



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG

CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN

UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS - UACA

MESTRADO EM METEOROLOGIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NAS MESORREGIÕES DO
ESTADO DA PARAÍBA E SUAS RELAÇÕES COM A TSM DOS OCEANOS
ATLÂNTICO E PACÍFICO**

JOSÉ NILDO DA NÓBREGA

CAMPINA GRANDE – PB

MARÇO DE 2012

JOSÉ NILDO DA NÓBREGA

**EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NAS MESORREGIÕES DO
ESTADO DA PARAÍBA E SUAS RELAÇÕES COM A TSM DOS OCEANOS
ATLÂNTICO E PACÍFICO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Meteorologia da Universidade Federal de
Campina Grande como requisito para a
obtenção do título de Mestre em Meteorologia.

Área de concentração: **Meteorologia de Meso e Grande Escala**

Subárea: **Climatologia**

Orientador: **Prof. Dr. Carlos Antonio Costa dos Santos**

CAMPINA GRANDE – PB

MARÇO DE 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

N754e Nóbrega, José Nildo.

Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões do Estado da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico / José Nildo Nóbrega. - Campina Grande, 2012.

96f. : il. col.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Costa dos Santos.

Referências.

1. Semiárido. 2. ZCIT. 3. El Niño. 4. Anomalias. 5. Mesorregiões.
I. Título.

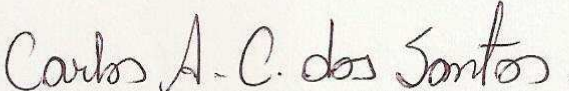
CDU 551.577.5 (043)

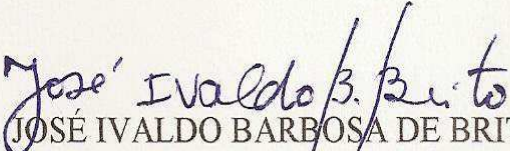
JOSÉ NILDO DA NÓBREGA

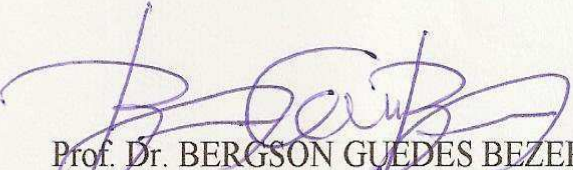
EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NAS MESORREGIÕES DO ESTADO DA
PARAÍBA E SUAS RELAÇÕES COM A TSM DOS OCEANOS ATLÂNTICO E
PACÍFICO

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 21/03/2012

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. CARLOS ANTONIO COSTA DOS SANTOS
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. JOSÉ IVALDO BARBOSA DE BRITO
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. BERGSON GUEDES BEZERRA
Programa de Capacitação Institucional - Ministério da Ciência e Tecnologia-CNPq
Instituto Nacional do Semiárido

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xiv
LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	xv
RESUMO.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.2 OBJETIVO GERAL.....	5
1.2.3 Objetivos específicos.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 - PRINCIPAIS SISTEMAS METEOROLÓGICOS QUE INFLUENCIAM O TEMPO NA PARAÍBA.....	6
2.1.1 - Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).....	6
2.1.2 - Vórtice Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), ou, Vórtice Ciclônicos dos Altos Níveis (VCAN).....	7
2.1.3 – SISTEMAS FRONTAIS.....	8
2.1.4 - Linhas de Instabilidades.....	9
2.1.5 - Ondas de Leste.....	9

2.1.6 - Complexos Convectivos de Meso Escala.....	10
2.1.7 - Brisas Marítimas e Terrestres.....	10
2.2 – TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR.....	11
2.3– ÍNDICES DE DETECÇÃO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	14
3. MATERIAL E MÉTODO.....	18
3.1 – ÁREA GEOGRÁFICA.....	18
3.2 – DADOS.....	20
3.3 – METODOLOGIA.....	22
3.3.1 – Software RClindex	22
3.3.2 - Controle de Qualidade dos Dados.....	22
3.3.3 - Formato de Entrada dos Dados.....	23
3.3.4 – Índices Climáticos Básicos do ETCCDMI, Referentes à Precipitação Pluvial, Utilizado no Estudo.....	24
3.3.5 - Teste de Mann-Kendall.....	26
3.3.6 – Teste de Significância sobre r.....	29
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 - TENDÊNCIAS DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS.....	30

4.2 – CORRELAÇÕES DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS E TSM.....	39
5 - CONCLUSÃO.....	63
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
7 – APÊNDICE.....	73

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa, principalmente, ao criador de todo universo e da vida, Deus, pois acredito que a sua inteligência é infinita e, sem sua permissão não teríamos direito a vida.

Aos meus pais: Benedito Mariano da Nóbrega e Hosana Lourdes da Nóbrega.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela força que Ele sempre me deu para que nunca desistisse de buscar os meus objetivos, sem que nenhum obstáculo derrubasse-me, apesar das dificuldades encontradas e por ter me dado o direito de vir à vida aqui na Terra, como também, a capacidades do meu desenvolvimento material através dos Estudos.

Aos meus pais, Benedito Mariano da Nóbrega, principalmente, Hosana Lourdes da Nóbrega pelo direito de através Dela conhecer a luz da vida, pelo exemplo de amor e honestidade com todos nós (filhos). Como também aos meus irmãos: Manuel Enéas da Nóbrega, José Inaldo da Nóbrega, Eguinaldo Mariano da Nóbrega, Benalva Lourdes da Nóbrega, Ademar Mariano da Nóbrega, Luzia Lourdes da Nóbrega e principalmente, Damião Josinaldo da Nóbrega, pelo acolhimento em sua residência.

Ao Departamento de Ciências Atmosférica (DCA/UFCG) através do Programa de Pós Graduação ao Nível de Mestrado em Meteorologia, pela aceitação no Programa.

Ao Professor, Orientador indispensável desse trabalho, Dr. Carlos Antônio da Costa dos Santos, pela paciência, dedicação, incentivo e não deixar de acreditar nesse trabalho.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior), pelos recursos financeiros concedidos durante todo o curso.

A Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), através do Banco de Dados do DCA/CCT/UFCG.

A Coordenação da Pós-Graduação em Meteorologia, na pessoa do professor Enio Pereira e Divanete Rocha da Cruz, secretária dessa coordenação, pela simpatia, apoio e amizade.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Ciências Atmosféricas/CCT/UFCG, que foram sempre atenciosos e amigos.

A Oseas Machado, amigo de amizade sincera, companheiro e apoio durante o curso.

Aos colegas, Madson Tavares, Anailton, Geiça, Leandro, Rafaela, Erika, Célio, Alexandra, Thiago, Fernanda, Alexsandro, Vinicius, Abidon e Edivânia.

E enfim, a todos aqueles que de forma direta ou indireta participaram da elaboração deste trabalho, **OBRIGADO!**

LISTA DE FIGURAS

<p>Figura 1: Localização geográfica do estado da Paraíba no Nordeste e no Brasil. (Fonte: elaborado com base em mapa do IBGE (Projeto Análise do Mapeamento e das Políticas para Arranjos Locais no Norte, Nordeste e Mato Grosso e dos Impactos dos Grandes Projetos Federais no Nordeste, 2010). http://www.politicaapls.redesist.ie.ufrj.br/.....</p>	Pag. 19
<p>Figura 2: Localização das Mesorregiões no Estado da Paraíba, de oeste para leste é Sertão (1), Borborema (2), Agreste (3) e Litoral (4).....</p>	20
<p>Figura 3: Representação espacial das 23 localidades, ou, postos pluviométricos na Paraíba, onde foram adquiridos os dados de precipitação diária.....</p>	21
<p>Figura 4: Regiões de temperaturas da superfície do mar no Oceano Pacífico Equatorial, ou seja, El Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4. Fonte: DEMET/FUNCEME (2005).....</p>	21
<p>Figura 5: Áreas do oceano Atlântico Tropical que foram calculados os TNAI e TSAI, associadas ao Padrão de Dipolo de anomalias de TSM no Atlântico. DEMET/FUNCEME (2005).....</p>	21
<p>Figura 6: Distribuição espacial das tendências positivas ou negativas dos índices de extremos climáticos com ou sem significância estatística para o estado da Paraíba onde, a) DCS, c) DCU, e) SDII, g) Rx1day, i) Rx5day, k) PRCPTOT, m) R10 mm e o) R30 mm no período de (1935 a 1969), b) DCS, d) DCU, f) SDII, h) Rx1day, j) Rx5day, l) PRCPTOT, n) R10 mm e p) R30 mm no período de (1970 a 2004).....</p>	38/ 39

Figura 7: Variabilidade interanual dos índices OMA e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	46
Figura 8: Variabilidade interanual dos índices OMA e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	47
Figura 9: Variabilidade interanual dos índices TNAI e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	47
Figura 10: Variabilidade interanual dos índices Niño 1+2 e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	48
Figura 11: Variabilidade interanual dos índices Niño 3 e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	48
Figura 12: Variabilidade interanual dos índices Niño 1+2 e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	49
Figura 13: Variabilidade interanual dos índices OMA e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	51
Figura 14: Variabilidade interanual dos índices TNAI e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	51
Figura 15: Variabilidade interanual dos índices Niño 1+2 e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	51
Figura 16: Variabilidade interanual dos índices Niño 3 e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	52
Figura 17: Variabilidade interanual dos índices OMA e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.....	53

Figura 18: Variabilidade interanual dos índices OMA e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.....	54
Figura 19: Variabilidade interanual dos índices TNAI e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.....	55
Figura 20: Variabilidade interanual dos índices OMA e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.....	55
Figura 21: Variabilidade interanual dos índices TNAI e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.....	56
Figura 22: Variabilidade interanual dos índices OMA e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.....	57
Figura 23: Variabilidade interanual dos índices TNAI e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.....	57
Figura 24: Variabilidade interanual dos índices TNAI e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.....	58
Figura 25: Variabilidade interanual dos índices OMA e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.....	59
Figura 26: Variabilidade interanual dos índices Niño 1+2 e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.....	59
Figura 27: Variabilidade interanual dos índices OMA e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.....	60
Figura 28: Variabilidade interanual dos índices TNAI e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.....	60

Figura 29: Variabilidade interanual dos índices TNAI e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	73
Figura 30: Variabilidade interanual dos índices TSAI e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	73
Figura 31: Variabilidade interanual dos índices Niño 3 e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.....	73
Figura 32: Variabilidade interanual dos índices ODP e DCU, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.....	74
Figura 33: Variabilidade interanual dos índices OMA e DCU, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.....	74
Figura 34: Variabilidade interanual dos índices ODP e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.....	74
Figura 35: Variabilidade interanual dos índices TSAI e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.....	75
Figura 36: Variabilidade interanual dos índices Niño 1+2 e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.....	75
Figura 37: Variabilidade interanual dos índices Niño 3 e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.....	75
Figura 38: Variabilidade interanual dos índices TNAI e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.....	76
Figura 39: Variabilidade interanual dos índices Niño 3 e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.....	76

Figura 40: Variabilidade interanual dos índices TNAI e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Litoral na Paraíba.....	76
Figura 41: Variabilidade interanual dos índices TNAI e DCU, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Litoral na Paraíba.....	77
Figura 42: Variabilidade interanual dos índices TNAI e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Litoral na Paraíba.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela - 1: Tendência dos Índices de extremos climáticos para o período compreendido entre 1935 – 1969.....	30
Tabela - 2: Tendência dos Índices de extremos climáticos para o período compreendido entre 1970 – 2004.....	31
Tabela - 3: Correlações entre TSM e Índices de Precipitações para o Sertão, Mesorregião do Estado da Paraíba (1950 – 2004).....	41
Tabela - 4: Correlações entre TSM e Índices de Precipitações para a Borborema, Mesorregião do Estado da Paraíba (1950 – 2004).....	42
Tabela - 5: Correlações entre TSM e Índices de Precipitações para o Agreste, Mesorregião do Estado da Paraíba (1950 – 2004).....	43
Tabela - 6: Correlações entre TSM e Índices de Precipitações para o Litoral, Mesorregião do Estado da Paraíba (1950 – 2004).....	44

LISTA DE ABREVIações (SIGLAS) E SÍMBOLOS

SIGLAS

NEB – Nordeste do Brasil

HS - Hemisfério Sul

HN – Hemisfério Norte

et al., - E outros

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernmental sobre Mudanças do Clima)

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

FF – Frentes Frias

LI – Linha de Instabilidade

CCM – Complexo Convectivo de Mesoescala

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

TNAI – Tropical Northern Atlantic Index (Índice mensal do Atlântico Tropical Norte)

TSAI - Tropical Southern Atlantic Index (Índice mensal do Atlântico Tropical Sul)

ODP – Oscilação Decadal do Pacífico

OMA - Oscilação Multidecadal do Atlântico

VCAS – Vórtice Ciclônicos de Ar Superior

VCANs – Vórtice Ciclônicos dos Altos Níveis

AS – América do Sul

ENOS - El Niño Oscilação Sul

IOS - Índice de Oscilação Sul

SFHS – Sistema Frontal do Hemisfério Sul

ZCAS – Zonas de Convergência do Atlântico Sul

ZCPS – Zona de Convergência do Pacífico Sul

PRCPTOT - Precipitação Total

SDII - Índice Simples de Intensidade Diária

DCS - Dias Consecutivos Secos

DCU - Dias Consecutivos Úmidos

Rx1day - Quantidade Máxima de Precipitação em um Dia

Rx5day - Quantidade Máxima de Precipitação em cinco Dias

R10 mm - Número de Dias com Chuvas Moderada

R30 mm - Número de Dias com Precipitação acima de 30 mm

R95p - Dias muito Úmidos

R99p - Dias Extremamente Úmidos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

UACA - Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

NOAA - National Oceanic And Atmospheric Administration (Agência Nacional Atmosférica e Oceânica)

DEMET - Departamento de Meteorologia e Oceanografia da FUNCEME

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

OMM - Organização Meteorológica Mundial

CCI/CLIVAR - International Research Programme on Climate Variability Predictability (Programa Internacional de Pesquisa em Previsão da Variabilidade Climática)

ETCCDMI - Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Índices (Equipe de Especialistas em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas)

n - número

std – Desvio Padrão Diário

PRCP – Precipitação

TMAX – Temperatura Máxima

TMIN – Temperatura Mínima

S – Estatística

$E(S)$ – Esperança

Var – Variância

Z – Teste Estatístico

p – Estatística (p)

SÍMBOLOS

mm/ano – Milímetro por Ano

°N – Graus Norte

°S – Graus Sul

°W – Graus Oeste

mm – Milímetro

km - Quilômetro

H₂O – Vapor D'água

°C – Graus Célsius

% - Porcentagem

RESUMO

A Paraíba é um Estado que está inserido dentro do NEB, e sofre com as mesmas consequências sociais, econômicos e climáticos da Região. Está sempre sujeito a extremos de precipitação, pois é uma região semiárida. Portanto, o objetivo principal deste estudo é Identificar Possíveis Tendências de Índices de Extremos de Precipitação sobre o Estado da Paraíba e correlacioná-los com Índices de Teleconexões Interanuais Globais e Interdecadais. Foram analisados dados de precipitação diária de 1935 a 2004 para 23 localidades da Paraíba, bem distribuídos espacialmente. Utilizou-se o Software RClimdex para calcular os índices de extremos de precipitação, na sequência, calculou-se as tendências utilizando o teste de Mann-Kendall e por fim verificou-se as tendências dos índices com o teste de significância r . De acordo com os índices de extremos de precipitação (PRCPTOT, Rx1day, Rx5day, R10mm, R30mm, DCS, DCU e SDII) observou-se tendências de aumento de alguns índices na maioria das localidades analisadas no período de 1935 a 1969, enquanto que, no período de 1970 a 2004, esse índices inverteram os sinais. Foi verificado também que as precipitações nas Mesorregiões do Estado, exceto o Litoral, estão mais correlacionadas com o aquecimento (resfriamento) no Oceano Pacífico Central Leste e, intensificadas, quando associados com aquecimento (resfriamento) no Oceano Atlântico.

Palavras-Chave: Semiárido, ZCIT, El Niño, anomalias, mesorregiões

ABSTRACT

Paraíba is a State that is inserted inside of NEB, and suffers as the same consequences social, economical and climatic of Region. It is always subjects to extreme precipitation, because is a region semi-arid. Then, the objective principal of this study is to identify possible trends of extreme indices of precipitation on the State of Paraíba and to correlate them with indexes of global teleconnections. Data of daily precipitation were analyzed from 1935 to 2004 for 23 stations of Paraíba, well spatial distributed. The Software RClimdex was used to calculate the extreme indexes of precipitation, in the sequence, it was calculated the trends using the Mann-Kendall test and finally it was verified the trends of the indices with the test on r to verify the statistical significance. In agreement with the trends of the extreme indices of precipitation (PRCPTOT, Rx1day, Rx5day, R10mm, R30mm, DCS, DCU and SDII) it was observed trends of increase of some extreme precipitation indices in most of the places analyzed in the period from 1935 to 1969, while, in the period from 1970 to 2004, that indices inverted the signs of the trends. It was also verified that the precipitations in Mesorregions of the State, except the Coast, are more correlated with the heating (cooling) in East Central Pacific and, intensified, when associated with heating (cooling) with SST's of Atlantic Ocean in the areas of TNAI and TSAI, as well as of the Multidecadal Oscillation of Atlantic Ocean.

Keywords: Semiarid, ITCZ, El Niño anomalies, mesorregions

1 - INTRODUÇÃO

Além de outros fatores, a vida em geral, não é possível sem a presença do elemento água (H₂O). Esse elemento é de fundamental importância, pois ele constitui 73% do nosso Planeta e, seu ciclo é indispensável para a manutenção da vida na superfície terrestre. Pois, de uma maneira geral, a água líquida na superfície ao ser aquecida naturalmente pela radiação solar é evaporada e sobe na forma de gás (vapor d'água) e, nos níveis mais elevados da atmosfera, retorna para o estado líquido e precipita para a superfície da Terra, na mesma ou em outra região, completando assim seu ciclo. A precipitação pode também ser determinante no clima de uma região.

A região nordeste do Brasil (NEB) é uma região que do ponto de vista climático é considerada semiárida por apresentar substanciais variações temporais e espaciais da precipitação pluvial, e elevadas temperaturas ao longo do ano (AZEVEDO et al., 1998). Vários sistemas meteorológicos influenciam no clima dessa Região provocando a indução de chuva. Entretanto, a maior parte da região é semiárida e subúmida seca. Isto aparentemente é um parâmetro, mas não é, pois, em geral, os sistemas de tempo atuam concomitantemente.

A Paraíba é um estado que se localiza dentro do NEB e sofre com as mesmas consequências relacionadas aos fenômenos meteorológicos que determinam o clima da Região. Essas consequências são eventos extremos meteorológicos, tais como secas e enchentes, altas e baixas temperaturas e outros. É também o Estado do NEB que apresenta uma das maiores variabilidades espacial nas precipitações, a exemplo das Mesorregiões: Litoral que apresenta a maior pluviometria média anual da Paraíba acima de 1300 mm/ano, e da mesorregião da Borborema com média anual mais baixa do Estado com pouco mais de 440 mm/ano (ARAGÃO, 2002).

Quanto às chuvas intensas, ou chuvas extremas, que tem sempre distribuição irregular espacial e temporal, elas causam grandes prejuízos à população, como inundações, erosão nos solos, problemas sociais e econômicos, além de problemas em reservatórios de abastecimentos de água. Dessa maneira, esses eventos que produzem precipitações extremas, são influenciados pelas condições meteorológicas de meso e grande escalas que atuam na intensificação e no tempo de duração dos sistemas (BUZZI et al., 1995). Portanto, esses sistemas meteorológicos definem a situação climática do Estado.

Os principais sistemas meteorológicos que atuam e provocam chuvas sobre o semiárido brasileiro e, conseqüentemente, sobre o estado da Paraíba, são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema meteorológico indutor de chuva sobre o Estado; Vórtice Ciclônicos de Ar Superior (KOUSKY e GAN, 1981), dependendo da posição do centro do sistema; instabilidade associada a Frentes Frias (FF) que penetram os estados mais ao sul; Linhas de Instabilidades (LI); Ondas de Leste (ESPINOZA, 1996); Complexos Convectivos de Meso Escala (CCM), Circulações Orográficas e pequenas Células Convectivas (MOLION e BERNARDO, 2002); Brisas Marítimas e Terrestres. Além dos sistemas supracitados, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM), apesar de não ser um sistema meteorológico tem influência direta sobre o tempo no Nordeste do Brasil.

Assim sendo, a população, principalmente a da zona rural, ou parte da população, cujas atividades econômicas dependem dos eventos de chuvas tais como agricultura e pecuária. Santos et al., (2009), ao estudar tendências dos índices de precipitação total e eventos extremos de chuva no estado de Ceará, concluíram que ocorreram mudanças locais de precipitação. Ao estudar a tendência dos índices de detecção de mudanças climáticas, dependentes da precipitação diária para os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, Santos e Brito (2007) concluíram que o número de dias com chuvas, a precipitação total

anual e o número de dias extremamente úmidos, assim como, a ocorrência de chuvas diárias superiores a 50 mm, vêm aumentando nos últimos 65 anos. Os mesmos também identificaram a influência de fenômenos de grande escala sobre a área estudada. Corroborando com esses resultados, Aguilar et al., (2005) afirmam que mudanças nas temperaturas e extremos de precipitação vem ocorrendo na América Central e Norte da América do Sul ao longo das últimas décadas.

O IV Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC, 2007) relata que os efeitos antropogênicos têm influenciado visivelmente o clima global, e que os últimos onze anos estão entre os 12 anos mais quentes do registro instrumental da temperatura da superfície global. O IPCC (2007) também afirma que o teor médio de vapor d'água na atmosfera aumentou desde a década de 80 sobre os continentes e o oceano, tanto próximo a superfície como nos altos níveis troposféricos. Desta maneira, com um aumento de vapor d'água na atmosfera, pode-se levar a um aumento na nebulosidade e, conseqüentemente, a ocorrência de precipitação.

Alguns autores como Nicholls et al., (1996) e Folland et al., (2000) enfatizam que se deve trabalhar e adequar conjuntos de dados para se analisar as questões de mudanças nos extremos climáticos. Já Folland et al., (1999), Nicholls e Murray (1999) e Manton et al., (2001) informaram que têm sido desenvolvidos indicadores de extremos climáticos através de oficinas internacionais, e de acordo com esses autores os indicadores servem para que a sociedade possa se basear, quando da possibilidade de um evento extremo, na qual ela possa se proteger de fenômenos que podem prejudicá-la. Como exemplo desses eventos extremos estão os extremos de precipitações que prejudicam as pessoas e também a vida animal e vegetal da área atingida pelo evento.

Assim, como a precipitação é uma variável determinante das condições do clima no semiárido brasileiro, bem como da sua variabilidade e mudança à longo prazo, é necessário

prover novas informações de tendências na precipitação total e eventos extremos de chuva sobre o estado da Paraíba, localizado no NEB, através da análise de diferentes índices de detecção de mudanças climáticas, baseados em dados observacionais de várias estações no Estado, como também, analisar suas correlações com anomalias de TSM nos Oceanos Atlântico e Pacífico. O foco dessa pesquisa é, particularmente, importante para a Paraíba, uma vez que alguma mudança no clima poderá ter profundas influências sobre o Estado.

1.2 – OBJETIVO GERAL

Identificar possíveis tendências de índices extremos de precipitação sobre o estado da Paraíba e correlacioná-los com índices de teleconexões globais.

1.2.1 - Objetivos Específicos

- Calcular os índices de eventos extremos de precipitação que ocorreram sobre o Estado da Paraíba para os períodos de 1935 a 2004;
- Analisar as significâncias estatísticas das tendências dos índices de eventos extremos de precipitação utilizando o teste de Mann-Kendall;
- Identificar o comportamento espacial dos índices de extremos de precipitação para as mesorregiões do Estado da Paraíba;
- Correlacionar a ocorrência dos eventos extremos de precipitação com as anomalias de TSM dos Oceanos Atlântico (TNAI e TSAI) e Pacífico (Niño 1+2, Niño 3), ODP (Oscilação Decadal do Pacífico, ou, Pacific Decadal Oscillation) e OMA (Oscilação Multidecadal do Atlântico, ou, Atlantic Multidecadal Oscillation).

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De uma maneira geral, o clima é um fator da natureza que interessa a todos tanto pela sua adequação a uma região, quanto pela funcionalidade dos sistemas que regem, ou, predominam numa região, ou até mesmo, no planeta. O NEB é uma região onde a distribuição espacial e temporal da precipitação não é uniforme, pelo contrário apresenta grande variabilidade. Isto acontece porque diversos sistemas atmosféricos que atuam sobre a Região, induzindo chuvas em uma determinada área e em outra, não, bem como em diferentes épocas do ano. Portanto, a necessidade de se conhecer melhor a característica temporal e espacial dos sistemas meteorológicos que induzem chuva no Nordeste do Brasil e em especial na Paraíba, onde está focado o presente estudo, pois a pesquisa esta relacionada a identificação de possíveis tendências de índices extremos de precipitação e a influência de sistemas de teleconexões sobre estas possíveis tendências.

2.1 - PRINCIPAIS SISTEMAS METEOROLÓGICOS QUE INFLUENCIAM O TEMPO NA PARAÍBA

Sabe-se que os fenômenos meteorológicos extremos são difíceis de serem previstos, logo os extremos de precipitação é um desses, na qual essa variável é importantíssima para as pessoas que moram em regiões semiáridas, como exemplo, a Paraíba, que é um estado do Nordeste, região semiárida no território brasileiro. No entanto, esses extremos podem ser observados, espacialmente ou temporalmente, através dos principais sistemas meteorológicos que atuam induzindo chuvas sobre o Estado.

2.1.1 - Zona de Convergência Intertropical

Um dos principais sistemas meteorológico influenciador nas chuvas sobre o estado da Paraíba. A ZCIT é definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial

do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os do hemisfério sul, em baixos níveis (ao se chocarem nos baixos níveis eles fazem com que o ar quente e úmido ascenda e provoque a formação das nuvens nos altos níveis), baixas pressões, altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação. A ZCIT é o sistema meteorológico mais importante na determinação e produção de chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil. Em média ela migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 14°N em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente 2 a 4°S entre fevereiro a abril. Essa trajetória Norte-Sul da ZCIT está relacionada aos padrões da TSM sobre a bacia do oceano Atlântico Tropical, segundo (UVO, 1989).

Como a ZCIT é mais predominante sobre os oceanos, dessa maneira, a TSM é um dos fatores determinantes na sua posição e intensidade.

2.1.2 - Vórtice Ciclônicos de Ar Superior

Os (VCAS) segundo Kousky e Gan, (1981) causam chuvas sobre o Estado dependendo da posição do centro do sistema. Os VCAS que penetram na região nordeste do Brasil formam-se no oceano Atlântico, predominantemente entre os meses de novembro e março, e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro, segundo (GAN e KOUSKY, 1982). O período de atuação desses sistemas varia em média, entre 7 a 10 dias.

Observando através de imagens de satélite os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior são um conjunto de nuvens (em sua periferia), que têm a forma circular (no centro não há nuvens, ou, muito pouca) girando no sentido horário no Hemisfério Sul. A formação de nuvens nas periferias e a não formação no centro, se dá pela subida (ascendência) de ar nas

periferias e, no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsidiência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens.

Segundo Aragão (1975), que fez um dos primeiros estudos sobre os VCAS na América do Sul, observou uma circulação ciclônica fria próxima à costa leste do Nordeste do Brasil. Já para a sua manutenção, segundo Kousky e Gan (1981), os VCAS transformam energia potencial em energia cinética através do movimento descendente, ar frio no centro e, ascendente na periferia.

2.1.3 – Sistemas Frontais

As frentes frias (FF) são sistemas meteorológicos de pouca frequência de atuação na parte oriental-setentrional da região nordeste do Brasil. Elas são bandas de nuvens que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio, vinda do Oceano adentra no continente por baixo da massa de ar quente, como uma cunha, faz com que o ar quente e úmido suba, forme as nuvens e, conseqüentemente, as chuvas (FERREIRA, 2005).

Os sistemas frontais (frentes frias) ao penetrarem no continente ele produzem muita precipitação e atuam bastante na região sul e sudeste do Brasil o ano inteiro e, com menos frequência no sul da região nordeste do País. Sua maior predominância sobre o sul da região nordeste é no período de novembro a fevereiro e tem seu máximo de precipitação no mês de dezembro (CHU, 1983).

Ressalta-se que no período de junho a agosto os sistemas frontais também atuam na costa leste do Nordeste.

A penetração de frentes frias no sul do Nordeste constitui um dos principais mecanismos influenciador de chuvas, assim como no sul e sudeste do País e, Minas Gerais e sul da Bahia. Esse sistema meteorológico foi documentado por (KOUSKY, 1979).

Segundo o autor, a frequência desses sistemas é de aproximadamente um a cada cinco dias no Sul e Sudeste do Brasil. Mas, somente alguns desses sistemas ou parte deles adentram mais ao norte. Dessa maneira, são poucos os Sistemas Frontais que influenciam na produção das chuvas na parte central, norte e leste da região do NEB durante todo o ano, o gradiente térmico desta área são menores do que os das regiões Sul e Sudeste do País.

2.1.4 - Linhas de Instabilidades

As Linhas de Instabilidade são bandas de nuvens produtoras de chuvas, são nuvens normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha, por isso, seu nome. A formação desse fenômeno meteorológico se dá basicamente pelo simples fato de que, com a grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical ocorre o desenvolvimento das nuvens cumulus, que aumentam no período da tarde e início da noite, quando a convecção é máxima, com consequentes chuvas. Outro fator que contribui para o aumento das LI, principalmente nos meses de fevereiro e março, é a presença da ZCIT nessa época do ano (CAVALCANTI, 1982).

2.1.5 - Ondas de Leste

As ondas de leste são distúrbios ondulatórios que ocorrem no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios (FERREIRA, 2005). Essas Ondas são comuns na maior parte do ano, só que sua intensidade depende da TSM, do cisalhamento do vento e dos efeitos da orografia e da circulação de brisa marítima e terrestre, de forma que intensificam ou dissipam esse tipo de sistema. Elas se deslocam predominantemente de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até a costa leste do Brasil, segundo VISHNER (1925) um dos primeiros a estudar e diagnosticar as Ondas de Leste. A atuação das ondas de leste tem duas regiões distintas no

oceano Atlântico, uma no Norte e outro no Sul do Equador. Apesar de centrados em latitudes distintas, os distúrbios ocorrem com maiores amplitudes na mesma época do ano nessas duas regiões, ou seja, nos mesmos meses de atuação.

Esse sistema provoca a produção de chuvas principalmente na Zona da Mata que se estende desde o litoral sul baiano até o litoral do Rio Grande do Norte, mas, quando as condições oceânicas e atmosféricas estão favoráveis, as Ondas de Leste também provocam produção de chuvas até o litoral cearense nos meses de junho, julho e agosto, frequentemente na parte centro-norte do Estado (FERREIRA, 2005).

Dessa forma as Ondas de Leste provocam a frequência de chuvas no litoral paraibano nos meses de junho a agosto (ESPINOZA, 1996).

2.1.6 - Complexos Convectivos de Meso Escala

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão vento, e provocam chuvas fortes e de curta duração, normalmente acompanhadas de fortes rajadas de vento. Os CCMs, na região subtropical, ocorrem preferencialmente durante os meses de primavera e de verão no hemisfério sul, formando-se no período noturno com um ciclo de vida entre 10 e 20 horas (SOUZA et al., 1998). Normalmente as chuvas associadas a este fenômeno meteorológico ocorrem de forma isolada (FERREIRA, 2005).

2.1.7 - Brisas Marítimas e Terrestres

As brisas marítimas e terrestres resultam do aquecimento e resfriamento diferenciais que se estabelecem entre a terra e a água (FEDOROVA, 2001). Durante o dia o continente se aquece mais rapidamente que o oceano adjacente fazendo com que a pressão sobre o continente seja mais baixa que sobre o oceano. Isto faz com que o vento à

superfície sobre do oceano para o continente, vento esse denominado de brisa marítima. A brisa marítima chega a penetrar até 100 km para dentro do continente. No período da noite o continente perde calor mais rapidamente que o oceano, fazendo com que esse fique com temperaturas mais elevadas se comparadas às do continente. Dessa forma a pressão fica maior sobre o continente, fazendo com que o vento sopra do litoral para o oceano, vento esse chamado de brisa terrestre. A brisa terrestre também afeta até 100 km para dentro do mar. As brisas terrestres e marítimas nem sempre são percebidas. No nordeste do Brasil, por exemplo, onde os ventos alísios são persistentes e intensos durante todo o ano, quase sempre as brisas apenas contribuem para mudar um pouco a direção e a velocidade dessas. Dependendo da orientação da costa, a velocidade do vento, resultante da superposição alísio-brisa, pode ser maior ou menor que a do alísio (VAREJÃO-SILVA, 2001).

Além desses sistemas de meso e grande escala que influenciam na precipitação, tem os sistemas de microescala como as Circulações Orográficas e pequenas Células Convectivas (MOLION e BERNARDO, 2002). E, não sendo um sistema meteorológico, a TSM, que é de fundamental importância para a influência sobre o tempo em todo o planeta.

2.2 - TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM)

Como foi citada anteriormente, a temperatura da superfície do mar não é um sistema meteorológico, mas é de fundamental importância para a influência e evolução ou minimização de um sistema meteorológico. Quando se estuda sobre o clima na Terra isso deve implicar em estudos dos complexos processos que ocorrem entre o oceano e a atmosfera, que interagem entre as camadas limite oceânicas e camadas limite atmosféricas, onde acontecem as trocas de energia e momentum, na qual são fornecido vapor d'água pelo oceano e energia para a atmosfera, contribuindo assim para o ciclo hidrológico e a

energética da atmosfera, retornando para os oceanos a água na forma de precipitação, e energia, fatores esse que afetam a circulação termoalina e as correntes oceânicas superficiais geradas pelos ventos (PEZZI e SOUZA, 2009).

Observa-se dessa maneira que a TSM tem um papel fundamental nos processos interativos oceano-atmosfera, pois é por meio dela que grande quantidade de energia em forma de fluxo de calor é trocada entre a atmosfera e o oceano. Dessa forma pequenas mudanças na TSM podem levar a grandes mudanças na interação oceano-atmosfera, podendo, conseqüentemente, provocar significativos impactos nos sistemas meteorológicos atuantes tanto sobre o oceano quanto nos continentes (PEZZI e SOUZA, 2009). Um exemplo que releva a importância da TSM sobre o clima do Brasil e, conseqüentemente, sobre as regiões Norte, Nordeste e Sul do País, é o El Niño/Oscilação Sul (ENOS), fenômeno esse resultante do aquecimento anômalo das águas do oceano Pacífico Equatorial Central Leste.

A interação oceano-atmosfera é responsável por efeitos que modulam diretamente a precipitação nessas Regiões, bem como influencia nas temperaturas da Região Sudeste do Brasil, e todos esses fatores são modificados em anos de ocorrências de ENOS, tanto no caso do El Niño (fase quente) como no de La Niña (fase fria). As condições associadas aos episódios El Niño é caracterizada pela manifestação de anomalias de TSM positivas sobre o Pacífico central-leste, alísios mais fracos do que o normal e IOS (Índice de Oscilação Sul) negativo, enquanto que, o inverso ocorre na presença do episódio La Niña (SOUZA, 2010). Em episódios do fenômeno El Niño, na sua fase quente, o ramo ascendente principal da Célula de Walker, posiciona-se sobre as águas aquecidas do Pacífico e causa subsidência e alta pressão sobre o Norte da América do Sul, fazendo assim ficar a ZCIT mais ao norte, SFHS (Sistemas Frontais no Hemisfério Sul) e ZCAS (Zona de Convergência da América do Sul) mais ao sul, o que inibe a formação de nuvens e

consequentemente estiagens prolongadas e, o oposto, ocorre quando na presença do episódio La Niña, que faz aumentar a formação de nuvens e produção de chuvas sobre a região (SOUSA, 2010).

Quanto a ODP, segundo Mantua et al., (1997) são oscilações na TSM do Pacífico que predominam em média de 20 a 30 anos. Essa oscilação apresenta duas fases, uma quente e outra fria que é caracterizada por anomalias positivas (negativas) de TSM no Pacífico Tropical e, ao mesmo tempo, anomalias negativas (positivas) no Pacífico Extratropical nos dois hemisférios. De acordo ainda com os autores, ocorreram duas fases quentes no século passado, uma entre 1925 e 1946 outra de 1977 a 1998. Analisando dados diários de precipitação de 1941 a 2004 na usina, Cruangi, em Timbaúba na costa leste do NEB, Sousa et al., (2008) concluíram que esta região sofre grande influencia da ODP onde ficou claro uma redução na precipitação total e nos dias chuvosos na fase fria da ODP.

Estudos também mostram que em caso de ENOS, o Atlântico Tropical também tem uma parcela de impacto sobre o Norte do Brasil (NB) e o NEB, pois ele pode intensificar ou minimizar os efeitos do Pacífico (PEZZI e SOUZA, 2009). Segundo Tucci e Braga (2003), no Atlântico o trimestre março-abril-maio, que coincide com o período chuvoso na parte norte do NEB, o modo de variabilidade oceano atmosfera de grande escala dominante sobre a bacia do Atlântico Tropical é o Padrão do Dipolo do Atlântico, caracterizado 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 exerce influências no deslocamento norte-sul da ZCIT (SANTOS, 2006).

A OMA é uma oscilação de baixa frequência que ocorre na TSM do Atlântico Norte, essas oscilações predominam entre o equador (Golfo do México) e a Groelândia geralmente em torno de 0°N a 70°N. A mesma apresenta duas fases, a fria e a quente, com uma duração característica temporal de 20 a 40 anos cada fase (SOUSA et al., 2008).

Apesar da grande quantidade de estudo referente aos efeitos influenciados pelas TSM do Atlântico e Pacífico sobre o continente sulamericano, há ainda controvérsias até sobre os mecanismos que geram a variabilidade da TSM no Atlântico Sul.

2.3 – ÍNDICES DE DETECÇÃO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Ultimamente há uma maior preocupação e interesse por parte da comunidade científica em estudar as variabilidades e mudanças do clima, o que vem aumentando, principalmente, devido ao papel das atividades humanas nas possíveis mudanças climáticas globais.

As variações de precipitação são consideradas como um índice de detecção de mudanças climáticas, isso, porque há registro observacional razoavelmente longo e de boa qualidade. Por isso, essa variável meteorológica é instrumento de muitos estudos de variabilidade e mudança do clima.

Ao estudar a relação entre monitoramento climático e produção agrícola de grãos nos estados do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte no período de 1975 a 2004, Nóbrega (2008) concluiu que a precipitação total média anual naqueles Estados não apresentaram tendências significativas, ocorreu apenas variabilidade interanual das chuvas e que o padrão dessa variabilidade foi o mesmo para os três Estados.

Os extremos de precipitação podem ser desastrosos para a população que reside em regiões com alta variabilidade interanual de chuva. Os extremos de precipitação podem causar grandes cheias, ou, causar grandes estiagens prejudicando a sociedade, principalmente àquela que não têm como se proteger com uma maior rapidez. Segundo Bryant (1991) que analisou 31 catástrofes naturais (climáticas e geológicas), tais como furacões, cheias, estiagens e outros, com base nos parâmetros característicos (duração, área de atuação, números de vítimas fatais, prejuízos econômicos e consequências sociais) e

efeitos causados pelos mesmos, as estiagens são dentre todas, as mais graves e em geral, são fenômenos recorrentes em regiões semiáridas.

Para Nicholls (1995) a aplicação e análises de dados consistentes em uma ampla região também requerem que os critérios utilizados para definir eventos extremos sejam significativos em toda a região. Pois, o que é considerado extremo em uma parte da região, pode ser considerado rotineiro em outra. Segundo Trewin e Trevitt (1996), a heterogeneidade e descontinuidade em um registro do clima podem ser causadas por qualquer mudança da estação ou da sua operação, incluindo a sua localização, a exposição, instrumentação, ou prática de observação. Dessa maneira não só afetará os valores médios climáticos, mas também pode afetar de forma diferente os extremos da distribuição climática (TREWIN e TREVITT 1996).

Manton et al., (2001) afirmam que na Austrália nenhum padrão especialmente consistente de tendências de índices extremos de precipitação foi verificado. Na Indonésia não houve evolução significativa em nenhum dos índices extremos de chuva. No Japão em geral os dias de chuva diminuiu e os índices de precipitação extrema aumentaram.

Índices anuais de precipitação pluviométrica têm sido usados em inúmeros estudos, a fim de quantificar as tendências de uma forma consistente. Alguns índices utilizam limites arbitrários (SALINGER e GRIFFITHS, 2001). Outros índices são baseados em quantidades estatísticas tais como percentis, que são adequados para as regiões que contêm uma grande variedade de climas. Um exemplo típico é a área do Pacífico Sul, de interesse que abrange desde o equador até próximo de 30°S. Onde a precipitação média anual na região varia de aproximadamente 1000 mm a cerca de 3500 mm.

Giffiths et al., (2003) ao estudar tendências em precipitação extrema no Pacífico Sul e a relação com Zona de Convergência do Pacífico Sul (ZCPS), concluiu que existe correlação significativa entre a chuva total e a ZCPS. Ou seja, índices diários de chuva

extrema mais frequente e mais intensa entre 1961 e 2000. Isto implica que em anos mais úmidos recebe chuva por mais dias, com maior intensidade de chuvas extremas, e mais frequência de eventos extremos. Chuvas mais extremas são também significativamente correlacionadas aos eventos de precipitação extrema de duração mais longa (GIFFITHS et al., 2003).

Ao estudar tendências em extremos de precipitação anual, Alexander et al., (2006) chegaram a concluir que as chuvas aparentam ser similares às tendências de precipitação anual acumulada como: tendências positivas no sul do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina; por outro lado, os autores verificaram tendências positivas no número de dias com chuvas moderada (R10 mm) e chuva forte (R20 mm) ocorrendo em tempo curto e utilizaram a quantidade de chuva concentrada em eventos chuvosos como indicadores de chuvas que produziram enchentes (R95p) e muita chuva (R99p) no período estudado por eles entre 1961 – 2000. Os mesmos mostram tendências positivas na precipitação máxima acumulada em 5 dias (Rx5day) em torno de 20°S no continente sul americano durante a primavera, verão e outono, enquanto que no norte da Argentina houve tendências negativas no inverno e, no Brasil com tendências positivas de extremos de precipitação em São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul e, segundo Alexander et al., (2006), dois estados brasileiros, Minas Gerais e Bahia, ficaram sem ser analisados, isso, pela falta de dados. Os autores afirmam ainda que não houve aumento nem diminuição do total anual de precipitação.

Ao estudar detecção de tendências de mudanças climáticas para os estados da Bahia e Sergipe por meio de índices pluviométricos diários, Araújo (2009), concluiu que ocorreram mudanças climáticas nesses Estados, verificada através das tendências observadas no comportamento da precipitação total diária, decorrente de variações do clima local, regional e possivelmente global. Araújo (2009) concluiu também que em

geral, predomina uma diminuição de dias úmidos consecutivos, ocorreu acréscimo no número de dias com chuva, e estes com maior intensidade diária como pode ser apurado no aumento de número de dias em que a precipitação foi superior a 10 mm, 20 mm e 50 mm e, portanto, aumento no montante de precipitação total anual, isso no oeste da Bahia e em locais isolados no nordeste baiano.

Outra conclusão de Araújo (2009) foi a tendência dos dias secos consecutivos que apresentou correlações com as condições da região Norte do Atlântico Tropical, assim como os índices que representam a chuva acumulada em cinco dias e a intensidade diária de chuva. Entretanto, para os índices que computam os dias úmidos consecutivos, montante de precipitação total anual e chuva moderada, apresentaram correlações de significância estatística com as regiões de Niño 1+2, Niño 3 e Niño 3.4 no Pacífico. O índice de intensidade diária ainda demonstrou correlação Niño 4 (pacífico) e região norte (atlântico). Isto evidencia a influência da TSM dos Oceanos Pacífico e Atlântico sobre a precipitação de região estuda, identificando assim, que a atuação do ENOS e do Dipolo de Atlântico têm relativa influência sobre o clima do nordeste brasileiro.

Marengo et al., (2010) ao fazer uma comparação de eventos extremos observados e simulados de precipitação e temperatura durante a última metade do século XX verificaram que no período analisado houve evolução positiva dos eventos de precipitação extrema (R50 mm) também é mostrada no sudeste da América do Sul, Central Norte da Argentina, noroeste do Peru e Equador, enquanto tendências negativas são verificadas no sul do Chile.

3 – MATERIAL E MÉTODO

3.1 - ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo é o estado da Paraíba, sendo um dos 26 estados brasileiros, está localizada a leste na região Nordeste do País (Figura 1), entre 06°S - 09°S e 34°W - 39°W. O Estado possui limites ao norte com o estado do Rio Grande do Norte, ao sul com o estado de Pernambuco, ao oeste com o estado do Ceará e ao leste com o Oceano Atlântico. Tendo uma área total de 56.439,838 km² (IBGE, 2002), sua população está estimada em 3.742.827 habitantes (IBGE, 2010). Composta por 223 municípios, o Estado é dividido em quatro Mesorregiões (Figura 2):

– **Sertão Paraibano** – é a terceira mais populosa do estado, formada por 83 municípios, ocupando uma área total de aproximadamente 22.720 km², ou, 40,3% do Estado (IBGE, 2002) e povoada por 862.563 habitantes, cerca de 23% do Estado (IBGE, 2010);

– **Borborema** – é a menos populosa do Estado, essa é formada por 44 municípios que juntos ocupam uma área de 15.572 km², ou, 27,6% do Estado (IBGE, 2002) aproximadamente e sua população é de 318.004 habitantes, cerca de 8,5% da população total da Paraíba (IBGE, 2010);

– **Agreste Paraibano** – essa região tem a segunda maior população do Estado, ou seja, 1.190.542 habitantes, cerca de 31,8% do total (IBGE, 2010) ocupando uma área de aproximadamente 12.914 km², ou 22,9% do total (IBGE, 2002);

– **Mata Paraibana** - essa mesorregião é a mais populosa e mais importante da Paraíba, pois está situado nela a capital do Estado, João Pessoa. Sendo a única mesorregião litorânea do Estado, ela ocupa uma área de aproximadamente 5.232,396 km², ou 9,3% (IBGE, 2002) e tem sua população estimada em 1.382.524 habitantes, cerca de 40,9% (IBGE, 2010).

Quanto ao clima do Estado, a faixa litorânea da Paraíba é do tipo tropical úmido, com chuvas bem distribuídas, ultrapassando os 1300 mm/ano em média como citado anteriormente, e à medida que adentra no interior, o clima se torna do tipo semiárido sujeito a estiagens prolongadas com índices pluviométricos bastante irregulares, ou seja, com média anual mais baixa do Estado com pouco mais de 440 mm/ano, conforme apresenta a mesorregião da Borborema. A temperatura média anual varia entre 22°C e 26°C, com a mínima na madrugada podendo chegar a 16°C nos meses mais frios e a máxima a 38°C no verão. A evaporação também é muito alta com valores de evaporação potencial variando de 800 a 1.800 mm/ano. A umidade relativa do ar média anual varia de 50% a 90%. Os ventos sopram do quadrante de nordeste a sudeste, com uma predominância dos ventos alísios (ARAGÃO, 2002).



Figura 1: Localização do estado da Paraíba no Nordeste e no Brasil. Fonte: elaborado com base em mapa do IBGE (Projeto Análise do Mapeamento e das Políticas para Arranjos Locais no Norte, Nordeste e Mato Grosso e dos Impactos dos Grandes Projetos Federais no Nordeste, 2010). <http://www.politicaapls.redesist.ie.ufrj.br/>

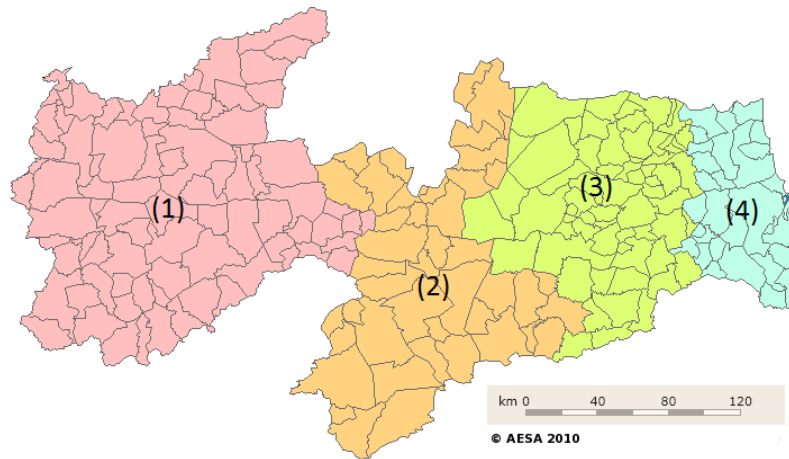


Figura 2: Localização das Mesorregiões no Estado da Paraíba, de oeste para leste é Sertão (1), Borborema (2), Agreste (3) e Litoral (4).

Fonte: <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/sigaesaweb.html>

3.2 - DADOS

Foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica de 23 localidades (Figura 3), todas as localidades representando espacialmente bem a área estudada. Os dados de precipitação diária foram provenientes da SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste) e do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) que constam no banco de dados da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas – UACA/UFCG, no período de 1935 a 2004, os dados foram divididos em dois períodos: 1935 – 1969 e 1970 - 2004. Os dados das anomalias de TSM para o período de 1950 a 2004, nas regiões previamente definidas (Figuras 4 e 5), foram obtidos do site da NOAA - National Oceanic And Atmospheric Administration (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>).

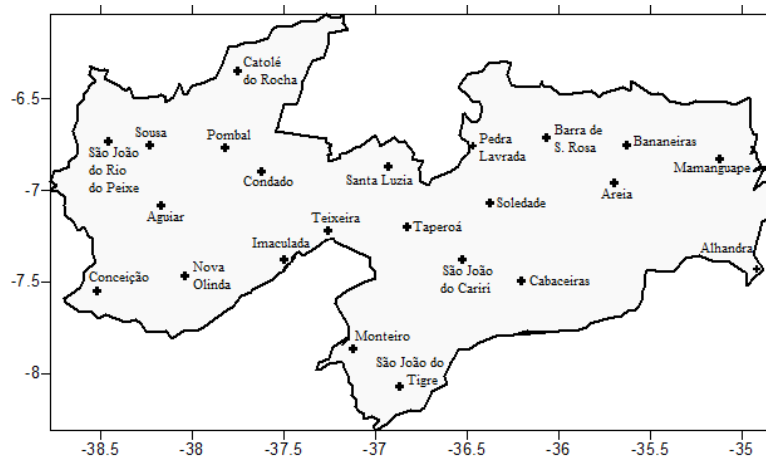


Figura 3: Representação espacial das 23 localidades, ou, postos pluviométricos na Paraíba, onde foram adquiridos os dados de precipitação diária.

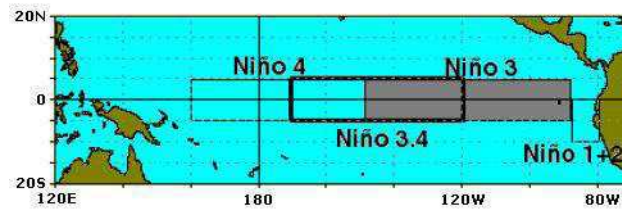


Figura 4: Regiões de temperaturas da superfície do mar nos Oceanos Pacífico Equatorial, ou seja, El Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4. Fonte: DEMET/FUNCEME (2005).

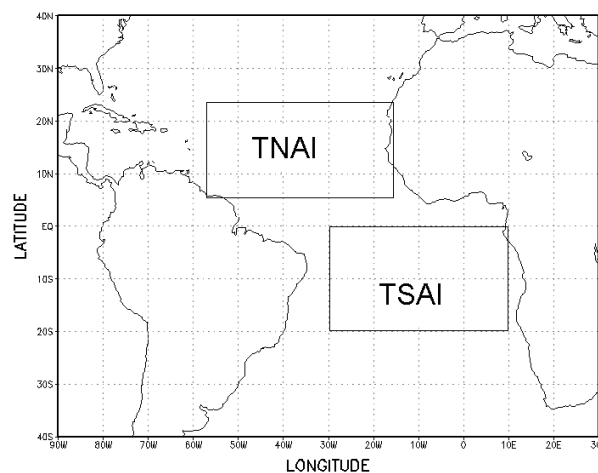


Figura 5: Áreas do oceano Atlântico Tropical que foram calculados os TNAI e TSAI, associadas ao Padrão de Dipolo de anomalias de TSM no Atlântico. DEMET/FUNCEME (2005).

3.3 - METODOLOGIA

3.3.1 – Software RClindex

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) criou um grupo de trabalho para elaborar uma metodologia que sirva de análise de mudanças climáticas e que seja capaz de atender as várias especificidades continentais ou até mesmo de cada País. Essa equipe de trabalho desenvolveu uma série de índices de detecção e monitoramento de mudanças do clima para todo o planeta. Para a análise desses índices foi desenvolvido o software RClindex, que se baseia na linguagem computacional R e planilha do Excel, com saída de Figuras e Tabelas dos índices estimados (ZHANG e YANG, 2004). Essa metodologia vem sendo bem utilizada, por exemplo, nos estudos de Haylock et al., (2006) na América do Sul, Santos e Brito (2007) no semi-árido nordestino brasileiro e Santos et al., (2010) em Utah, Estados Unidos da América, assim como, em outras regiões do Globo.

Dessa forma o RClindex foi construído para oferecer uma interface dinâmica sobre índices de extremos climáticos. Esse pacote tem a capacidade de calcular 27 índices básicos recomendados pela equipe de investigadores do CCI/CLIVAR “Climate Change Etction Monitoring and Índices” (ETCCDMI), bem como, outros índices de temperatura e precipitação com limites determinado pelo usuário. O pacote RClindex, é adquirida de forma gratuita e encontra-se disponível para download no website dos índices de ETCCDMI ([http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI /](http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/)) e podendo ser também encontrado disponível na UACA/UFCG.

3.3.2 – Controle de Qualidade dos dados

O controle de qualidade dos dados é um pré-requisito para o cálculo dos índices. Para isso, o RClindex segue os seguintes procedimentos:

I) Os dados faltosos são codificados como -99.9 no R e;

II) substituem-se todos os valores não aceitáveis por -99.9. Esses valores incluem:

a) quantidades de precipitações diárias menores que zero e;

b) temperatura máxima diária menor que a temperatura mínima diária.

O controle de qualidade dos dados pode também identificar valores extremos nas temperaturas diárias máximas e mínimas. Esses tipos de valores extremos são valores diários que estão fora de uma área, ou, região definida pelo usuário. Esta área, ou, região é definida como n vezes o desvio padrão do valor diário, isto é, $média - n*std$, $média + n*std$. Na qual std está representando o desvio padrão para o dia e n é uma entrada do usuário (nesse estudo foi adotado $n = 4$). De acordo com o objetivo geral do estudo que é identificar possíveis eventos extremos de precipitação que ocorreram sobre o estado da Paraíba utilizando os índices apenas dependentes da precipitação pluvial, então, o controle de qualidade referente aos dados de temperatura não foi desenvolvido.

3.3.3 – Formato de Entrada dos Dados

Para o controle de qualidade, todos os arquivos de dados que são lidos e escritos estão em formato de “list formatted”. Somente o primeiro arquivo de dados que é processado no passo de “Quality Control”. Este arquivo de entrada requer:

- Arquivo de texto ASCII;
- Colunas das seguintes sequências: ano, mês, dia, precipitação (PRCP), temperatura máxima (TMAX), temperatura mínima (TMIN). (Observação: unidades de precipitação = milímetros e unidades de temperaturas = graus Celsius);
- O formato descrito acima deve ser delimitado por espaço, em geral, cada elemento separado por um ou mais espaços e;

- Para os registros dos dados, os dados faltosos devem ser codificados como -99.9 e os registros dos dados devem estar em ordem cronológica (CANADIAN INTERNATIONAL DEVELOPMENT AGENCY, 2004).

Um exemplo de arquivo de entrada de dados é mostrado a seguir:

1975	1	1	12.8	29.3	16.5
1975	1	2	0.0	27.5	17.8
1975	1	3	-99.9	28.1	16.4

Então, a leitura dos dados significa que no dia 1 de janeiro de 1975 a precipitação foi de 12,8 mm, a temperatura máxima de 29,3°C e a temperatura mínima de 16,5°C e o dado de precipitação para o dia 3 de janeiro é inexistente (SANTOS, 2006).

Como o objetivo desse estudo é apenas a identificação de possíveis tendências de índices de extremos de precipitação sobre o estado da Paraíba que está situada dentro do NEB, na região semi-árida e, por consequência, tem a precipitação pluvial como uma variável determinante nas condições climáticas locais. Logo, os dados referentes a temperaturas máximas e mínimas, necessários para o formato de entrada, anteriormente citado, foram substituídos por -99.9 para que o software RClindex pudesse efetuar seu procedimento e fornecer apenas os resultados dos índices relacionados à precipitação.

3.3.4 – Índices Climáticos Básicos do ETCCDMI, referentes à precipitação pluvial, utilizado no estudo:

Baseado no objetivo geral do estudo, foi utilizado o RClindex para determinar índices climáticos, definidos pelo ETCCDMI, derivados da precipitação. O cálculo destes índices torna-se muito importante, por que com os valores das tendências, que foram obtidas pelo método dos mínimos quadrados, foi possível construir uma distribuição

espacial, usando o software SURFER 7.0 e, desta maneira identificar as localidades possíveis de ocorrência de mudanças que estão presente.

Dessa forma os índices climáticos básicos, definidos pelo ETCCDMI, usados foram os seguintes:

1 - Rx1day (Quantidade máxima de precipitação em um dia)

Sendo RR_{ij} o total diário de precipitação para um dia i em um período j . Então, os valores máximos de 1 dia para o período j será:

$$Rx1day_j = \text{Max}(RR_{ij}) \quad (1)$$

2 - Rx5day (Quantidade máxima de precipitação em cinco dias consecutivos)

Aqui o RR_{ij} é a quantidade de precipitação num intervalo de cinco dias consecutivos terminando em k , no período j . Assim, os valores máximos de 5 dias para o período j fica:

$$Rx5day_j = \text{Max}(RR_{kj}) \quad (2)$$

3 - SDII (Índice Simples de Intensidade Diária)

Nesse o RR_{wj} é a quantidade diária de precipitação nos dias úmidos, $w(RR \geq 1\text{mm})$ para o período j . Como W representa o número de dias úmidos em j , daí:

$$SDII_j = \frac{\sum_{w=1}^w RR_{wj}}{W} \quad (3)$$

4 - Rnn (Número de dias acima de nn mm)*

Sendo RR_{ij} a quantidade diária de precipitação ocorrida num dia i para o período j . E se nn^* representa qualquer valor razoável de precipitação diária então, adiciona-se o número de dias onde:

$$RR_{ij} \geq nnmm \quad (4)$$

*Nesse estudo se utilizará $nn = 30$ mm, por que dessa maneira pode-se verificar o comportamento deste índice, de chuva extrema, na região.

5 - DCS (Dias Consecutivos Secos)

Seja RR_{ij} o total diário de precipitação em um dia i num período j . Então se adiciona o maior número de dias consecutivos sendo então:

$$RR_{ij} < 1 \text{ mm} \quad (5)$$

6 - DCU (Dias Consecutivos Úmidos)

Se RR_{ij} é o total de precipitação diária para um dia i em um período j . Então se soma o maior número de dias consecutivos onde:

$$RR_{ij} \geq 1 \text{ mm} \quad (6)$$

9 - PRCPTOT (Precipitação Total Anual nos Dias Úmidos)

Seja RR_{ij} a quantidade diária de precipitação num dia i num período j . Se I representa o número de dias em j , então:

$$\text{PRCPTOT}_j = \sum_{w=1}^w RR_{wj} \quad (7)$$

Após o processamento, os dados foram armazenados em arquivos que contém informações anuais sobre cada um dos índices selecionados para o período estudado na área pesquisada. Dessa maneira, foi possível realizar as correlações simples, devido ter como objetivo a análise regional de extremos de precipitação, entre os índices que apresentam melhor significância para a região estudada, e as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nas regiões de Niño 1+2 (0°S -10°S; 90°W – 80°), Niño 3 (5°N – 5°S; 150°W – 90°W), Índices mensais do Atlântico Tropical Norte – TNAI (5,5°N – 23,5°N; 15°W – 57,5°W) e Sul – TSAI (0° – 20°S; 10°E – 30°W), ODP e OMA.

3.3.5 – Teste de Mann-Kendall

Após a obtenção dos índices climáticos foi aplicado o teste estatístico de Mann-Kendall (teste proposto por Mann – 1945 e adaptado por Kendall – 1970) para um melhor entendimento das tendências temporais apresentadas e das significâncias estatísticas

associadas. Citado por Back, (2001), Rodrigues, et al., (2007) e Freitas et al., (2010) esse teste, segundo Sneyers (1975), considera que na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores que ocorrem de forma independente, e a distribuição de probabilidade devem permanecer sempre a mesma (série aleatória simples).

Goossens e Berger (1986) afirmaram que o teste de Mann-Kendall é o mais apropriado para analisar mudanças climáticas em séries climatológicas e que permite também a detecção e localização aproximada do ponto inicial de determinada tendência (BACK, 2001, RODRIGUES et al., 2007).

Algumas vantagens que o teste não paramétrico de Mann-Kendall apresenta quando comparado com outros testes são:

- Menos afetado por valores “outliers” (extremos)
- Não depende de uma distribuição particular
- Para $n > 8$ (tamanho da amostra) já possui uma boa aproximação com a normal $N(0; 1)$.

A estatística S do teste de Mann-Kendall pode ser calculada de acordo com a equação (10):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad (10)$$

O sinal pode ser calculado de acordo com as equações (11), (12) e (13)

$$\text{sign}(x_j - x_k) = 1 \quad \text{se} \quad x_j - x_k > 0 \quad (11)$$

$$\text{sign}(x_j - x_k) = 0 \quad \text{se} \quad x_j - x_k = 0 \quad (12)$$

$$\text{sign}(x_j - x_k) = -1 \quad \text{se} \quad x_j - x_k < 0 \quad (13)$$

A estatística S aproxima-se da normalidade à medida que n cresce, com média e variância definidas como nas equações (14) e (15).

$$E(S) = 0 \quad (14)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18}[n(n-1)(2n+5)] \quad (15)$$

O teste estatístico Z serve para calcular a tendência de uma série temporal e pode ser obtido de acordo com a equação (16).

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se, } S > 0 \\ 0, & \text{se, } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se, } S < 0 \end{cases} \quad (16)$$

A partir do valor de Z encontrado e do nível de significância adotado (α) e comparando com (*p - valor*) Tabelado, pode-se tomar as seguintes decisões:

Se $Z > 0$ e *p - valor* ($p > \alpha$) há uma tendência positiva não significativa

Se $Z > 0$ e *p - valor* ($p \leq \alpha$) há uma tendência positiva significativa

Se $Z < 0$ e *p - valor* ($p > \alpha$) há uma tendência negativa não significativa

Se $Z < 0$ e *p - valor* ($p \leq \alpha$) há uma tendência negativa significativa

Se $Z = 0$ não há tendência

O coeficiente τ de correlação de Mann-Kendall pode ser calculado de acordo com a equação (17).

$$\tau = \frac{2S}{N(N-1)} \quad (17)$$

O coeficiente τ de correlação de Kendall é apropriado para medir o grau de correlação, se forem obtidas mensurações pelo menos ordinais as variáveis X e Y.

3.3.6 – Teste de Significância sobre r

Muitas vezes, tem-se o interesse em testar a existência de correlação entre duas variáveis, X e Y , a partir de uma amostra de observações pareadas (X, Y). Nestes casos, além de mensurar o grau de correlação observado nos dados, deseja-se, também, testar as seguintes hipóteses, relativas à população em estudo.

H_0 : As variáveis X e Y são não correlacionadas;

H_1 : As variáveis X e Y são correlacionadas.

Nesse estudo as variáveis a serem correlacionadas são Índices de Extremos Climáticos com anomalias de TSM nas regiões dos Oceanos Atlântico e Pacífico. Portanto para que a hipótese seja aceita, ou, rejeitada têm-se:

H_0 : Os índices de extremos climáticos com TSM são não correlacionados;

H_1 : Os índices de extremos climáticos com TSM são correlacionados.

Portanto, utilizando a Tabela do teste de significância sobre r , para verificar as significâncias estatísticas das correlações encontradas entre os índices, tem-se o $r_{\text{Calculado}} \geq r_{\text{Crítico Tabelado}}$ e assim, a hipótese esta dentro da região de aceitação H_1 , ou seja, os índices de extremos climáticos e TSM são correlacionados e a correlação tem significância estatística. Nesse caso o valor mínimo tabelado de $r_{\text{crit tab}}$ é 0,254 para se ter 5% de significância estatística e $r_{\text{crit tab}}$ de 0,300 para se ter significância de 1%.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TENDÊNCIAS DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS

As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores das tendências dos índices de extremos climáticos para os 23 postos pluviométricos na Paraíba. Os valores realçados em cinza são aqueles que as correlações são estatisticamente significativas para 5% ($p < 0,05$), enquanto que, os valores em negrito realçados em cinza são para as correlações estatisticamente significativas para 1% ($p < 0,01$).

Tabela 1: Tendência dos Índices de extremos climáticos na Paraíba para o período compreendido entre 1935 – 1969.

Localidade	PRCPTOT (mm/ano)	Rx1day (mm)	Rx5day (mm)	R10mm (dia/ano)	R30mm (dia/ano)	DCS (dia/ano)	DCU (dia/ano)	SDII (mm/dia/ano)
Aguiar	-2,357	-0,161	-0,133	0,017	0,025	0,918	-0,111	0,170
Alhandra	2,702	0,653	-0,422	0,244	0,040	0,553	-0,083	0,039
Areia	3,000	0,219	0,089	0,020	0,012	-0,308	0,090	-0,049
Bananeiras	-1,118	0,251	0,213	0,013	0,148	1,203	-0,261	0,361
Barra de Santa Rosa	2,260	0,474	0,371	0,122	-0,015	-0,098	-0,008	0,070
Cabaceiras	0,668	0,228	-0,112	0,154	0,037	1,752	-0,095	0,187
Catolé do Rocha	1,247	0,301	-0,154	0,066	-0,018	-0,382	0,067	-0,077
Conceição	-1,352	0,603	-0,122	0,104	-0,045	1,248	-0,039	0,121
Condado	3,820	-0,601	-0,343	0,272	0,043	-1,053	0,021	-0,010
Imaculada	4,208	-0,358	-0,332	0,129	0,055	0,749	-0,082	-0,041
Mamanguape	-8,341	0,356	0,530	-0,290	-0,067	-0,160	-0,161	0,084
Monteiro	9,866	1,429	2,102	0,284	0,090	-2,248	0,085	-0,125
Nova Olinda	8,710	0,801	1,781	0,258	0,131	-0,856	-0,053	0,327
Pedra Lavrada	8,912	0,976	1,566	0,256	0,030	0,279	0,078	0,155
Pombal	2,753	0,561	0,057	0,033	0,009	-0,289	0,005	-0,082
Santa Luzia	0,518	0,310	0,369	0,012	0,003	0,252	0,039	0,015
São João do Cariri	-0,741	0,300	0,723	-0,028	0,028	2,186	-0,050	0,375
São J. do Rio do Peixe	0,971	0,782	1,361	-0,079	-0,019	0,347	-0,039	0,074
São João do Tigre	15,459	1,129	3,131	0,343	0,147	0,036	0,090	0,146
Soledade	-2,756	-0,125	-0,290	-0,038	-0,009	1,820	-0,033	0,082
Sousa	3,813	0,458	0,414	0,151	0,033	-0,056	-0,008	-0,035
Taperoá	11,513	1,987	3,198	0,353	0,101	-2,865	0,088	0,054
Teixeira	5,307	0,759	0,416	0,230	0,031	-0,059	0,049	-0,006

Valores realçados em cinza são tendências com nível de significância estatística de 5%;
Valores em negrito realçados em cinza são tendências com nível de significância de 1%.

Tabela 2: Tendência dos Índices de extremos climáticos na Paraíba para o período compreendido entre 1970 - 2004

Localidade	PRCPTOT (mm/ano)	Rx1day (mm)	Rx5day (mm)	R10mm (dia/ano)	R30mm (dia/ano)	DCS (dia/ano)	DCU (dia/ano)	SDII (mm/dia/ano)
Aguiar	1,679	0,066	0,342	-0,020	0,054	1,257	0,030	-0,008
Alhandra	-0,214	1,097	1,059	-0,429	0,135	0,235	-0,054	-0,008
Areia	-3,518	-0,059	-0,815	-0,228	-0,002	0,018	-0,007	-0,004
Bananeiras	5,089	-0,651	-0,859	0,020	0,005	-0,428	0,140	-0,180
Barra de Santa Rosa	2,124	-0,077	-0,235	-0,035	-0,004	-1,634	0,057	-0,105
Catolé do Rocha	-3,687	0,012	-0,164	-0,136	-0,030	1,068	0,020	0,030
Conceição	-6,277	-0,511	-1,176	-0,168	-0,131	0,579	0,025	-0,247
Condado	-4,099	0,412	0,059	-0,163	-0,048	1,874	0,010	-0,002
Imaculada	-6,279	0,129	-0,961	-0,222	-0,080	0,918	-0,016	-0,084
Mamanguape	-9,459	0,952	-0,810	-0,598	0,034	0,467	-0,082	-0,092
Monteiro	-0,715	0,395	0,123	-0,022	-0,007	-1,063	0,010	0,061
Nova Olinda	-22,204	-1,369	-3,063	-0,507	-0,134	0,786	-0,022	-0,332
Pedra Lavrada	-2,574	-0,195	0,037	-0,015	-0,016	2,466	-0,105	0,195
Pombal	2,119	1,188	1,925	0,021	-0,024	0,197	0,108	-0,055
Santa Luzia	-7,943	-0,618	-1,462	-0,235	-0,097	0,500	-0,017	-0,085
São João do Cariri	2,505	-0,001	-0,287	0,048	-0,004	-0,294	0,024	-0,225
São J. do Rio do Peixe	-0,502	0,121	-0,025	-0,053	0,056	2,088	-0,044	0,177
São João do Tigre	-8,760	-0,473	-0,606	-0,353	-0,060	0,668	-0,065	-0,042
Soledade	-3,363	-0,335	-1,652	-0,107	-0,051	-0,643	-0,026	-0,173
Sousa	-2,909	-0,889	-1,187	-0,052	-0,058	0,089	-0,017	-0,059
Taperoá	-2,494	0,477	-0,428	-0,122	-0,023	1,685	-0,039	0,032
Teixeira	0,038	0,131	0,061	0,017	-0,071	-1,793	0,110	-0,290

Valores realçados em cinza são tendências com nível de significância estatística de 5%;
Valores em negrito realçados em cinza são tendências com nível de significância de 1%.

Na Tabela 1 observa-se que 17 localidades apresentaram aumento da precipitação total anual (PRCPTOT), entretanto, apenas 4 localidades (Nova Olinda, Pedra Lavrada, São João do Tigre e Taperoá) apresentaram tendências estatisticamente significativas. As referidas localidades mostraram tendências positivas superiores a 8 mm/ano (Tabela 1), ou seja, aumento de 8 mm de precipitação pluviométrica por ano no período de 1935 a 1969. Já na Tabela 2, apenas 6 localidades apresentaram tendências de aumento de PRCPTOT, porém, não apresentam significância estatística para os níveis adotados, isto é, para o período de 1970 a 2004 foram observadas, predominantemente, tendências negativas para PRCPTOT, indicando um comportamento oposto ao mostrado no primeiro período estudado. Vale salientar, que 16 localidades com essas tendências e apenas 2 dessas (Nova Olinda e São João do Tigre) apresentaram significância estatística ao nível de 5% no

período de 1970 a 2004. Notar que as referidas localidades apresentaram tendências opostas às identificadas no primeiro período estudado (1935 a 1969) evidenciando que o comportamento da precipitação tem se alterado durante os períodos analisados. Possivelmente, estas características (positivas em um período e negativas em outro) estejam associadas às PDO e AMO, isto pode ser verificado na seção 4.2. Ressalta-se que o efeito local também pode contribuir para esta alternância de tendência positiva e tendência negativa, porém como o sinal é observado no grupo de quase todas as localidades não deve ser descartado os efeitos globais.

Quanto aos índices precipitação máxima em 1 e 5 dias consecutivos (Rx1day e Rx5day), para o período de 1935 a 1969, foram observadas tendências de aumento em 19 e 15 localidades, respectivamente (Tabela 1). Verifica-se que 3 e 4 localidades apresentaram significâncias estatísticas em cada um dos referidos índices respectivamente e, apenas Pedra Lavrada e Taperoá mostraram tendências de aumento com significância estatística para ambos os índices. Os resultados apresentados para Rx1day e Rx5day corroboram com os apresentados para PRCPTOT. Na Tabela 2, apenas 11 e 7 localidades mostraram tendências de aumento para os índices Rx1day e Rx5day, respectivamente, no período de 1970 a 2004, entretanto, nenhuma localidade apresentou tendência com significância estatística. Esses resultados indicam uma redução da quantidade de precipitação em 1 e 5 dias consecutivos. No entanto, devido a não significância estatística das tendências não é possível afirmar com maior propriedade.

As tendências do número de dias anuais com precipitação igual ou superior a 10 mm e 30 mm (R10mm e R30mm), para o período de 1935 a 1969, estão mostradas na Tabela 1. Baseado na referida Tabela é possível observar que 19 e 17 localidades mostraram tendências positivas para os índices R10mm e R30mm, respectivamente. Destas, 6 são estatisticamente significativas para R10mm e 2 para R30mm, mostrando que não é

possível afirmar um padrão no comportamento dos índices devido as poucas localidades estatisticamente significativas. Para o período de 1970 a 2004, Tabela 2, apenas 4 e 5 localidades apresentaram tendências de aumento para os índices R10mm e R30mm, respectivamente. Esses resultados concordam com os índices anteriormente discutidos, no tocante a alteração do comportamento da precipitação sobre a Paraíba durante o segundo período estudado (1970 a 2004). Entretanto, esses índices apresentaram tendências negativas em 18 e 17 localidades, das quais, 3 e 2 localidades com tendências significantes estatisticamente. Dessas localidades, destaca-se Nova Olinda que apresentou tendência negativa estatisticamente para os dois índices (R10mm e R30mm). De certa maneira, mais uma vez observa-se uma tendência de aumento no período de 1935 a 1969 e de diminuição de 1970 a 2004.

O número de dias consecutivos secos (DCS) e consecutivos úmidos (DCU), para o período de 1935 a 1969, estão apresentados na Tabela 1. Não é possível identificar um comportamento padrão para os índices porque ambos apresentam tendências positivas e negativas e poucas com significância estatística. Apenas a localidade Bananeiras apresenta resultado coerente, isto é, aumenta o número de dias consecutivos secos e, conseqüentemente, diminui o número de dias consecutivos úmidos com significância estatística. Similarmente, a análise dos referidos índices para o período de 1970 a 2004 (Tabela 2) não apresenta um comportamento padrão, isto é, ambos apresentam tendências positivas e negativas e poucas com significância estatística. No entanto, vale salientar que no segundo período estudado foi identificado um número maior de localidades com tendências estatisticamente significativas. Destacando Pedra Lavrada e Taperoá que apresentaram tendências positivas para o índice DCS e tendências negativas de DCU (Tabela 2) e ambas com significâncias estatísticas.

A quantidade diária de precipitação nos dias úmidos (SDII), para o período de 1935 a 1969, está mostrada na Tabela 1. Identifica-se da referida Tabela que 15 localidades apresentaram tendências positivas, indicando aumento do total de precipitação e, corroborando com os demais índices previamente discutidos, isto é, PRCPTOT, Rx1day e Rx5day. O SDII para o período de 1970 a 2004 (Tabela 2) mostra que apenas 5 localidades apresentaram tendências de aumento, destas, apenas 2 com significância estatística. Estes resultados também apontam para uma alteração do comportamento da precipitação sobre a região no segundo período estudado (1970 a 2004). Vale salientar que 17 localidades apresentaram tendência de diminuição e apenas 6 dessas localidades apresentaram significância estatística.

De maneira geral, no período de 1935 a 1969 verifica-se um aumento nos índices extremos de precipitação e na precipitação total anual. Enquanto, no período de 1970 a 2004 observa-se uma diminuição. Provavelmente, este comportamento esteja relacionado a efeitos locais e de grande escala.

Nas Figuras a seguir estão distribuídos espacialmente os sinais das tendências (positivas/negativas) dos índices de extremos climáticos para os períodos estudados das 23 localidades, com suas respectivas significâncias estatísticas.

São observadas nas Figuras, 6a e 6b, as distribuições espaciais do índice DCS nos períodos de 1935 a 1969 e 1970 a 2004, respectivamente. É possível identificar que para o período de 1970 a 2004 o número de dias consecutivos secos foi intensificado nas Mesorregiões da Borborema e, principalmente, Sertão paraibano. Já para os dias consecutivos úmidos não se pode afirmar um padrão, pois o índice apresenta tendências positivas e negativas, mas se pode destacar que 10 localidades no primeiro período e 1 dessas (São João do Tigre) apresenta tendência positiva com significância estatística e 10

localidades no segundo período e apenas 2 (Conceição e Bananeiras) apresentam tendências positivas com significância estatística, Figuras 6c e 6d.

Também se pode verificar que o índice SDII, Figuras 6e e 6f, diminuiu de 15 localidades no primeiro período, 1935 a 1969, com tendência positiva para 5 localidades das 23 estudadas no segundo período, 1970 a 2004, das quais 7 localidades com significância estatística no primeiro período e 2 localidades (São João do Rio do Peixe e Pedra Lavrada) no segundo período. As variabilidades localmente são observadas em Nova Olinda, São João do Rio do Peixe e Bananeiras que apresentaram tendências de aumento com significância estatística no primeiro período e inverteram seus sinais com significância estatística no segundo período, enquanto que, Pedra Lavrada e Pombal apresentaram tendências positiva e negativa com significância estatística no primeiro período estudado e mantiveram seus sinais no segundo período. Já as tendências negativas aumentaram de 8 localidades no primeiro período para 17 localidades no segundo período estudado para o índice SDII, mostrando assim, um padrão geral, uma redução desse índice na Paraíba.

Quanto a quantidade máxima de precipitação em um dia, Figuras 6g e 6h, verifica-se que em 19 cidades da Paraíba, de 1935 a 1969, apresentaram tendências positivas de chuva máxima em um dia na maior parte do Estado, entretanto, apenas 3 localidades (Pedra Lavrada, Taperoá e Teixeira) apresentaram tendências de aumento com significância estatística, enquanto que, no período de 1970 a 2004 caiu para 11 localidades as tendências positivas do índice Rx1day e nenhuma com significância estatística. Já para as tendências negativas, é verificado um aumento de 4 localidades no primeiro período sem significância estatística para 11 localidades no segundo período destacando-se 2 localidades (Nova Olinda e Sousa) com significâncias estatísticas para essas tendências no segundo período.

O mesmo pode ser verificado para a quantidade máxima de precipitação em cinco dias consecutivos, Figuras 6i e 6j. Observa-se que 15 localidades apresentaram tendência de aumento desse evento, mas apenas 4 localidades (Nova Olinda, Pedra Lavrada, Taperoá e São João do Tigre) apresentaram tendências positivas com significância estatística no período (1935 a 1969), destas, Nova Olinda, Pedra lavrada e Taperoá com significância estatística de 99%, enquanto que, no período de 1970 a 2004, esse número caiu para 7 localidades e nenhuma com significância estatística. O oposto é verificado para as tendências negativas, ou seja, aumentou o número de localidades de 8 sem significância estatística no primeiro período para 15 no segundo período e apenas 3 das 15 localidades com significâncias estatística.

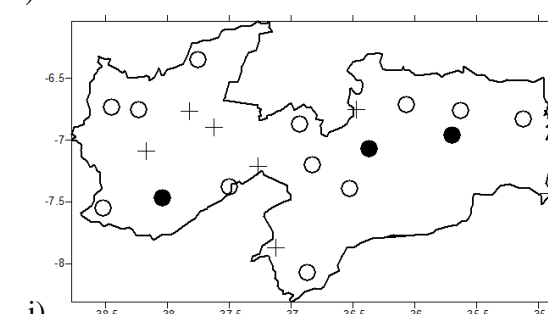
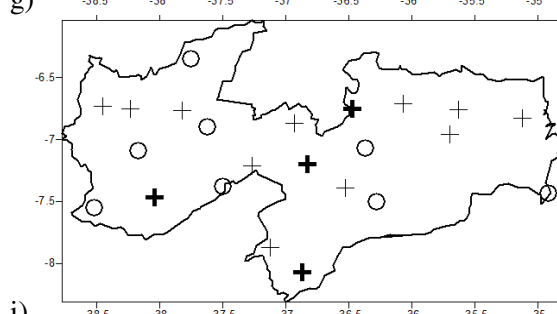
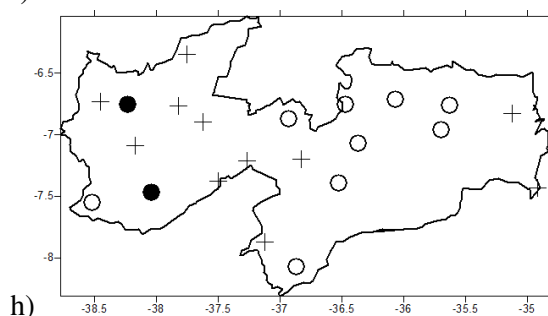
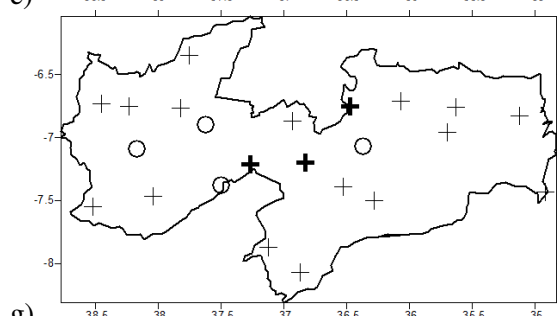
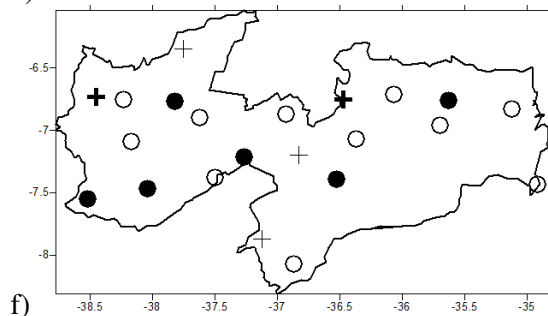
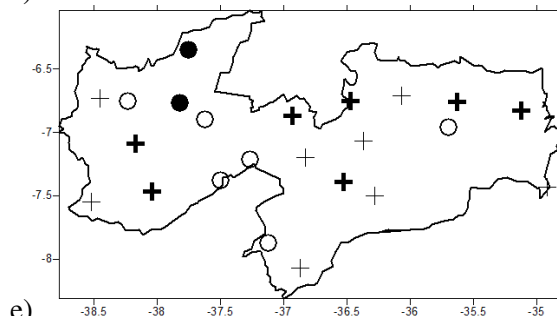
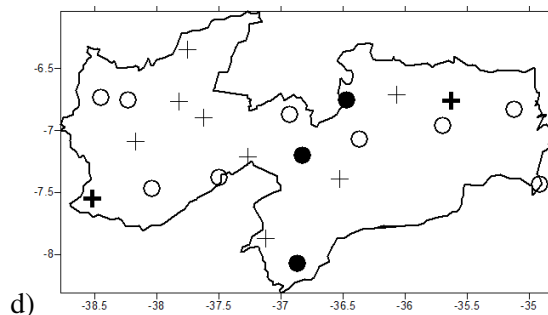
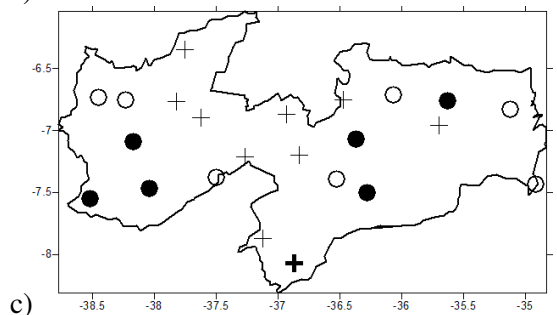
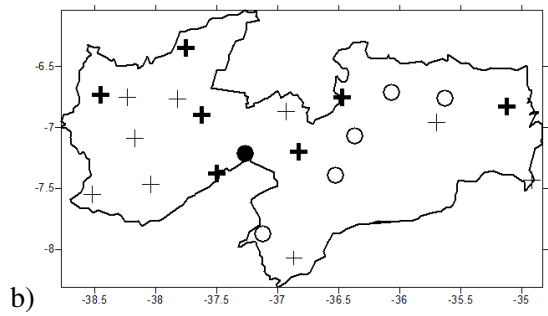
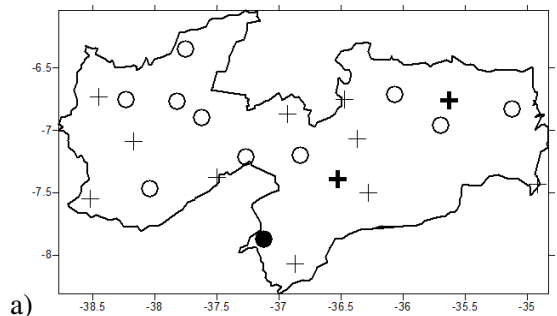
Praticamente a mesma situação é verificada para PRCPTOT, Figuras 6k e 6l. No período de 1935 a 1969 esse índice apresentou tendência de aumento em 17 localidades e apenas 4 com significância estatística, o mesmo concordando com o índice, Rx5day, e diminuindo para 6 localidades no período de 1970 a 2004 e nenhuma com tendência positiva significativa estatisticamente. O mesmo é totalmente invertido, tendências de diminuição desse evento, ou seja, o número de localidades aumenta de 6 sem significância estatística no primeiro período para 16 no segundo período estudado com apenas 2 localidades (Nova Olinda e São João de Tigre) apresentando tendência negativa significativa estatisticamente no segundo período.

É observado que os eventos de chuvas acima de 10 mm, Figuras 6m e 6n, entre 1935 e 1969 apresentaram tendência de aumento em 19 localidades na Paraíba, destacando-se 6 localidades com tendências positivas significantes estatisticamente, dessas, 3 localidades estão no Sertão (Nova Olinda e Sousa, com significância estatística ao nível de 1%) e 3 localidades na Borborema. Essa tendência positiva é diminuída predominantemente para 4 localidades entre 1970 e 2004 e nenhuma com significância estatística. Quanto as

tendências negativas para esse mesmo índice é verificado um aumento do número de localidades de 4 no primeiro período para 18 localidades no segundo período e apenas 3 localidades dessa (Nova Olinda, Santa Luzia e São João do Tigre) com tendências negativas significantes estatisticamente.

Observa-se também a mesma situação em que R30 mm apresentaram um padrão nas tendências positivas em 17 localidades e apenas 2 dessas, Nova Olinda e Santa Luzia, com significância estatística no período de 1935 a 1969, o mesmo índice diminuindo para apenas 5 localidades no período de 1970 a 2004 e sem significância estatística. Já para as tendências negativas 6 localidades no primeiro período e apenas uma localidade, Mamanguape, apresentaram tendência negativa com significante estatisticamente e aumentou o número de localidades para 17 das 23 localidades no segundo período, destacando-se 2 dessas, Conceição e Nova Olinda, com significância estatística o que indica diminuição desses eventos, concordando com os resultados anteriores, Figuras 6o e 6p.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 6 verifica-se que o índice R30mm apresentou a maior mudança entre os dois períodos estudados (1935 a 1969 e 1970 a 2004) seguidos dos índices Rx1day, SDII e DCS.



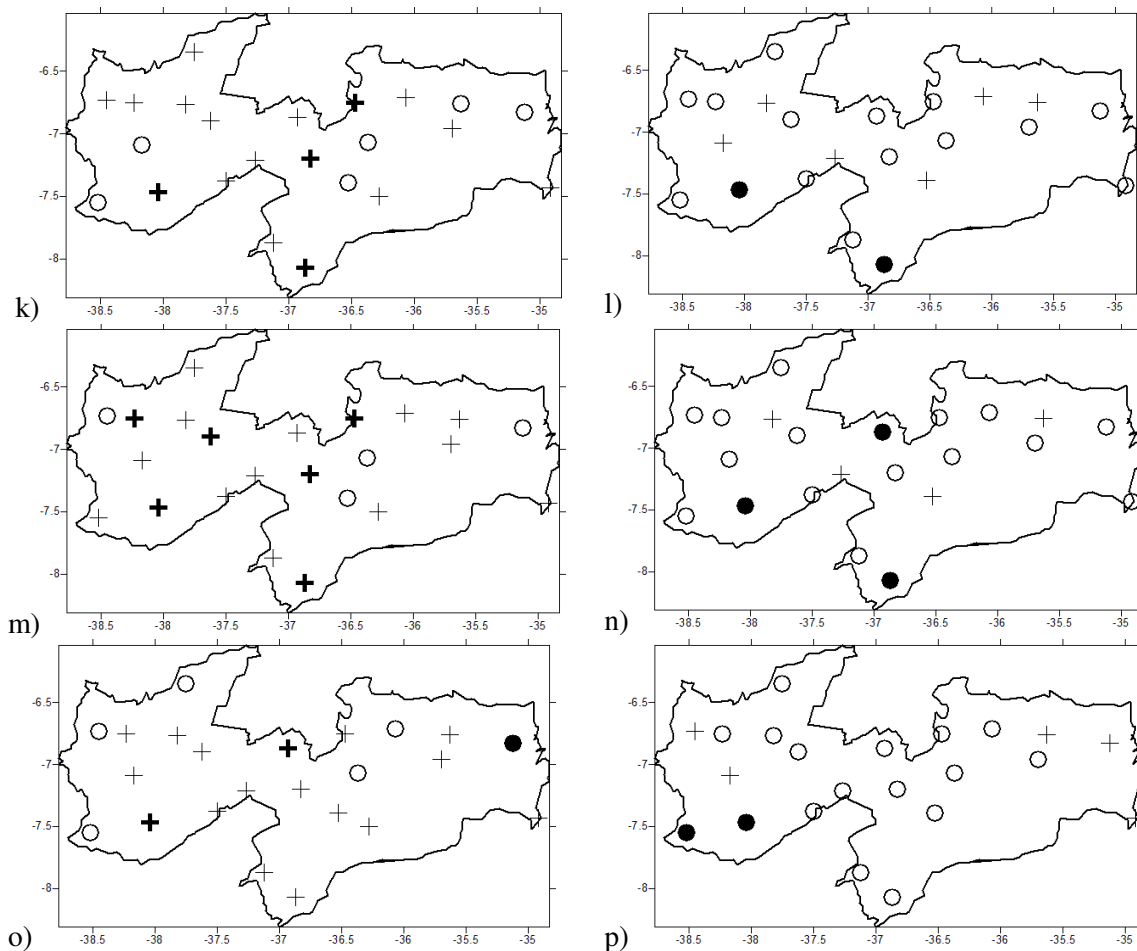


Figura 6: Distribuição espacial das tendências dos índices de extremos climáticos para o estado da Paraíba onde, a) DCS, c) DCU, e) SDII, g) Rx1day, i) Rx5day, k) PRCPTOT, m) R10 mm e o) R30 mm no período de (1935 a 1969); b) DCS, d) DCU, f) SDII, h) Rx1day, j) Rx5day, l) PRCPTOT, n) R10 mm e p) R30 mm no período de (1970 a 2004).

4.2 – CORRELAÇÕES DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS E TSM

Nessa seção, são mostrados os resultados encontrados das correlações simples feitas entre os cinco índices de extremos climáticos (DCS, DCU, R30mm, Rx5day e PRCPTOT) mais significativos para a área pesquisada e as anomalias de TSM nas regiões dos oceanos mencionados anteriormente: Niño 1+2, Niño 3, TNAI, TSAI, ODP e OMA. Aqui o período utilizado foi de 1950 a 2004, já que não existem valores registrados dos índices de anomalias de TSM, antes de 1950.

As Tabelas de 3 a 6 mostram os valores das correlações simples de TSM e os índices de extremos de precipitação para as quatro Mesorregiões do estado da Paraíba (Sertão, Borborema, Agreste e Litoral) associado as suas respectivas significâncias estatísticas, obtidas pelo teste-t de Student.

É observado através da Tabela 3, que o índice DCS no Sertão paraibano não tem correlação estatisticamente significativa ao nível de 5% com as anomalias de TSM nas regiões do Oceano Pacífico (Niño 1+2 e Niño 3) e da ODP. O que evidencia a fraca influência das anomalias de TSM destas regiões sobre a precipitação do Sertão paraibano. Em contrapartida, identifica-se a forte dependência deste índice quanto às regiões do Oceano Atlântico (TNAI e TSAI) e OMA, indicando que aumento predominante da TSM na região de TNAI acarreta no deslocamento da ZCIT para o norte inibindo a formação de chuvas sobre o norte do NEB, fato este mostrado na forte correlação positiva entre DCS e TNAI e na forte correlação negativa entre DCS e TSAI. É interessante notar, também, que os dias consecutivos secos do sertão paraibano estão fortemente correlacionados (Tabela 3) com OMA, indicando que a fase negativa (predominante no período de 1965 a 1995) desse modo de variabilidade da TSM do Atlântico influencia negativamente na precipitação sobre o Sertão paraibano. Quanto aos DCU não apresentaram nenhuma correlação com significância estatística com a TSM para o Sertão da Paraíba.

Os eventos extremos de precipitação sobre o sertão da Paraíba estão mais correlacionados com os padrões de TSM nos Oceanos Atlântico e Pacífico, fato este evidenciado pelas correlações entre os índices R30mm e Niño 1+2, Niño 3 e, altas correlações com TNAI e OMA (Tabela 3) e pelo índice Rx5day e Niño 1+2, Niño 3 (Tabela 3). Esses resultados corroboram com os apresentados para o DCS, ou seja, redução da TSM no Pacífico (La Niña) e na parte norte do Atlântico (deslocamento da ZCIT para o sul) favorece a ocorrência de chuvas extremas, isto é, iguais ou superiores a 30 mm e/ou

acumuladas em 5 dias consecutivos com chuvas, sobre a Mesorregião do Sertão da Paraíba. A correlação negativa entre R30mm e OMA indica que a fase negativa (positiva) desse modo de variabilidade da TSM do Atlântico influencia positivamente (negativamente) nos eventos extremos de precipitação sobre o Sertão paraibano. O mesmo tipo de análise feita para o índice R30mm pode ser estendida para PRCPTOT no Sertão, pois o mesmo apresenta correlações similares com as áreas previamente discutidas.

Tabela 3: Correlações entre TSM e Índices de Precipitações para a Mesorregião do Sertão na Paraíba (1950 a 2004).

	DCS	DCU	R30mm	Rx5day	PRCPTOT
ODP	-0,080	0,182	-0,122	-0,059	-0,090
OMA	0,401**	-0,066	-0,457**	-0,223	-0,512**
TNAI	0,296*	-0,058	-0,513**	-0,194	-0,528**
TSAI	-0,281*	0,158	0,167	-0,045	0,201
NIÑO 1+2	-0,019	-0,138	-0,368**	-0,308**	-0,366**
NIÑO 3	0,028	-0,103	-0,355**	-0,257*	-0,356**

* significativo para o nível de 5% (quando $r_{Cal} \geq r_{crit}$) $r_{crit} \geq 0,254$

** significativo para o nível de 1% (quando $r_{crit} \geq 0,300$)

Observa-se da Tabela 4, que o índice DCS na Mesorregião da Borborema tem correlação estatisticamente significativa ao nível de 5% apenas com a OMA, evidenciando a fraca influência das anomalias de TSM do Oceano Pacífico sobre a precipitação desta Mesorregião. O resultado indica uma correlação positiva entre o modo de variabilidade interdecadal da TSM do Atlântico (OMA) e o número de dias consecutivos secos sobre a Borborema. Os DCU corroboram com o DCS, ou seja, apresenta correlação significativa apenas com a OMA e ODP. Entretanto, a correlação negativa com a OMA testifica que esse modo de variabilidade da TSM do Atlântico tem forte influência sobre o comportamento da precipitação na Mesorregião da Borborema.

Os eventos extremos de precipitação (R30mm e Rx5day), assim como, a PRCPTOT sobre a Borborema na Paraíba estão mais correlacionados com os padrões de TSM no

Oceano Atlântico (Tabela 4), evidenciado pelas altas correlações entre os referidos índices, TNAI e OMA. Similarmente, a discussão anterior, esses resultados concordam com os apresentados para o DCS, ou seja, redução da TSM na parte norte do Atlântico (deslocamento da ZCIT para o sul) favorece a ocorrência de chuvas extremas, contribuindo para a precipitação total anual, isto é, iguais ou superiores a 30 mm e/ou acumuladas em 5 dias consecutivos com chuvas, sobre a Mesorregião da Borborema. A correlação negativa entre R30mm/Rx5day e OMA indica que a fase negativa (positiva) desse modo de variabilidade da TSM do Atlântico influencia positivamente (negativamente) nos eventos extremos de precipitação sobre a região da Borborema.

Tabela 4: Correlações entre TSM e Índices de Precipitações para a Mesorregião da Borborema na Paraíba (1950 a 2004).

	DCS	DCU	R30mm	Rx5day	PRCPTOT
ODP	-0,207	0,281*	-0,015	0,178	0,027
OMA	0,357**	-0,284*	-0,462**	-0,377**	-0,545**
TNAI	0,179	-0,173	-0,500**	-0,355**	-0,519**
TSAI	-0,105	0,118	0,107	0,087	0,188
NIÑO 1+2	0,039	-0,042	-0,172	-0,0374	-0,230
NIÑO 3	0,036	-0,049	-0,206	-0,055	-0,232

* significativo para o nível de 5% (quando $r_{Cal} \geq r_{crit}$) $r_{crit} \geq 0,254$

** significativo para o nível de 1% (quando $r_{crit} \geq 0,300$)

Na Tabela 5 é observado que o índice DCS no Agreste paraibano tem correlação estatisticamente significativa ao nível de 5% com a ODP. O que evidencia a influência das anomalias de TSM do Oceano Pacífico sobre a precipitação do Agreste paraibano. Identifica-se, também, a alta dependência deste índice com TSAI, indicando que aumento predominante da TSM nessa parte do Oceano Atlântico acarreta no deslocamento da ZCIT para o sul contribuindo para a formação de chuvas sobre o norte do NEB e, conseqüentemente, diminuindo o número de dias consecutivos secos. Já os DCU não apresentou nenhuma correlação com as TSM do Atlântico e Pacífico com significância estatística.

Os índices R30mm e Rx5day que representam os eventos extremos de precipitação sobre o Agreste da Paraíba mostraram-se bem correlacionados com os padrões de TSM nos Oceanos Atlântico e Pacífico (Tabela 5), o que pode ser observado pelas correlações entre os índices R30mm e Rx5day com significância estatística com Niño 1+2, Niño 3 e TNAI (Tabela 5). Esses resultados confirmam os apresentados para o DCS, ou seja, redução da TSM no Pacífico (La Niña) e na parte norte do Atlântico (deslocamento da ZCIT para o sul) favorece a ocorrência de chuvas extremas sobre a Mesorregião do Agreste da Paraíba. A PRCPTOT sobre o Agreste da Paraíba está fortemente correlacionada com os padrões de TSM no Oceano Atlântico (Tabela 5), evidenciado pelas fortes correlações entre os referidos índices, TNAI e OMA. O comportamento do PRCPTOT é, em parte, similar ao apresentado pelo Rx5day, o que significa dizer que a precipitação total anual do Agreste fortemente dependente dos eventos extremos de chuvas em até 5 dias consecutivos.

Tabela 5: Correlações entre TSM e Índices de Precipitações para a Mesorregião do Agreste na Paraíba (1950 a 2004).

	DCS	DCU	R30mm	Rx5day	PRCPTOT
ODP	-0,278*	0,063	-0,013	0,108	0,096
OMA	0,184	0,118	-0,181	-0,314**	-0,342**
TNAI	0,034	0,076	-0,336**	-0,269*	-0,384**
TSAI	-0,273*	-0,110	0,056	-0,037	0,154
NIÑO 1+2	-0,076	-0,071	-0,296*	-0,318**	-0,199
NIÑO 3	-0,116	-0,013	-0,282*	-0,260*	-0,166

* significativo para o nível de 5% (quando $r_{Cal} \geq r_{crit}$) $r_{crit} \geq 0,254$

** significativo para o nível de 1% (quando $r_{crit} \geq 0,300$)

Analisando a Tabela 6, identifica-se que o comportamento dos índices de extremos climáticos dependentes da precipitação para a Mesorregião do Litoral não apresenta sua variabilidade temporal dependente das anomalias de TSM dos Oceanos Pacífico e Atlântico. Devido ao Dipolo do Atlântico, caracterizado pelos índices TNAI e TSAI, é possível entender o comportamento dos índices DCS e DCU, onde ambos apresentam

correlações opostas com o TNAI, indicando que quando o deslocamento da ZCIT inibe a formação de chuvas sobre o NEB o número de dias consecutivos secos aumenta e o de dias consecutivos úmidos diminui, sendo representado pelas correlações opostas dos índices com o TNAI. O Dipolo também explica o comportamento da PRCPTOT, ou seja, a correlação negativa entre PRCPTOT e TNAI, assim como, a correlação positiva entre PRCPTOT e TSAI, caracteriza a seguinte situação: parte norte do Atlântico mais aquecida que a sul favorece o deslocamento da ZCIT para o norte e, conseqüentemente, a precipitação total anual diminui, caso contrário, aumenta, o que justifica os sinais apresentados pelos coeficientes das correlações. O comportamento da variabilidade temporal da precipitação sobre o Litoral está mais associado às brisas marítimas, linhas de instabilidade e sistemas de leste.

Tabela 6: Correlações entre TSM e Índices de Precipitações para a Mesorregião do Litoral na Paraíba (1950 a 2004).

	DCS	DCU	R30mm	Rx5day	PRCPTOT
ODP	0,118	0,192	0,003	0,034	-0,004
OMA	0,242	-0,115	-0,118	-0,059	-0,222
TNAI	0,271*	-0,276*	-0,174	-0,036	-0,298*
TSAI	0,076	0,002	0,202	0,047	0,247*
NIÑO 1+2	0,011	-0,013	-0,204	-0,248*	-0,212
NIÑO 3	0,026	0,111	-0,174	-0,193	-0,151

* significativo para o nível de 5% (quando $r_{Cal} \geq r_{crit}$) $r_{crit} \geq 0,254$

** significativo para o nível de 1% (quando $r_{crit} \geq 0,300$)

As Figuras 7 a 17 apresentam os Gráficos dos pares da variabilidade interdecadal dos índices climáticos (DCS, DCU, R30mm e PRCPTOT) e das anomalias de TSM (OMA, TNAI, Niño 1+2 e Niño 3). Ressalta-se que foram plotados apenas os pares cuja correlação apresentou significância estatística com p-valor inferior a 0,01 (1%). Conforme estabelecido na Tabela 3.

As Figuras representando os Gráficos para os pares de variáveis em que a correlação obteve p-valor entre 0,05 e 0,01 (nível de significância estatística de 5%) são apresentados no Apêndice.

A Figura 7 representa a variabilidade interanual dos índices DCS e OMA, onde a correlação ($r = 0,401$) entre eles indica, em geral, que um aumento nas anomalias positivas de OMA contribui para um aumento dos dias consecutivos secos. Também estão representadas nos Apêndices A e B as variabilidades interanuais entre DCS e TNAI, TSAI, para um nível de 5% de significância. Verifica-se que um aquecimento anômalo na região de TNAI contribui com aumento de DCS Apêndice A (TNAI e DCS) no Sertão da Paraíba, já que um aquecimento anômalo nessa área influencia no deslocamento da ZCIT para mais ao norte de sua posição predominante e em consequência inibi a produção de chuvas no NEB (SANTOS, 2006). Na Figura de TSAI e DCS (Apêndice B), um resfriamento na região de TSAI influencia aumentando os dias consecutivos secos ver-se melhor, entre 1950 a 1958, e mais aquecido, influencia em redução de DCS como entre, 1984 a 1988 e 1998 a 2002, mas observando ano a ano, quando aumenta a temperatura em TSAI também aumenta DCS e, o contrário, quando a temperatura diminui. Não é possível fazer uma discussão para o índice DCU com as anomalias de TSM para o Sertão, pois o referido índice não apresentou nenhuma correlação com significância estatística.

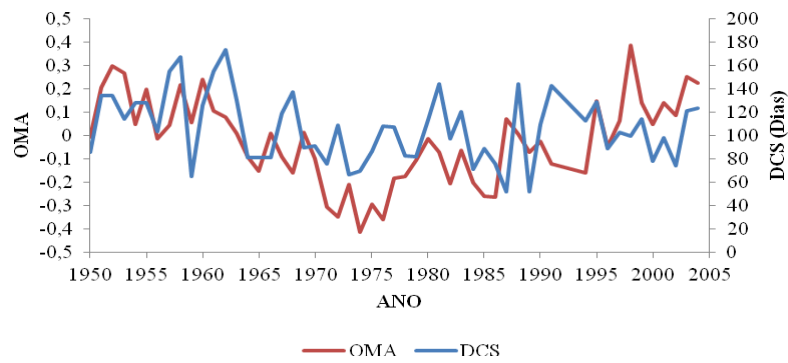


Figura 7: Variabilidade interanual dos índices OMA e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

É importante ressaltar que o fenômeno ENOS e o dipolo de temperatura da superfície do mar (TSM) no Atlântico tropical têm significativas influências na variabilidade climática do NEB (NOBRE e SHUKLA, 1996).

As Figuras de 8 a 11 estão representadas as variabilidades interanuais do índice de extremo climático, R30mm, e TSM nos Oceanos Atlântico e Pacífico nas regiões de OMA, TNAI, Niño 1+2 e Niño 3 para a Mesorregião do Sertão na Paraíba entre 1950 e 2004. Nas Figuras (8, 9, 10, e 11) observa-se que quando as anomalias de TSM nessas regiões dos Oceanos estavam positivas, as precipitações extremas acima de 30 mm ocorreram com menor frequência. Esses resultados concordam com os anteriores, ou seja, águas mais aquecida no pacífico (El Niño) contribuem influenciando para diminuir as chuvas no NEB, por se deslocar para leste a Célula de Walker, segundo (Ferreira, 2005), nesse caso, quantidade de chuvas extremas acima de 30 mm (R30mm), além do aquecimento no atlântico, na região de TNAI, que influencia no deslocamento da ZCIT para o Norte de sua posição mais frequente e inibi a produção de chuvas aqui no Nordeste em especial no Sertão da Paraíba. De acordo com as Figuras de Niño 1+2 e Niño 3 com R30mm de 1950 a 2004, 1974 e 1985 ocorreram as maiores frequências de chuvas acima de 30 mm e 1997 o ano dentro do período estudado em que as anomalias de TSM do Pacífico atingiram seus

maiores valores, 2,69 e 1,66, para as suas regiões respectivamente e, conseqüentemente o ano em que ocorreram as menores frequências de extremos de chuvas acima de 30 mm.

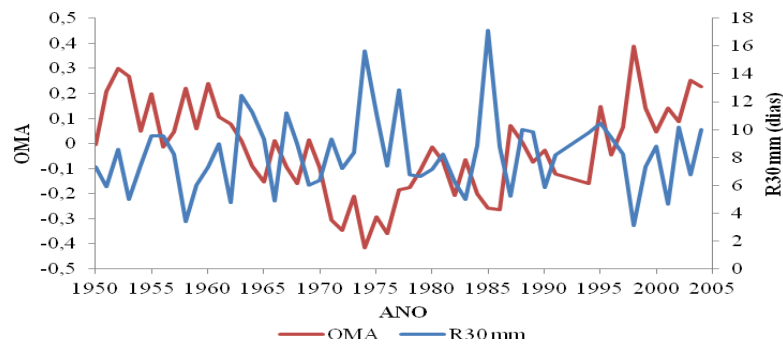


Figura 8: Variabilidade interanual dos índices OMA e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

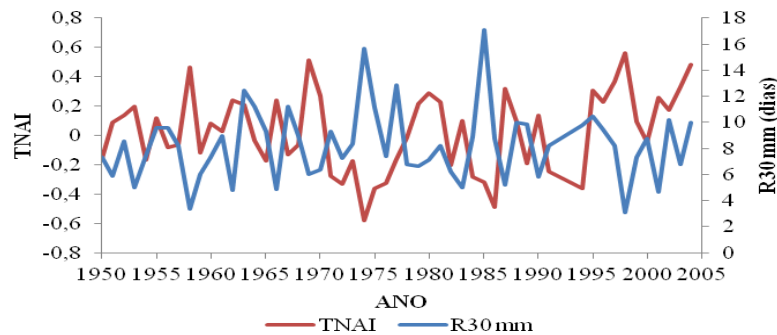


Figura 9: Variabilidade interanual dos índices TNAI e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

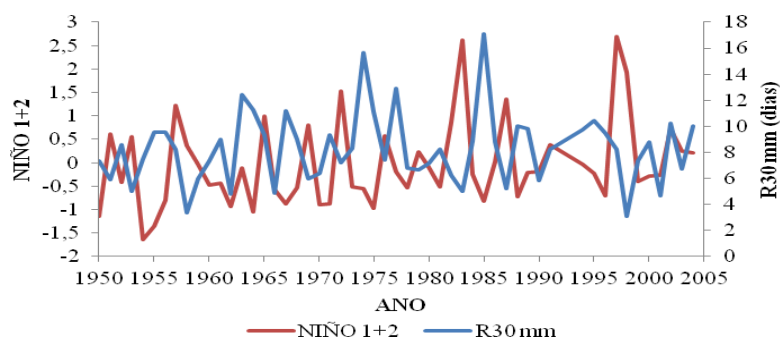


Figura 10: Variabilidade interanual dos índices Niño 1+2 e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

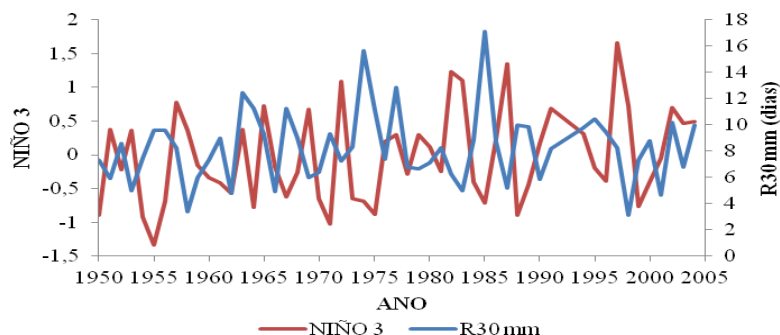


Figura 11: Variabilidade interanual dos índices Niño 3 e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

Estão representadas nas Figuras 12 e Apêndice C, as variabilidades interanuais da precipitação acumulada em cinco dias e anomalias de TSM do Pacífico nas regiões de Niño 1+2 e Niño 3 de 1950 a 2004 de acordo com as correlações apresentadas na Tabela 3 para esses índices. Semelhante aos resultados discutidos para o índice R30mm, anteriormente, verifica-se aqui também uma alta correlação ($r = -0,308$) e ($r = -0,257$) de Rx5day e anomalias de TSM do Pacífico nas regiões citadas acima. Verifica-se no geral um mesmo padrão de variabilidade interanual do índice Rx5day e os índices Niño 1+2 e Niño 3. Observa-se através das Figuras 12 e Apêndice C que as águas superficiais no Oceano Pacífico Central Leste mais frias que a normal (La Niña) influencia aumentando os acumulados de precipitação em cinco dias no NEB e em especial na Mesorregião do Sertão da Paraíba, o oposto ocorre quando as águas estão mais aquecidas que a normal (El Niño) no Pacífico, pois o aquecimento anômalo das águas nessa região faz desloca-se para leste de sua posição normal a Célula de Walker (Ferreira, 2005) fazendo com que o movimento descendente do ar nos altos níveis ocorra sobre o nordeste do Brasil e, reduza a formação

de nuvens indutoras de chuvas nessa Região. Também se observa nessas Figuras entre 1950 e 1980 aproximadamente que os acumulados de chuvas em cinco dias seguiram uma tendência de aumento, mas a partir de 1980 uma tendência de diminuição concordando com as tendências apresentadas nas Figuras 6i e 6j para a região do Sertão da Paraíba, em ambos os casos, tendências sem significância estatística.

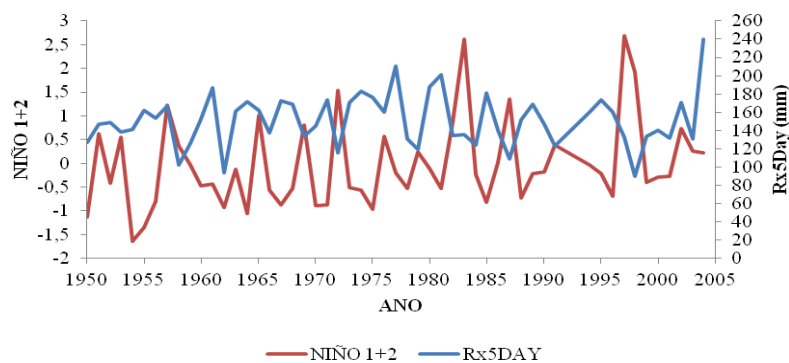


Figura 12: Variabilidade interanual dos índices Niño 1+2 e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

São mostradas nas Figuras de 13 a 16 as variabilidades interanuais do índice de extremo climático, PRCPTOT, e os índices de anomalias de TSM nos Oceanos Atlântico e Pacífico no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba. Os mesmos padrões são verificados nas Figuras, pois quando as anomalias de TSM estavam positivas, as precipitações totais estavam reduzidas, o que indica que um aquecimento anômalo nas águas superficiais dos Oceanos nas regiões de OMA, TNAI, Niño 1+2 e Niño 3 contribui para uma redução de PRCPTOT no NEB e, na Paraíba. É interessante verificar através da Figura 13 que quando a TSM na região de OMA estava mais aquecida que o normal, as precipitações na parte oeste do Estado tinham diminuído e, o oposto, quando a TSM na região citada estava mais fria que o normal. Esse padrão é bem marcante na Figura 13 (OMA e PRCPTOT), onde nos períodos de 1950 a 1965 e 1998 a 2004 quando a TSM

estava positiva e as precipitações totais baixas e no período de 1970 a 1980 a TSM negativa e as precipitações mais elevadas. As altas correlações negativas de TNAI e PRCPTOT, Niño 1+2 e Niño 3 com PRCPTOT, explicam melhor a redução de chuvas na Região, pois as águas mais quentes na região de TNAI influencia no deslocamento da ZCIT para o norte de sua posição de frequência e associada com as águas mais aquecidas (El niño) no Pacífico Equatorial Central Leste inibem a produção de chuvas nessa Região. Pois um aquecimento anômalo das águas equatorial do Pacífico Leste faz deslocar o posicionamento da Célula de Walker e devido à circulação atmosférica, o ar quente e ascendente sobre aquela região é empurrado, originando uma célula descendente sobre o Oceano Atlântico, próximo à região Nordeste do Brasil (FERREIRA, 2005). Devido ao ar descendente próximo do NEB e o deslocamento da ZCIT para o norte, a formação de nuvens produtoras de chuvas é inibida e conseqüentemente diminuída a ocorrência de chuva na Região.

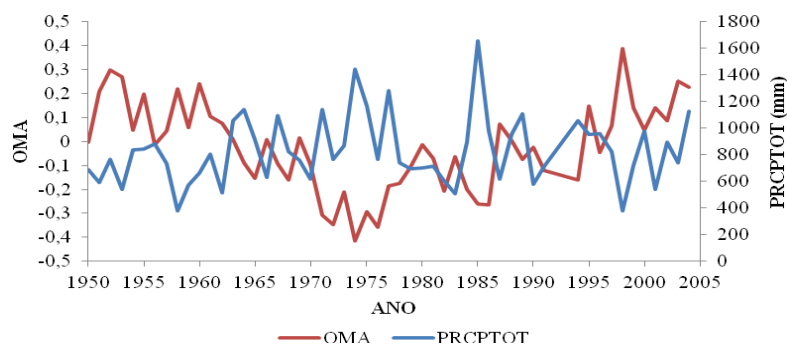


Figura 13: Variabilidade interanual dos índices OMA e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

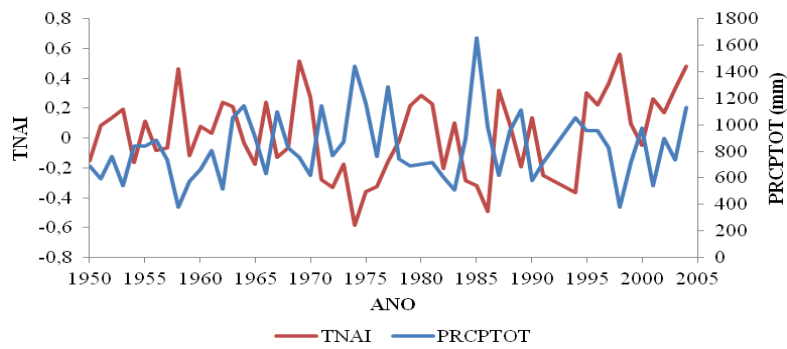


Figura 14: Variabilidade interanual dos índices TNAI e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

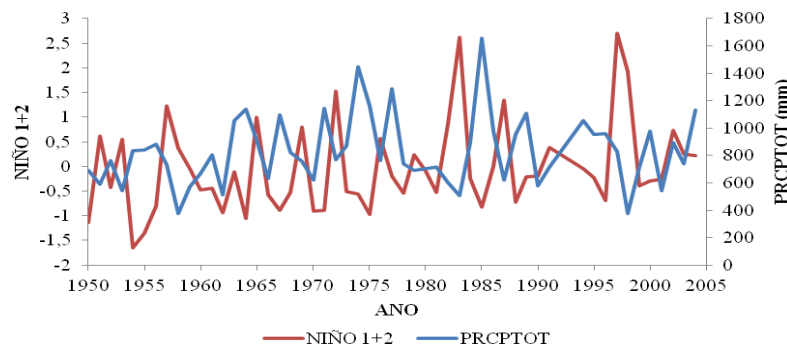


Figura 15: Variabilidade interanual dos índices Niño 1+2 e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

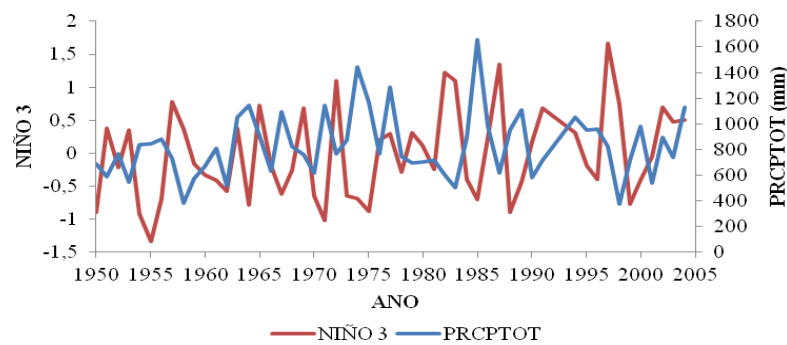


Figura 16: Variabilidade interanual dos índices Niño 3 e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

São apresentadas as variabilidades interanuais dos índices de extremos climáticos (DCS, R30mm, Rx5day e PRCPTOT) e índices de TSM (OMA e TNAI) através das Figuras de 17 a 23 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba de 1950 a 2004, como também as variabilidades interanuais do índice de extremo climático (DCU) e o índice de TSM (ODP e OMA) através dos Apêndices D e E para a mesma Mesorregião do Estado no mesmo período.

De acordo com a correlação ($r = 0,357$) de DCS e OMA na Tabela 4, um aumento de OMA significa um aumento também de DCS. É possível observar na Figura 17 um padrão no geral de DCS com OMA no período estudado, mas é verificável que ano a ano quando aumenta o índice (OMA) também aumenta o número de dias consecutivos secos na Borborema, mas em alguns anos são verificadas algumas contradições, ou seja, quando aumenta a temperatura da superfície do mar nessa região os dias consecutivos secos diminuíram e o oposto quando diminuiu o valor da TSM em OMA. Como se pode ver essa contradição na Figura 17 os anos de 1964 e 1972 com anomalias negativas e 47 (baixo) e 178 (alto) dias consecutivos secos como também 1998 TSM positiva e 73 dias consecutivos secos. Possivelmente, outro padrão de TSM poderia estar atuando nesses anos para que ocorresse essa contradição, ou, um sistema meteorológico atuando e diminuindo/aumentando os DCS. De 1950 a até aproximadamente 1975 ver-se um padrão de tendência negativas de ambos os índices e após esse período essa tendência se torna positiva até 2004 (termino do período desse estudo).

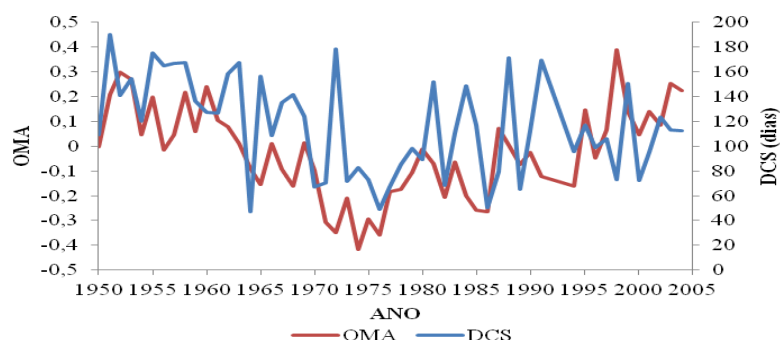


Figura 17: Variabilidade interanual dos índices OMA e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.

Segundo Gershunov e Barnett (1998) a ODP e o ENOS podem ter efeitos combinados na distribuição anômala de precipitação em algumas regiões, agindo “construtivamente” (“destrutivamente”), com anomalias fortes (fracas) e bem (mal) definidas quando elas estão na mesma fase (fases opostas) (SILVA e GALVÍNCIO, 2011).

As Figuras para o índice DCU e os índices de TSM (ODP e OMA) são mostradas nos Apêndices D (ODP e DCU) e E (OMA e DCU) para um nível de significância de 5%. É notável no Apêndice D um padrão de ambos os índices durante o período estudado, como também, anomalias positivas contribuem para os números de dias consecutivos úmidos diminuírem, como na sua fase quente segundo (Molion, 2005), a partir de 1976 aproximadamente, até 2004. Já no Apêndice E pode-se ver melhor a influência de OMA sobre DCU na Borborema, onde, as anomalias positivas da OMA contribuem para uma diminuição dos dias consecutivos úmidos nesse setor da Paraíba e o oposto quando as anomalias estavam negativas.

Nas Figuras 18 e 19 estão apresentadas as variabilidades interanuais do índice de extremo climático R30mm e da TSM no Atlântico nas regiões de OMA e TNAI. São bem notáveis nas Figuras 18 e 19 que as anomalias positivas de OMA e TNAI contribuem para uma redução das chuvas acima de 30 mm e, anomalias negativas, para aumento das chuvas

acima de 30 mm, concordando assim, com as correlações entre esses índices na Tabela 4. Também se pode ver através dessas Figuras que a partir da década de 70 há uma tendência de diminuição dessas chuvas, consideradas extremas (R30mm), até 2004 concordando com a tendência para R30mm apresentada na Figura 6p, onde 17 localidades das 23 analisadas na Paraíba apresentaram tendências de redução das chuvas acima de 30 mm para o período estudado de 1970 a 2004. É visto também nas Figuras que 1985 foi o ano em que ocorreu o maior número de chuvas extremas de 30 mm.

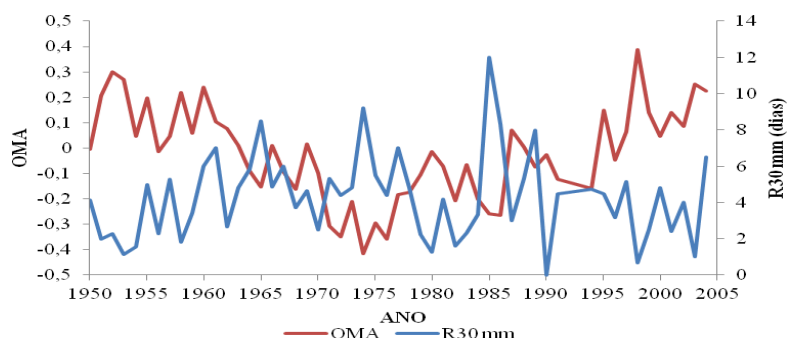


Figura 18: Variabilidade interanual dos índices OMA e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.

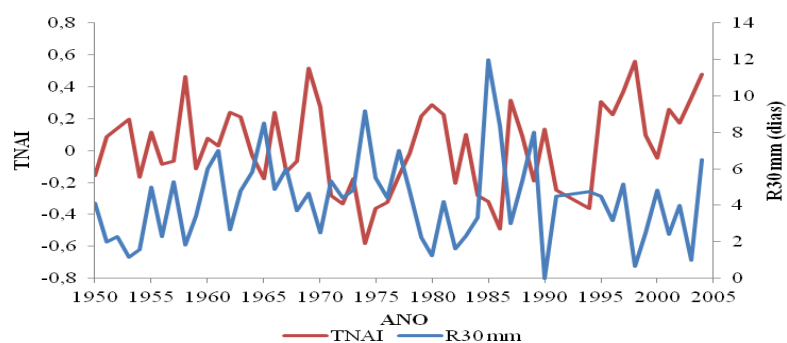


Figura 19: Variabilidade interanual dos índices TNAI e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.

Nas Figuras 20 e 21 estão apresentadas as variabilidades interanuais do índice de extremo climático Rx5day e da TSM no Atlântico nas regiões de OMA e TNAI. Semelhantemente ao índice R30mm, aqui Rx5day também é influenciado por OMA e TNAI, ou seja, quando as anomalias de ambos os índices de TSM estavam positivas (negativas) os eventos máximos em cinco dias tinham diminuídos (aumentados). Observam-se em ambas as Figuras que 1985 foi o ano em que ocorreu o maior evento de chuva máxima em cinco dias, mesmo assim, não foi o ano em que as anomalias de TSM de ambos os índices nessas regiões não foram as mais baixas, respectivamente.

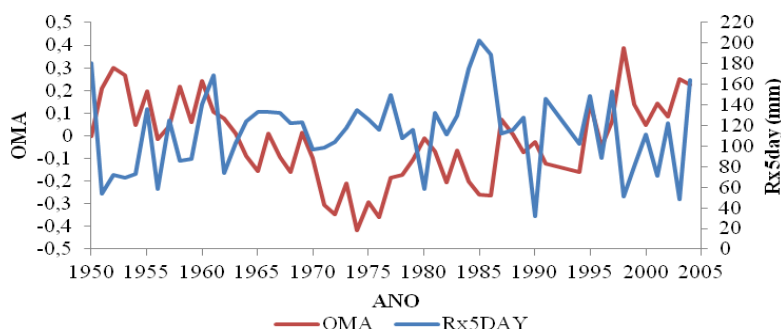


Figura 20: Variabilidade interanual dos índices OMA e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.

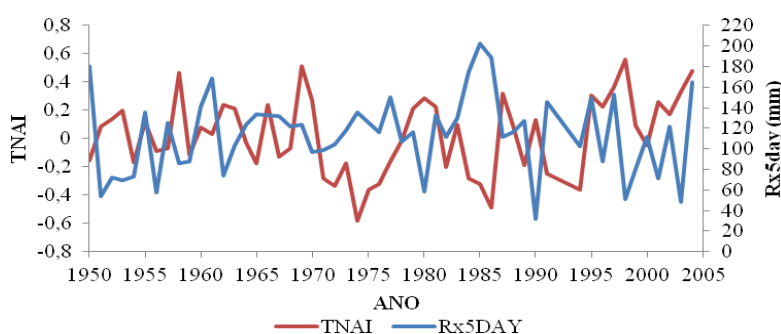


Figura 21: Variabilidade interanual dos índices TNAI e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.

Nas Figuras 22 e 23 estão apresentadas as variabilidades interanuais do índice de extremo climático PRCPTOT e das anomalias de temperatura na superfície do mar nas regiões de OMA e TNAI. Como nas discussões anteriores, aqui também são verificados os mesmos padrões de variabilidades dos índices. Quando as temperaturas da superfície do mar nas regiões citadas estavam mais aquecidas, se verifica que as precipitações totais na Mesorregião da Borborema tinham diminuído. Na fase fria (fase quente) de OMA segundo (Molion, 2005), as chuvas na Borborema tinham aumentado (diminuído). Também é verificado que 1985 foi o ano que ocorreu a maior precipitação total da série estudada nesse setor da Paraíba. Observa-se aqui também uma tendência de diminuição das precipitações totais a partir da década de 70 até 2004 concordando com as tendências para PRCPTOT na Figura 6l, onde 5 localidades das 6 estudadas na Borborema apresentaram tendências negativas de precipitação total para o período de 1970 a 2004.

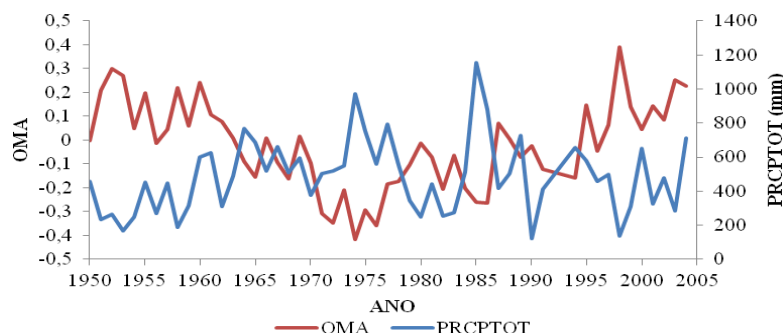


Figura 22: Variabilidade interanual dos índices OMA e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.

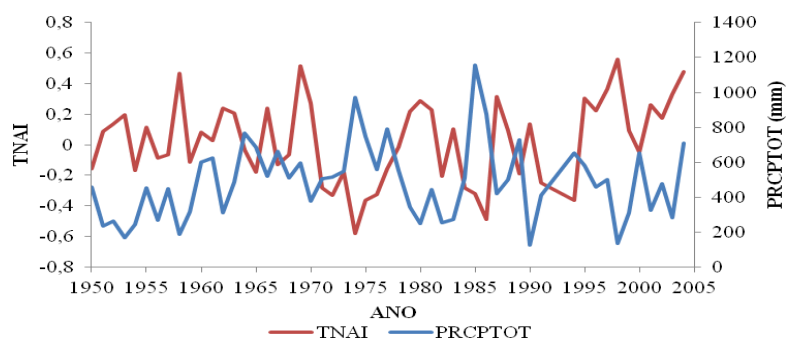


Figura 23: Variabilidade interanual dos índices TNAI e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.

De acordo com os níveis de significâncias apresentados na Tabela 5 e para um nível de 1% como determinado na Tabela, os índices climáticos que apresentaram correlação estatisticamente significativa com a TSM (OMA, TNAI e NIÑO 1+2) foram R30mm, Rx5day e PRCPTOT, daí então, as Figuras de 24 a 28 referentes a essas correlações apresentam as variabilidades interanuais para esses índices no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.

Observa-se através da Figura 24 as variabilidades interanuais de R30mm e TNAI e verifica-se que o aquecimento anômalo das águas do Atlântico Tropical na região de TNAI influencia na diminuição da frequência de chuvas extremas acima de 30 mm no Agreste da Paraíba, isso, por que o aquecimento das águas superficiais nessa região faz deslocar o posicionamento do principal sistema meteorológico produtor de chuvas (ZCIT) no norte da região nordeste do Brasil para mais ao norte de sua posição mais frequente. Dessa maneira inibe a formação de nuvens indutoras de chuvas na Região. De acordo ainda com a Figura 1961, 1974, 1985 e 1986 foram os anos que ocorreram chuvas extremas de 30 mm com maior frequência no Agreste da Paraíba no período estudado.

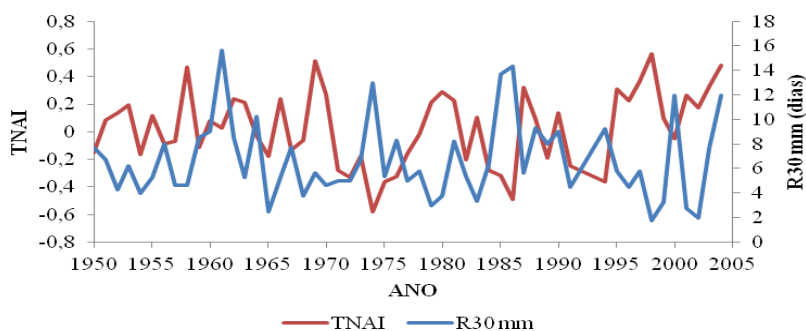


Figura 24: Variabilidade interanual dos índices TNAI e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.

Na Figura 25 que apresenta as variabilidades interanuais de Rx5day e OMA, quando essas oscilações estavam mais aquecidas, os eventos máximos de cinco dias diminuíram e quando essas Oscilações estavam mais frias verifica-se que esses eventos de cinco dias aumentaram. Ainda na Figura 25 o ano de 1974 foi o ano com maior evento máximo de cinco dias. Na Figura 26 são apresentadas as variabilidades interanuais de Rx5day e Niño 1+2 e é observado um padrão de que quando estavam mais frias as águas do Pacífico na região de Niño 1+2, os eventos máximos de cinco dias estavam mais elevados e quando estavam aquecidas as águas nessa região, os eventos de cinco dias tinham diminuído.

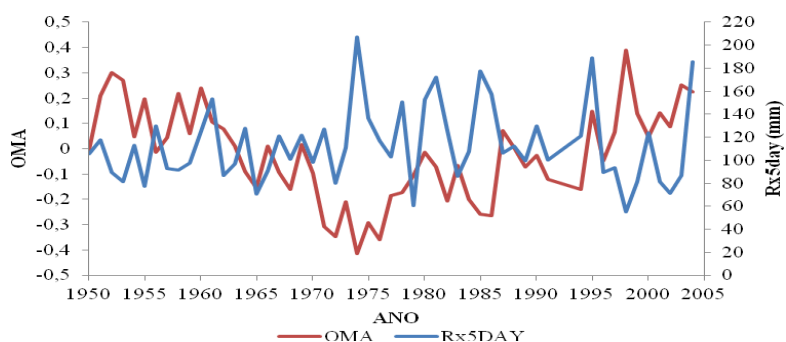


Figura 25: Variabilidade interanual dos índices OMA e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.

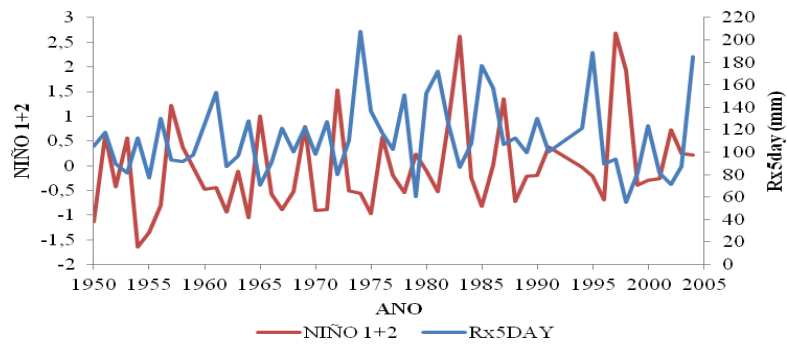


Figura 26: Variabilidade interanual dos índices Niño 1+2 e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.

Já nas Figuras 27 e 28 estão apresentadas as variabilidades interanuais de PRCPTOT com OMA e TNAI. É visto através da Figura 27 que as precipitações totais no Agreste da Paraíba sofreram influências das Oscilações Multidecadal do Atlântico no período estudado (1950 a 2004), pois se observa que quando as águas superficiais nessa região do Atlântico estavam mais aquecidas que a normal os totais precipitados de água diminuíram e quando estavam mais frias que a normal os totais de chuvas tinham aumentado. Da mesma maneira, a Figura 28 que se verifica que quando há um aumento das anomalias positivas de TSM na região de TNAI os totais precipitados diminuíram, na série analisada, mais uma vez isso deve ter ocorrido por que essa área mais aquecida que a normal faz deslocar a ZCIT para o norte e inibi a formação de nuvem produtora de chuvas no NEB e como nos resultados apresentados anteriores também aqui o ano que mais choveu foi o de 1985 nessa região da Paraíba.

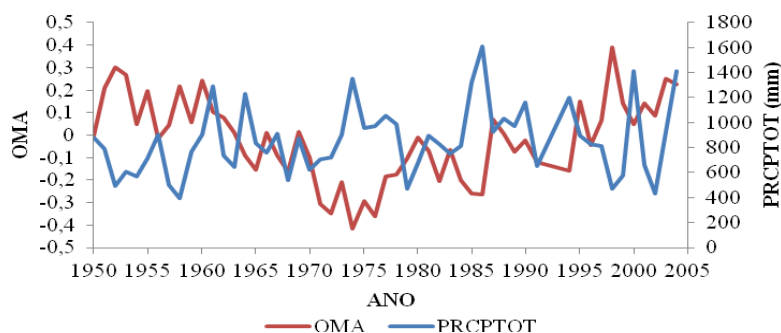


Figura 27: Variabilidade interanual dos índices OMA e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.

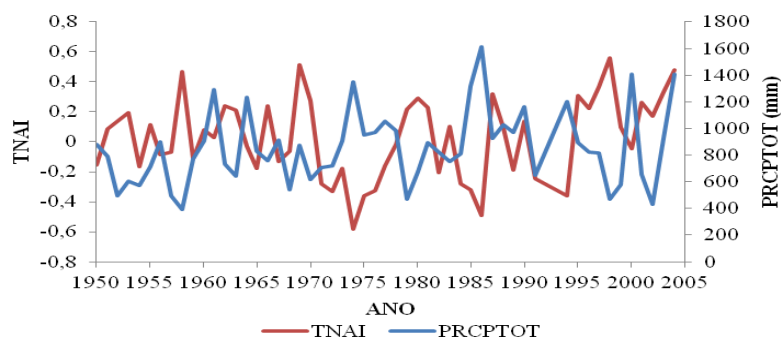


Figura 28: Variabilidade interanual dos índices TNAI e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.

Nas Figuras dos Apêndices F (ODP e DCS) e G (TSAI e DCS) apresentam as variabilidades interanuais desses índices para o Agreste da Paraíba no período de 1950 a 2004, o mesmo, para o nível de significância estatística de 5%. Da mesma forma, um aumento das anomalias positivas de ODP e TSAI faz diminuir o número de dias consecutivos secos no NEB e em especial no Agreste da Paraíba, já que na fase quente da ODP segundo Mantua et al. (1997) e Molion (2005) e associada a um aquecimento anômalo do Atlântico na região de TSAI faz deslocar para o sul de sua posição normal, a ZCIT, que, conseqüentemente, contribui para a formação de nuvens produtoras de chuvas na Região e daí, reduzindo o número de dias consecutivos secos. Nos Apêndices H (Niño

1+2 e R30mm) e I (Niño 3 e R30mm) também se verificam que um aumento nas anomalias positivas das águas do Pacífico Leste (deslocamento da Célula de Walker para leste), mais preciso, nas regiões de Niño 1+2 e Niño 3 contribuem para uma diminuição dos eventos de chuvas extremas acima de 30mm na Mesorregião do Agreste da Paraíba e, associado a um aumento nas águas superficiais do Atlântico na região de TNAI (desloca a ZCIT para o norte) influencia para a redução de chuvas máxima em cinco dias, já que a ZCIT mais ao norte inibi a formação de nuvens indutoras de chuvas no NEB, Apêndices J (TNAI e Rx5day) e K (Niño 3 e Rx5day).

Segundo Sousa et al., (2008) quando analisou dados diários de precipitação entre 1941 e 2004 na usina Cruangi em Timbaúba, no litoral leste do nordeste do Brasil concluíram que essa região sofre grande influencia da ODP, onde, verificaram uma redução na precipitação total e até mesmo nos dias chuvosos na sua fase fria (SOUSA, 2010).

Com relação a Mesorregião do Litoral da Paraíba, nenhuma correlação apresentou resultado com nível de significância estatística de 1% (Tabela 6), e de acordo com a mesma Tabela, para um nível de significância estatística de 5% são apresentadas nos Apêndices, as variabilidades interanuais para o Litoral do Estado, para os índices de extremos climáticos (DCS, DCU e PRCTOT) e índices de TSM (TNAI) no período de 1950 a 2004. De acordo com a correlação de TNAI e DCS, DCU e PRCPTOT (Tabela 6) e observando os Apêndices L, M e N verifica-se que um aumento das anomalias positivas de TNAI contribui para um aumento do número de dias consecutivos secos e uma diminuição dos dias consecutivos úmidos como também influencia para uma redução dos totais precipitados na Mesorregião, isso, por que o aquecimento anômalo na região de TNAI influencia no deslocamento da Zona de Convergência Intertropical para o norte de sua

posição predominante. Dessa forma inibi a formação de nuvens que induz chuva no Nordeste e principalmente no Litoral da Paraíba.

5 - CONCLUSÃO

Conclui-se que o Estado da Paraíba no período de 1935 a 1969 apresentou um padrão mais definido dos índices de eventos extremos de precipitação que no período de 1970 a 2004, onde esses índices apresentaram um comportamento com tendência de aumento com, ou, sem significância estatística na maioria das localidades analisadas no primeiro período e, inverteram-se no segundo período.

Pode-se concluir com as altas correlações entre os Índices, que os índices de eventos extremos de precipitação no Sertão da Paraíba estão mais associados com as anomalias de TSM nas regiões dos Oceanos Atlântico e Pacífico Equatorial Central Leste, como também, das Oscilações Multidecadal do Atlântico. Quanto aos índices de eventos extremos de precipitação da Borborema e do Agreste na Paraíba são mais correlacionados com os índices de TSM do Atlântico na região de TNAI e da OMA. Já os índices de eventos extremos de precipitação na mesorregião do Litoral da Paraíba, se pode afirmar que estão mais dependentes das brisas marítimas, linhas de instabilidade e sistemas de leste.

De maneira geral conclui-se também que os índices de eventos extremos de precipitação sobre as Mesorregiões do Estado da Paraíba, exceto o Litoral, são intensificados, quando estão associados os aquecimentos (resfriamentos) anômalos do Pacífico Central Leste com aquecimentos (resfriamentos) anômalos do Atlântico Tropical (nas regiões de TNAI e TSAI), como também, com as fazes quentes (frias) das Oscilações Multidecadal do Atlântico.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, E.; PETERSON, P.; OBANDO, R.; FRUTOS, R.; RETANA, J. A.; M. S.; SOLEY, J.; GARCIA, I. G.; ARAUJO, R. M.; SANTOS, A. RO.; VALLE, V. E.; BRUNET, M.; AGUILAR, L.; ÁLVAREZ, L.; BAUTISTA, M.; CASTAÑÓN, C.; HERRERA, L.; RUANO, E.; SINAY, J. J.; SÁNCHEZ, E.; OVIEDO, G. I. H.; OBED, F.; SALGADO, J. E.; VÁZQUEZ, J. L.; BACA, M.; GUTIÉRREZ, M.; CENTELLA, C.; ESPINOSA, J.; MARTÍNEZ, D.; OLMEDO, B.; ESPINOZA, C. E. O.; NÚÑEZ, R.; HAYLOCK, M.; BENAVIDES, H.; MAYORGA, R. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961-2003. **Journal of Geophysical Research**, v. 110, D23107, doi: 10.1029/2005JD006119, 2005.

AESA-PB: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. www.aesa.pb.gov.br/.

ALEXANDER, L. V., X. ZHANG, T. C. PETERSON, J. CAESAR: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Geophysical Research Letters**, 33, L03706, doi: 10.1029/2005GL024954, 2006.

ARAGÃO, J. O. Um estudo da estrutura das perturbações sinóticas do nordeste do Brasil. Tese de Mestrado em Meteorologia. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 155p. 1975.

ARAGÃO, J. O. R. **A Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico na Dinâmica do Tempo e do Clima do Nordeste do Brasil**. Recife, PE. 2002.

ARAÚJO, W. S.: **DETECÇÃO DE TENDÊNCIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA OS ESTADOS DA BAHIA E SERGIPE POR MEIO DE ÍNDICES**

PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS. Dissertação de Mestrado. Campina Grande – PB. 127p., 2009.

AZEVEDO, P. V., B. B. DA SILVA E M. F. G. RODRIGUES. Previsão Estatística das Chuvas de Outono no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, nº 1, 19-30, 1998.

BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, nº 5, p. 717-726, 2001.

BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. M. N.; RIBEIRO, R. E. P. Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, p. 286-299, 2011.

BRYANT, E. Natural Hazards, Cambridge: Cambridge University Press, 294 p., 1991.

BUZZI, A.; TARTAGLIONE, N; CACCIAMANI, C; PACCAGNELLA, T.; PATRUNO, P. Preliminary meteorological analysis of the Piedmont fold of November 1994. Mesoscale Alpine Programme **Newsletter**, 1995.

CANADIAN INTERNATIONAL DEVELOPMENT AGENCY, 2004.

CAVALCANTI, I. F. A. **Um estudo Sobre Interações Entre Sistemas de Circulação de Escala Sinótica e Circulações Locais.** Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. 121 p., 1982.

CHU, P. S. Diagnostic studies of rainfall anomalies in Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, n.111, p.1655-1664, 1983.

ESPINOZA, E. S. **Distúrbios nos ventos de leste no Atlântico tropical**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, INPE, São Paulo. 120f., 1996.

ETCCDMI - Expert Team on Climate Change Detection, **Monitoring and Índices** (<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/>) disponível na UACA/UFCG.

FEDOROVA, N. **Meteorologia Sinótica**. v2, 242 p, Editora e gráfica Universitária-UFPel, 2001.

FERREIRA, A. G; MELLO, G. S, NGS. Principais Sistemas Atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n° 1, p. 15 – 28, 2005.

FOLLAND, C. K., MILLER, C.; BADER, D.; CROWE, M.; JONES, P.; PLUMNER, N.; RICHMAN, M.; PARKER, D. E.; ROGERS, J.; SCHOLEFIELD, P. Workshop on indices and indicators for climate extremes, Asheville, NC, USA, 3– 6 June 1997, Breakout Group C: Temperature indices for climate extremes, **Climate Change**, v. 42, p. 31–43, 1999.

FOLLAND, E. J., HANSEN-BAUER, I. Increased precipitation in the Norwegian Arctic: True. **Climate Change**, v. 46, p. 485– 509, 2000.

FREITAS, R. A. P.; LINDEMANN, D.; SOUZA, L. S.; FARIAS, H.; SANTOS, M.; ELSON, A.; CASAGRANDE, F.: **Análise de Séries Temporais de Vazão e Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus**. Alunos de Pós-Graduação de Meteorologia Agrícola – UFV e Centro Regional de Pesquisas Espaciais (CRS) – INPE/Santa Maria – RS, 2010.

FUNCEME/DEMETS - Fundação Cearense de Meteorologia e Departamento de Meteorologia, 2005.

GAN, M. A. E KOUSKY, V. E. Um Estudo Observacional sobre as Baixas Frias da Alta Troposfera nas Latitudes Subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil. INPE, São José dos Campos, SP. 25 p., 1982.

GERSHUNOV, A.; BARNETT, T. P. Interdecadal modulation of ENSO teleconnections. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 79, p. 2715–2725, 1998.

GRIFFITHS, G. M.; SALINGER, M. J.; LELEU, I. Trends in extreme daily rainfall across the South Pacific and relationship to the South Pacific Convergence Zone. **International Journal of Climatology**, v. 23, p. 847 – 869, 2003.

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. **Annales Geophysical**, v. 4, p. 385-400, 1986.

HAYLOCK, M.R.; PETERSON, T.C.; ALVES, L.M.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIACÃO, Y.M.T.; BAEZ, J.; BARROS, V.R.; BERLATO, M.A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; GARCIA, V.J.; GRIMM, A.M.; KAROLY, D.; MARENGO, J.A.; MARINO, M.B.; MONCUNILL, D.F.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J.L.; TREBEJO, I.; VINCENT, L.A. Trends in total and extreme South American rainfall 1960–2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate** v.19, p. 1490–1512, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2002. <http://www.ibge.gov.br>, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. <http://www.ibge.gov.br>, 2011.

IPCC. Climate Change. **The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v.107, p.1140-1153, 1979.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclones vórtices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, v.33, p. 538-551, 1981.

MANTON, M. J.; DELLA-MARTA, P. M.; HAYLOCK, M. R.; HENNESSY, K. J.; NICHOLLS, N.; CHAMBERS, L. E.; OLLINS, D. A. C.; DAW, G.; FINET, A.; GUNAWAN, D.; INAPE, K.; ISOBE, H.; KESTIN, T. S.; LEFALE, P.; LEYU, C. H.; LWIN, T.; MAITREPIERRE, L.; OUPRASITWONG, N.; PAGE, C. M.; PAHALAD, J.; PLUMMER, N.; SALINGER, M. J.; SUPPIAH, R.; TRAN, V. L.; TREWIN, B.; TIBIG, I.; YEE, D. Trends in Extreme Daily and Temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961 – 1998. **International Journal of Climatology**. v. 21, p. 269 – 284, 2001.

MANTUA, N. J.; HARE, S. R.; ZHANG, Y.; WALLACE, J. M.; FRANCIS, R. C.: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. **Bulletin of the American Meteorological Society**., v. 78, p. 1069-1079, 1997.

MARENGO, J. A.; RUSTICUCCI M.; PENALBA, O.; RENOM, M. NA intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. **Climatic Change**. v. 98, p. 509–529, 2010.

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

MOLION, L. C. B. Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico, **Revista Climanálise**, 2005.

NICHOLLS, N. Long-term climate monitoring and extreme events. **Climatic Change**, v.31, p. 231-245, 1995.

NICHOLLS, N.; GRUZA, G. V.; JONZEL, J.; KARL, T. R.; OGALLO, L. A.; PARKER, D. E. **Observed climate variability and change**. In *Climate Change 1995*. Houghton, J. T.; Filho, M. L. G.; Callander, B. A.; Harris, N.; Kattenberg, A.; Maskell, K(eds). Cambridge University Press: Cambridge; 133–192, 1996.

NICHOLLS, N.; MURRAY, W. Workshop on indices and indicators for climate extremes: Asheville, NC, USA, 3–6 June 1997 Breakout Group B: precipitation. **Climatic Change**, v.42, p. 23–29, 1999.

NOAA - National Oceanic And Atmospheric Administration (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>).

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v. 9, p. 2464- 2479, 1996.

NÓBREGA, J. N. **Estudo da Relação entre Monitoramento Climático e Produção Agrícola de Grãos nos Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará**. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia). Universidade Federal de Campina grande. Campina Grande – PB. 32 p., 2008.

PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B. Variabilidade de meso-escala e interação Oceano Atmosfera no Atlântico Sudoeste. In: Iracema F. A. Cavalcanti; Nelson J. Ferreira; Maria Assunção F.

Dias; Maria Gertrudes A. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 385-405, 2009.

Projeto Análise do Mapeamento e das Políticas para Arranjos Locais no Norte, Nordeste e Mato Grosso e dos Impactos dos Grandes Projetos Federais no Nordeste. <http://www.politicaapls.redesist.ie.ufrj.br/>, 2010.

RODRIGUES, R. A.; SANTOS, R. S. Estudo de Tendência Climática na Série Temporal de Precipitação Pluviométrica em Araguari (MG) **Revista Geográfica Acadêmica**, v.1, p. 20-27, 2007.

SALINGER, M. J.; GRIFFITHS, G. M. Trends in New Zealand daily temperature and rainfall extremes. **International Journal of Climatology**, v. 21, p. 1437–1452, 2001.

SANTOS, C. A. C. S. **Estimativas e Tendências de Índices de Detecção de Mudanças Climáticas com Base na Precipitação Diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas. Campina Grande, 115 p, 2006.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B. Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 303–312, 2007.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B.; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A.; Tendência dos Índices de Precipitação no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, p. 39-47, 2009

SANTOS, C. A. C.; NEALE, C. M. U.; RAO, T. V. R.; SILVA, B. B. Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation over Utah, USA. **International Journal of Climatology**. v 31, p. 1813 – 1822, 2010.

SILVA, D. F.; GALVÍNIO, J. D. Estudo da Influência da Oscilação Decadal do Pacífico no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 04, p. 665 – 676, 2011.

SNEYERS, R. Sur l'analyse statistique des séries d'observations. Genève: Organisation Météorologique Mondiale. 192 p. (OMM Note Technique, 143), 1975.

SOUSA, A. J. S.; MOLION, L. B.; JUNIOR, S. B. S.; SOUSA, J. R. A.; Comportamento da Precipitação em Timbaúba (Neb) e Relações com a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). **Anais do XV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, São Paulo, 2008.

SOUSA, A. J. S. **EVNENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NO LESTE DA AMAZÔNIA**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió. 110 p., 2010.

SOUZA, E. B., ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. Um Complexo Convectivo de Mesoescala Associado à Precipitação Intensa sobre Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, p. 1-14, 1998.

SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. INFLUÊNCIA DOS OCEANOS PACÍFICO E ATLÂNTICO NA ESTAÇÃO CHUVOSA DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, p. 277-283, 1998.

TREWIN, B. C.; TREVITT, A. C. F. The development of composite temperature records. **International Journal of Climatology**, v.16, p. 1227–1242, 1996.

TUCCI, C. E. M. E BRAGA, B. **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**, coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 9, 2003.

UVO, C. R. B. **A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte e nordeste brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). São José dos Campos, INPE, São Paulo. 215f., 1989.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. PAX Gráfica e Editora Ltda, 2ª Edição, 532 p., 2001.

VISHER, S. S. **Tropical cyclones of the Pacific**. Honolulu, Bernice T. Bissop Museum. **Bulletin**. v. 20, p.163, 1925.

ZHANG, X.; YANG, F. **RClimDex (1.0) User Guide**. Climate Research Branch Environment Canada: Downsview, Ontario, Canada, 2004.

7 – APÊNDICE

Apêndice A

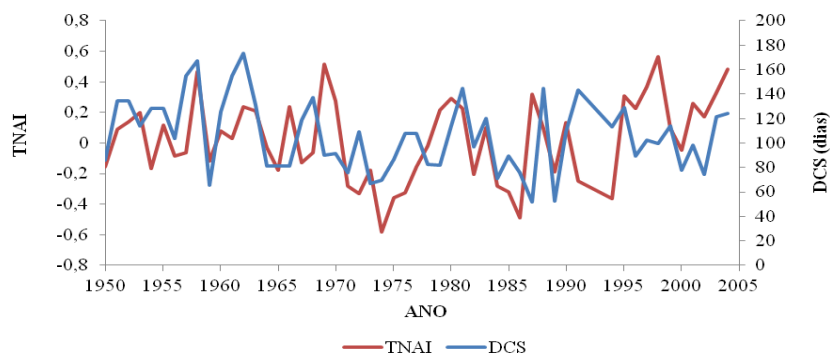


Figura 29: Variabilidade interanual dos índices TNAI e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

Apêndice B

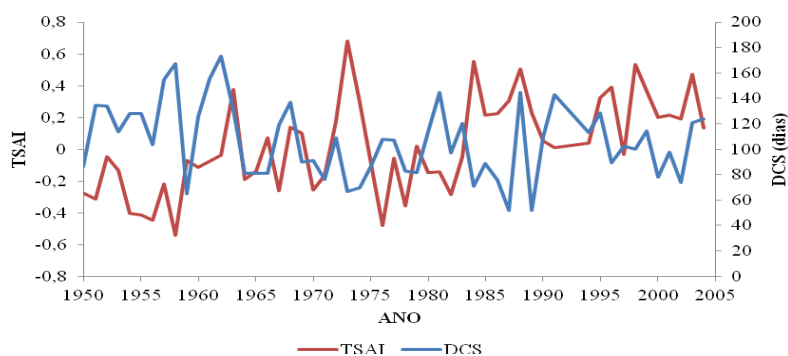


Figura 30: Variabilidade interanual dos índices TSAI e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

Apêndice C

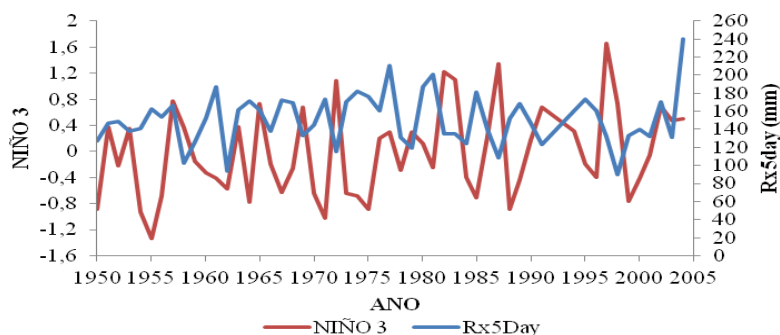


Figura 31: Variabilidade interanual dos índices Niño 3 e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Sertão da Paraíba.

Apêndice D

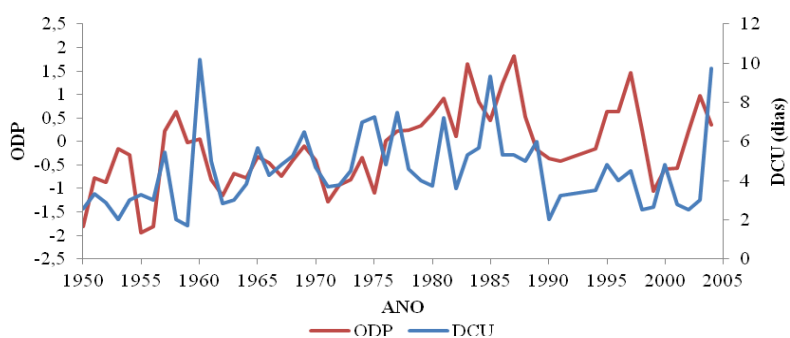


Figura 32: Variabilidade interanual dos índices ODP e DCU, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.

Apêndice E

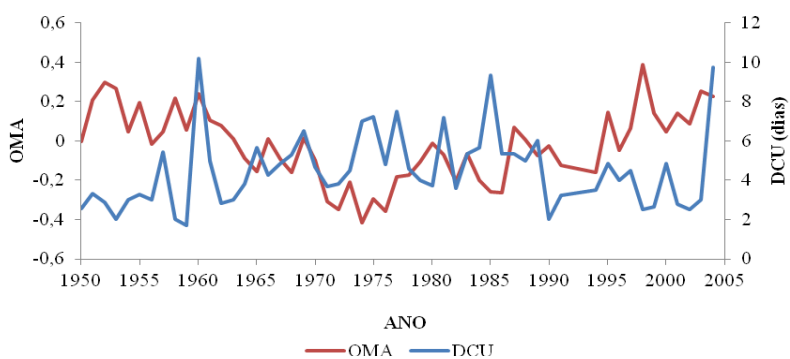


Figura 33: Variabilidade interanual dos índices OMA e DCU, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião da Borborema na Paraíba.

Apêndice F

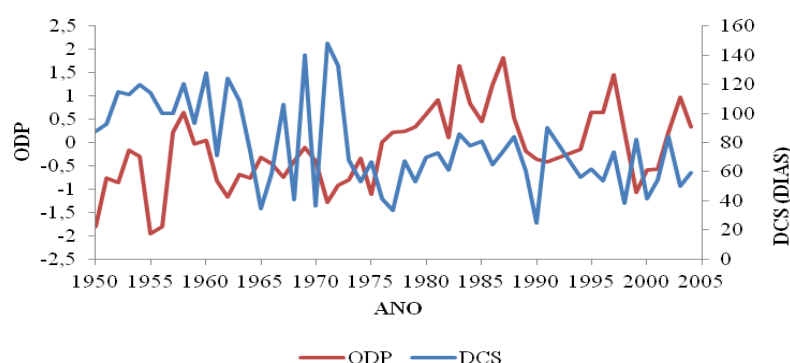


Figura 34: Variabilidade interanual dos índices ODP e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.

Apêndice G

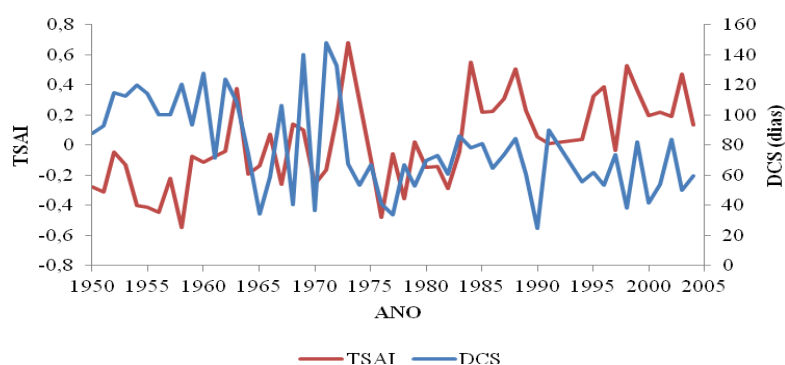


Figura 35: Variabilidade interanual dos índices TSAI e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.

Apêndice H

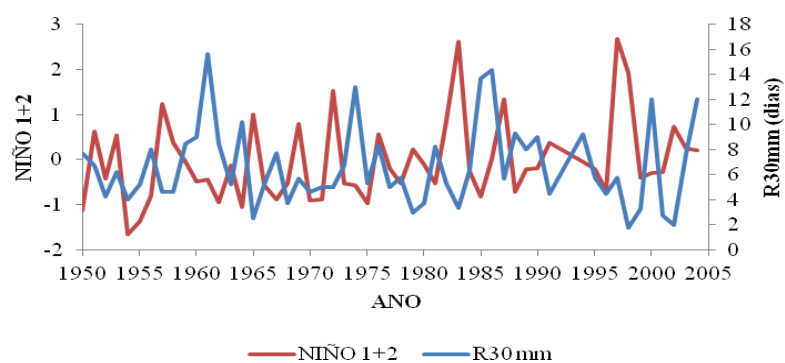


Figura 36: Variabilidade interanual dos índices Niño 1+2 e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.

Apêndice I

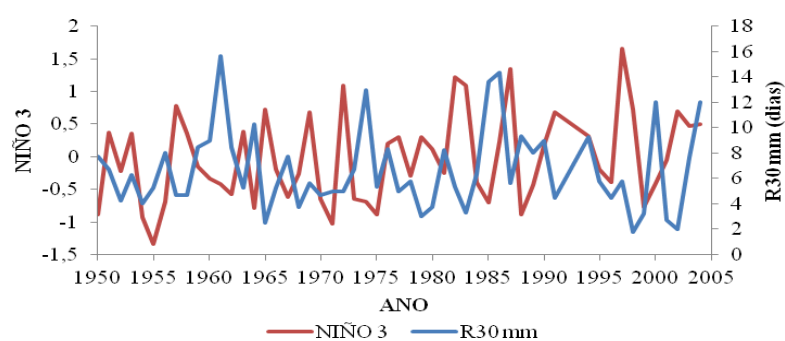


Figura 37: Variabilidade interanual dos índices Niño 3 e R30mm, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.

Apêndice J

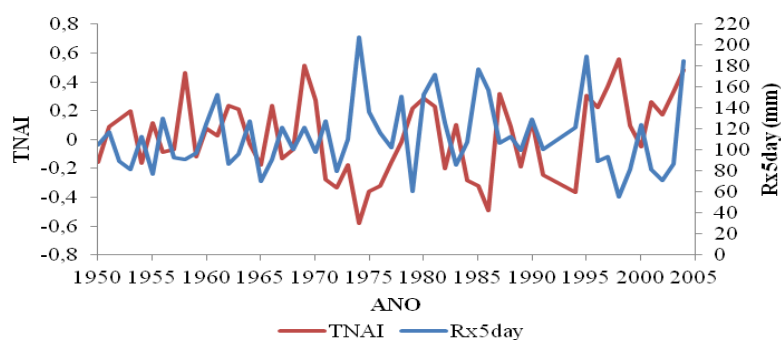


Figura 38: Variabilidade interanual dos índices TNAI e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.

Apêndice K

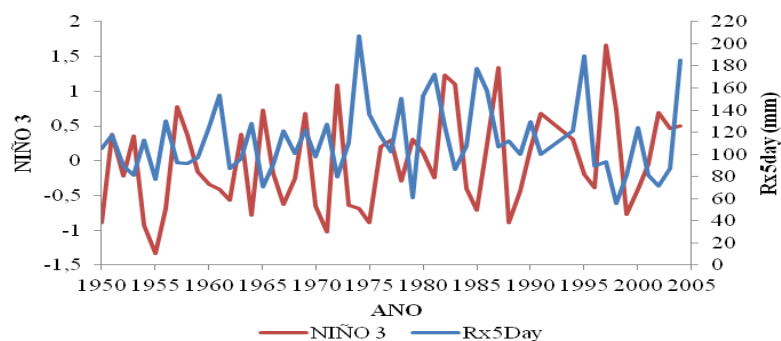


Figura 39: Variabilidade interanual dos índices Niño 3 e Rx5day, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Agreste na Paraíba.

Apêndice L

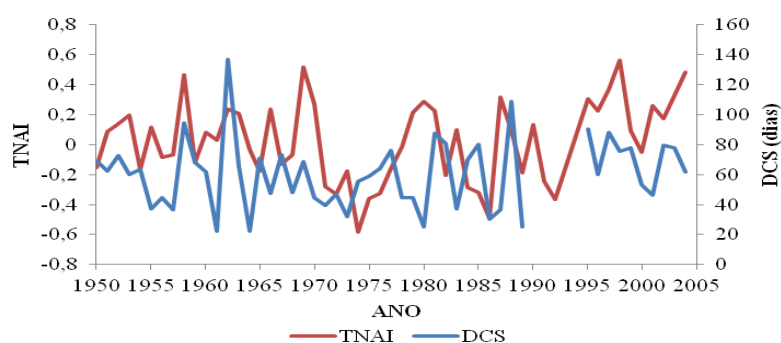


Figura 40: Variabilidade interanual dos índices TNAI e DCS, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Litoral na Paraíba.

Apêndice M

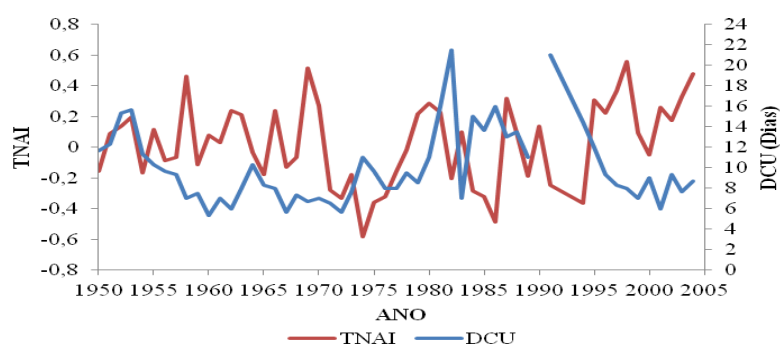


Figura 41: Variabilidade interanual dos índices TNAI e DCU, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Litoral na Paraíba.

Apêndice N

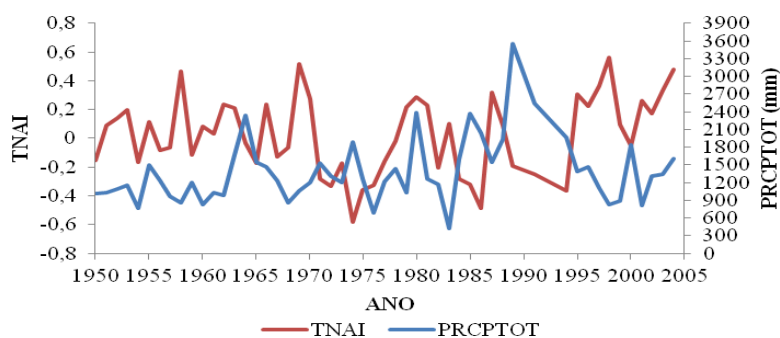


Figura 42: Variabilidade interanual dos índices TNAI e PRCPTOT, no período de 1950 a 2004 para a Mesorregião do Litoral na Paraíba.