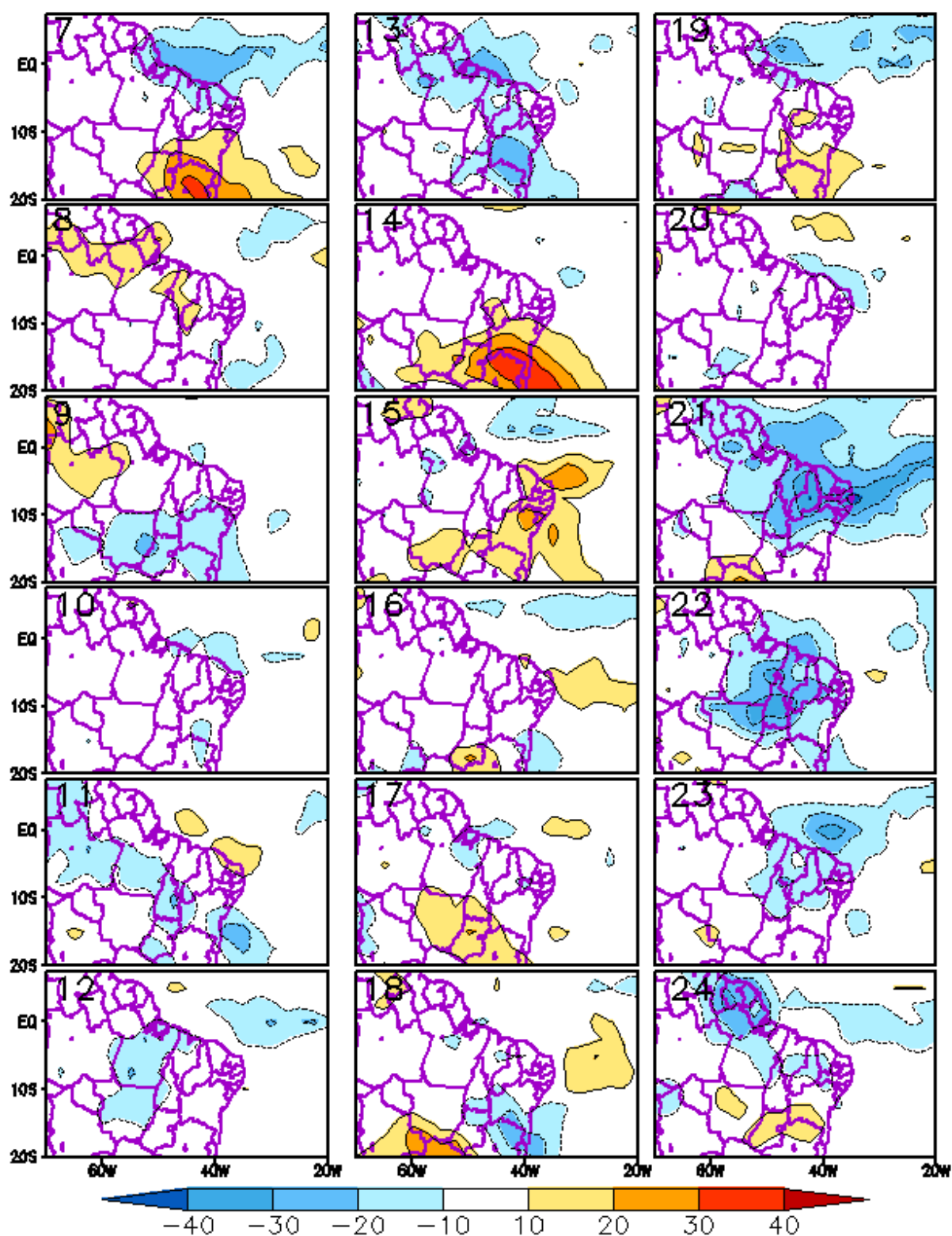


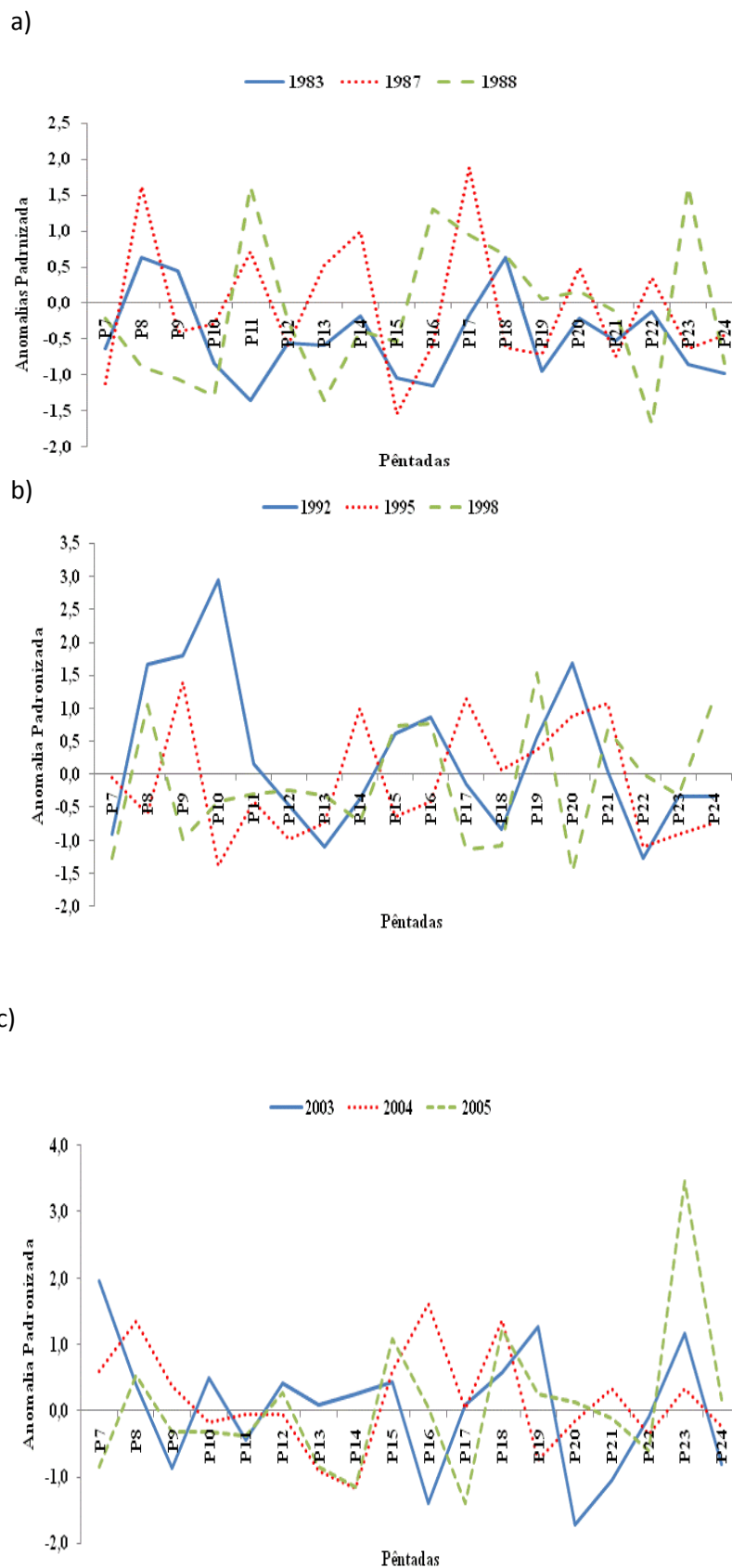
Figura 5. Composições das anomalias de ROL ( $W/m^2$ ) pentadal para os anos chuvosos. Os números 7 a 24 no canto superior esquerdo de cada figura indicam o número da pântada.

Neste trabalho utiliza-se a seleção de anos de el niño/la niña de acordo com (Garcia,2008)

Na figura 6a ,dos 3 anos analisados, o ano de 1983 foi o que se comportou de modo mais esperado, a maioria de suas pântadas encontra-se com valores negativos, demonstrando chuvas abaixo da normal, exceto na pântada P8, P9 e P18. Em 1987 temos anomalia positiva para as pântadas P8, P11, P13,P14,P17,P10 e P22. O ano de 1988 demonstrou vários períodos de chuva acima da normal, como as pântadas P11, nas pântadas P16 até P20, que é de 17 de março a 10 de abril, e a P23. Nos 3 anos analisados, a pântada P8,P11 e P18 se repetem em pelo menos 2 anos, com anomalias positivas de até 1,5.

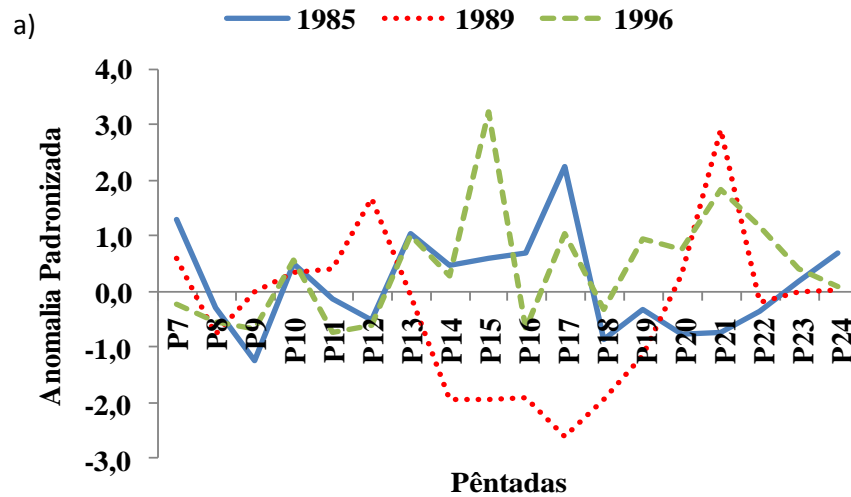
Nos 3 anos analisados,na figura 6b, temos anomalia positiva de até 3,0. O ano de 1992 com os maiores valores de anomalia, no período da pântada P8 até a P11, P15 a P16, P19 e P20. Em 1995 chuvas acima da normal em algumas pântadas, P9,P14, da P17 até a P21. Em 1998 a P8, P15,P16,P19e P21. Dos 3 anos analisados, as pântadas P8,16 e P21 se repetem em pelo menos 2 anos, com anomalia de até 2,0, indicando que nesse período para anos de El niño,temos uma tendência em haver anomalias positivas de precipitação.

Na figura 6 c, os anos de 2003,2004 e 2005 possuíram anomalias positivas de até 4,0 DP, chuvas acima da normal nas pântadas, P8,P15,P18 e P23 nos 3 anos.O ano de 2003 foi quem se comportou de modo mais anômalo, com várias pântadas com anomalias positivas.

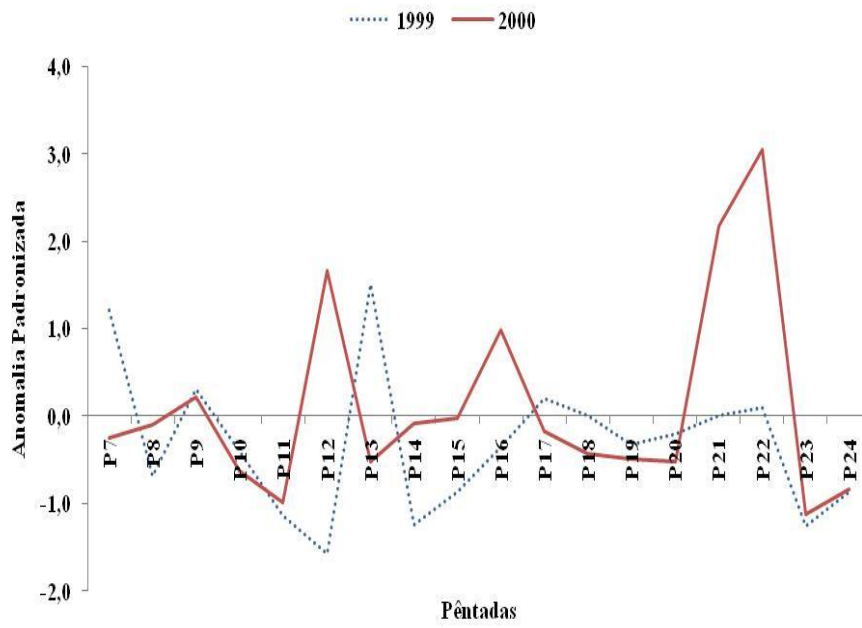


**Figura 6. Anomalia padronizada das p ntadas em relação aos anos de El niño- a)Para os anos de 1993,1987 e 1988; b)Para os anos de 1992,1995 e 1998; c)Para os anos de 2003,2004 e 2005.**

Entre os anos de 1985,1989 e 1996, indicados na figura 7 a, o ano de 1989 apresentou o maior período de chuvas abaixo da normal, das pêntadas P13 até P19,com anomalia negativa de até -3,0, sendo que as pêntadas P8 e P9 aparecem também com anomalia negativa de até -1,0 para os outros anos. Nos 2 anos analisados na figura 7b,percebemos que há valores negativos para as pêntadas P10 e P11, P18 a P20 e P23 e P24. Com valores de até -1,0.



b)



**Figura 7. Anomalia padronizada das pêntadas em relação aos anos de La niña – a) Para os anos de 1985,1989 e 1996; b) Para os anos de 1999 e 2000.**



## 7 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram feitas análises dos períodos secos e chuvosos em uma escala de tempo Pentadal( média de 5 dias) de chuva, podendo assim fazermos uma análise mais minuciosa, dos fatores que contribuíram para a distribuição espacial e temporal da precipitação.

Analisando o percentil de precipitação acima de 0,85(período chuvoso), os maiores valores encontram-se nas pântadas P16(17-21Mar), P18(27-31mar) e P21(11-15 abr). Para valores abaixo do percentil de precipitação de 0,15 (Muito seco) os menores volumes de precipitação ocorreram nas pântadas P7(31 jan-4Fev), P9(10-14Fev), P14(7-11 Mar), P16(17-21Mar) P20(6-10abr) , P24(6-30Abr), sendo consideradas as pântadas mais secas.

Nos eventos extremos de precipitação, o ano de 1981 possui um período mais longo de chuvas abaixo da normal, sendo observadas nas pântadas P12(25Fev-1Mar), P13(2-6Mar), P14(7-11Mar), P15(12-16 Mar), P16(17-21Mar), P20(6-10abr), P21(11-15Abr), P22(16-20 Abr) e P23(21-25Abr), Neste ano houve a presença de um dipolo positivo (Garcia ,2008) que inibe a precipitação no Estado do Pará.

Os anos de 1980 e 2006 apresentaram 6 pântadas indicando chuvas acima da normal.

Fazendo a relação das pântadas dos anos chuvosos e secos com o percentil de PRP normal(0,5), temos que as pântadas, P9(10-14Fev), P12(25Fev-1Mar), P13(2-6Mar), P21(11-15Abr) e P24(6-30Abr) registram os períodos mais chuvosos para a categoria de Anos chuvosos. Para os anos secos temos as pântadas, P7(31 jan-4Fev), P9(10-14Fev), P10(15-19Fev), P13(2-6Mar), P16(17-21Mar) e P20(6-10abr), sendo as mais secas dessa categoria, a qual foi analisado a composição de aROL e percebemos que houve anomalias positivas, com o valores compreendidos entre 10 e 20 ( $W/m^2$ ) , em tais pântadas, indicando pouca nebulosidade.

Nas composições das anomalias de ROL ( $W/m^2$ ) pentadal para os anos chuvosos, as pântadas P12(25Fev-1Mar),P13(2-6Mar),P19(1-5Abr),P21(11-15Abr) e P24(6-30Abr) apresentaram aROL negativo em algumas partes do Pará e a presença da ZCIT, que influenciou nas pântadas P12(25Fev-1Mar),P19(1-5Abr),P21(11-15Abr)e P24(6-30Abr).

Fazendo uma relação dos anos que ocorreram El niño com as pântadas, foi visto que apesar de ser um ano com chuvas abaixo da normal, alguma pântadas se comportaram de forma diferente, principalmente a pântada P8(5-9Fev), que em 9 anos com fenômenos de El niño ela se mostrou acima da normal, nos anos de 1988,1987,1992,1998,2003,2004 e 2005.

O mesmo ocorre nos anos de La niña, que tem como características para a região norte o aumento da precipitação, no entanto nos anos que foram analisados, percebemos que muitas pântadas possuem valores de anomalia negativa, como no caso do ano de 1989 que possuiu chuvas abaixo do normal, ao longo das pântadas, P14 até P20, ou seja, de 7 de Março a 10 de Abril.

Esse trabalho poderá ser expandido caso haja o interesse científico em fazer uma análise do comportamento espacial e temporal da precipitação em escala pentadal, para todas as estações do ano, tanto para Belém quanto para outras cidades, também poderá ser utilizado outros parâmetros como a TSM, dos Oceanos Atlântico e Pacífico.

## REFERÊNCIAS

FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. Precipitation distribution over central and western tropical South America. **Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.5, p.36-45. 1990.

GARCIA, H. G. **Aplicação da técnica dos quantis nos índices de monitoramento (tsm) nos oceanos pacífico e atlântico**. 2008. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia) Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

KAYANO, M. T.; RAO, V. B.; MOURA, A. D. Tropical circulations and the associated rainfall anomalies during two contrasting years. **Journal of Climatology**, v.8, p.477-488. 1988.

KOUSKY, V. E.; KAYANO, M. T.; CAVALCANTI, I. F. A. A review of the Southern oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **Tellus**, v.36A, p.490-504. 1984.

MARENGO, J. A. et al. Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v.14, p.833-852. 2001.

RAMOS DA SILVA, R.; WERTH, D.; AVISSAR, R. Regional Impacts of Future Land-Cover Changes on the Amazon Basin Wet-Season Climate. **Journal of Climate**, v.21, p.1153-1170. 2008.

RICKEY, J. E.; NOBRE, C. A.; DESER, C. Amazon River discharge and climate variability: 1903 to 1985. **Science**, v.246, p.101-103. 1989.

ROB, Gutro, Zona de Convergência intertropical 2010. <[www.meteored.com](http://www.meteored.com). Acesso em 5 de Novembro de 2010.

SOUSA, E. P. P. **Relações entre as anomalias de TSM do Atlântico e Pacífico e as precipitações na Amazônia oriental**. 2004, 80f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São Paulo. 2004.

SOUZA, E. B. et al. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o Regcm3. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.2, 111-124. 2009

SOUZA, E. B. **Um estudo observacional sobre o padrão do dipolo de anomalias de TSM no Oceano Atlântico Tropical**. 1997, 110f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São Paulo. 1997.

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 and Applied Climatology**, v.81, p.177-191. 2005.

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 and Applied Climatology**, v.81, p.177-191. 2005.

TRENBERTH, K. E. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.78, n.12, p.2771-2777.1997.

UVO, C. B. A. **A Zona de Convergência Intertropical e sua relação com a precipitação da Região Norte do Nordeste brasileiro**. 1989 .81 f (Mestrado em Meteorologia)- INPE, São José dos Campos.

XAVIER, T.M.B.S. **Caracterização de Períodos Secos ou Excessivamente Chuvosos no Estado do Ceará através da Técnica dos Quantis**: 1964-1998. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 14, n 2, p.63 – 78.1999.