

EXTREMOS E VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO NORDESTE BRASILEIRO E EM PERNAMBUCO

Francinete Francis Lacerda¹

Hailton Dias da Silva Júnior²

Eduardo Delgado Assad³

Janaina Maria Oliveira de Assis⁴

Magna Soelma Beserra de Moura⁵

1. Introdução

A região semiárida do Nordeste brasileiro caracteriza-se, do ponto de vista climático, pela alta variabilidade espacial e temporal dos índices pluviométricos e ciclos de estiagens, secas e enchentes que costumam acontecer em intervalos que pode variar de alguns anos a décadas. Nesse contexto, as consequências do aquecimento global, sobre o ciclo hidrológico são drásticas, pois o aumento da temperatura do ar irá provocar aumento da evaporação, da evapotranspiração, acarretando aumento da deficiência hídrica. No Brasil, a região mais vulnerável aos riscos da variabilidade climática e a uma possível aridização e, subsequente desertificação devido às mudanças climáticas é o Nordeste brasileiro. Isso resultará num aumento das áreas com alto risco climático na Região (Lacerda & Nobre, 2010). O cenário climático brasileiro acompanha a mesma

¹ Coordenadora do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco. Instituto de tecnologia de Pernambuco, Avenida Professor Luiz Freire, 700, Recife - PE. Email: francis@itep.br

² Meteorologista do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco. Instituto de tecnologia de Pernambuco, Avenida Professor Luiz Freire, 700, Recife - PE. Email: hailton@itep.br

³ Chefe de Pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, UNICAMP, Campinas - SP.

⁴ Bolsista do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco. Instituto de tecnologia de Pernambuco, Avenida Professor Luiz Freire, 700, Recife - PE. Email: janaina.assis@itep.br

⁵ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. BR 428, Km 152, Zona Rural, Petrolina - PE.

tendência de aquecimento global, em que as mudanças mais significativas são no aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos, tais como secas, enchentes e inundações.

Um fator relevante a ser destacado nesse contexto, é a irregularidade na distribuição das chuvas, associada à alta variabilidade interanual da precipitação na região tropical, propiciando a ocorrência de anos extremos (secas prolongadas e chuvas intensas). Diversos fatores podem contribuir para explicar a alta variabilidade da precipitação sobre o Nordeste do Brasil, dentre os quais, podem ser citados, a flutuação nos valores de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico Tropical Equatorial e do Atlântico Tropical. No geral, os valores das anomalias das TSMs, nesses oceanos, estão associados a mudanças no padrão geral da circulação atmosférica e conseqüente variações na precipitação do Nordeste do Brasil. O El Niño e a Oscilação do Sul (OS) é um fenômeno global conhecido como ENOS, um dos principais responsáveis pela variabilidade interanual da precipitação no Nordeste do Brasil. As anomalias climáticas relacionadas, ao fenômeno, são persistentes e podem durar vários meses (Aragão, 1986). O El Niño é o aquecimento anômalo das águas no Pacífico Tropical da costa do Peru/Equador até o oeste do Pacífico. Nos anos de El Niño, a pressão atmosférica sobre o Pacífico tende a valores mais baixos e aumenta no restante da região tropical. Os movimentos ascendentes do ar, causados pelo abaixamento da pressão, juntamente, com calor latente de condensação modificam a circulação geral, causando movimentos descendentes anômalos.

Esses movimentos descendentes inibem a formação de nuvens e reduzem a precipitação, podendo causar secas, por vezes, fortes, como no caso do norte do Nordeste do Brasil. Vale a pena ressaltar, nesse contexto, que os episódios 1982 a 1983 e de 1997 a 1998, de El Niño, foram considerados um dos mais intensos, com valores de até 4° C de anomalias de TSM, com relevante impacto destrutivo sobre a Região, como um todo.

No NEB, e particularmente, em Pernambuco, a precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes, sua variabilidade espacial e temporal é determinante para caracterizar o clima local. Estudos desenvolvidos por Kayano & Andreoli (2009) e Marengo (2009) discutem a vulnerabilidade do semi-árido aos extremos da variabilidade de clima e das mudanças de clima.

Aumentos na temperatura do ar, já observados e associados à mudança do clima decorrente do aquecimento global, são suficientes para causar maior evaporação dos açudes e reservatórios, como também, nas taxas de evaporação e evapotranspiração. Ainda assim, adiciona-se redução no volume das chuvas e dos seus extremos, como sugerem as projeções dos modelos climáticos globais e regionais até finais do Século XXI do IPCC AR4 (IPCC 2007, Marengo 2009, Marengo et al., 2009), de modo que, a água se tornará um bem escasso, com sérias conseqüências para a sustentabilidade da Região. Por outro lado, os extremos climáticos associados à mudança no uso do solo e conseqüente degradação podem levar a aceleração dos processos de desertificação em várias regiões do Nordeste do Brasil.

Este capítulo apresenta alguns aspectos do clima do NEB, com ênfase na variabilidade climática e extremos climáticos. Neste contexto, as análises dos extremos climáticos, da variabilidade sazonal e da variabilidade interanual, como também, os extremos para a Região. Diante da possibilidade da intensificação das secas e dos eventos extremos de chuva deve ser considerado, também, o aumento da vulnerabilidade das populações que habitam a Região Nordeste, como um todo.

1.1 Características do Clima do Nordeste do Brasil

O clima da região Nordeste apresenta, em média, precipitação acumulada que pode variar de valores inferiores a 500 mm/ano e superiores a 2000 mm/ano. No norte da Região, área que abrange o Semiárido, o período chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro a maio. O setor norte do NEB, por sua vez, caracteriza-se pela ocorrência de secas periódicas, por outro lado, o setor leste pela ocorrência de cheias e enchentes. A estação seca na maior parte da Região ocorre entre os meses de setembro a outubro. O percentual de dias com déficit hídrico, para a Região (Fig. 1) pode ser utilizado como critério para avaliar a potencial condição do NEB. A Fig. 1 sugere que, no caso do semiárido, o déficit hídrico acumulado, ocorre praticamente durante todo o ano.

Capítulo 1
MUDANÇAS CLIMÁTICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS

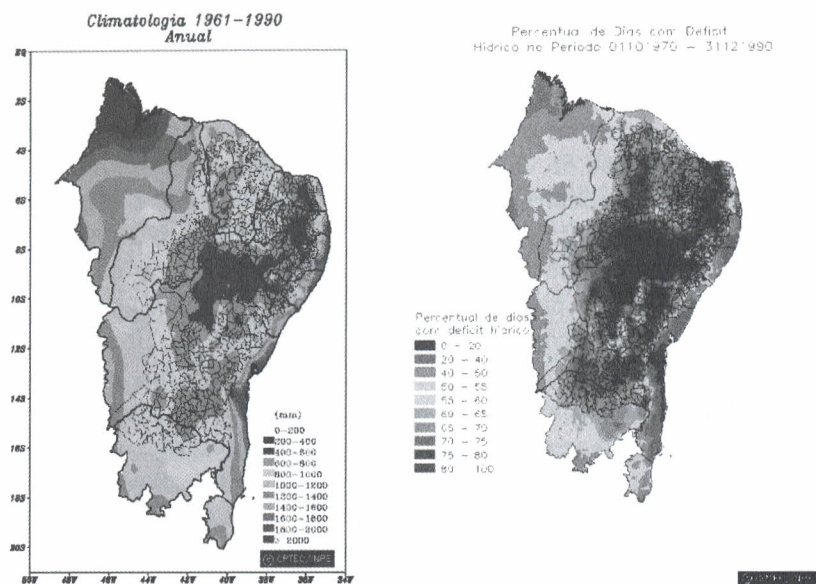


Figura 1 - Mapa de chuva anual 1961-90 e escala de cores em mm (a). Percentual de dias com déficit hídrico no período 1970-90 e escala de cores em % (b). Fonte: PROCLIMA: www.cptec.inpe.br/proclima.

O NEB também é vulnerável as enchentes dentre os anos mais chuvosos destacam-se: 1964, 1967, 1974, 1985, 1986, 1988, 1989, 1994, 2004 e 2009. Um exemplo recente foi às fortes chuvas em junho de 2010 em Pernambuco e Alagoas, causada por um distúrbio ondulatório de leste (Fig. 2), intensificada por um sistema frontal, localizado sobre o Oceano Atlântico Sul, o qual se encontrava com a temperatura de suas águas elevadas, adjacentes à costa leste do Nordeste. Em apenas 03 dias a variação dos índices ficaram entre 110 e 350 mm (Fig. 3), onde houve registros de chuva de 50% acima do esperado para todo o mês. Comunidades ficaram isoladas, casas, barragens e açudes foram destruídos, houve mortes de pessoas e de animais e cidades foram praticamente, destruídas. Isso ocorreu em apenas alguns dias do mês de junho de 2010. Segundo o LAMEPE, as causas dessas chuvas intensas foi um distúrbio de leste associado ao transporte de umidade desde o Atlântico tropical até a costa leste Nordeste. Registros que remonta a década 50 mostram que na década de 2000 tem apresentado recordes históricos de totais diários de chuva

Capítulo 1
MUDANÇAS CLIMÁTICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS

(Fig. 4), no estado de Pernambuco, especificamente nas bacias hidrográficas do Una e do Mundaú.

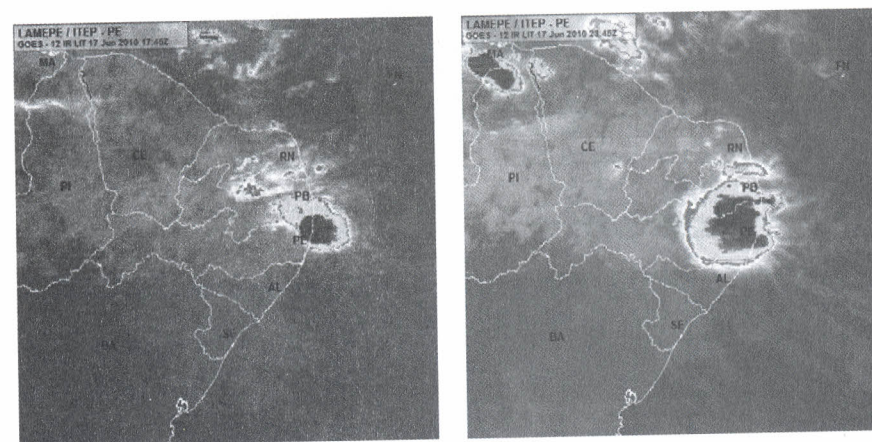


Figura 2 - Imagens de Satélite geradas pelo Lamepe do dia 17 de Junho de 2010 as 17h45 Z e 23h45 Z.

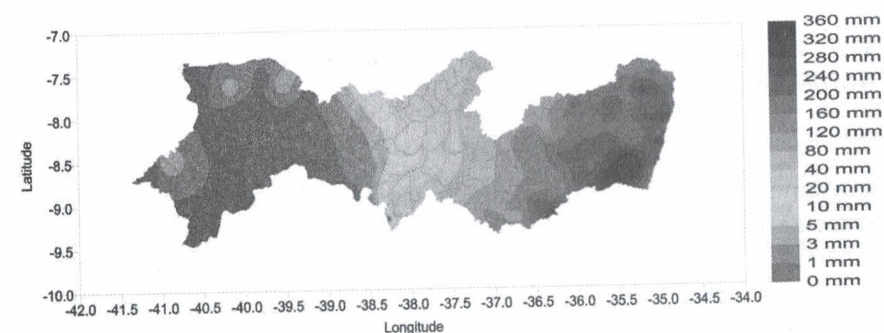
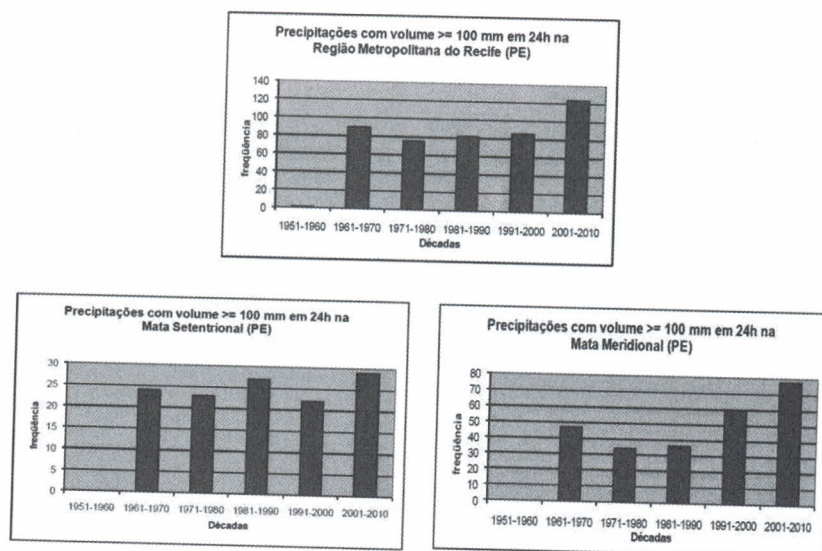


Figura 3 - Distribuição do total acumulado de precipitação nos dias 17, 18 e 19 de junho de 2010 em Pernambuco.



Lacerda e Dias, 2010

Figura 4 - Frequências das precipitações maiores do que 100 mm ocorridas em 24 horas na Região Metropolitana do Recife, Mata Setentrional e Mata Meridional de Pernambuco.

1.2 Variabilidade Espacial e Temporal da Precipitação no Nordeste do Brasil

A variabilidade espacial e temporal das precipitações pluviométricas constitui uma característica marcante do clima do NEB. Particularmente sobre o semiárido, onde a irregularidade temporal e espacial é um fator bastante relevante. O Nordeste apresenta uma acentuada variabilidade interanual, caracterizando-se por apresentar, em relação à precipitação, anos muito secos e outros chuvosos (Fig. 5), ainda é possível observar, a ocorrência de extremos com seca e enchentes, dentro de um ano particular, em setores diferentes da região. O caso de 2010, em Pernambuco, onde o estado foi afetado pela seca em sua porção semiárida e pelas cheias e enchentes no Agreste, Zona da Mata e Litoral.

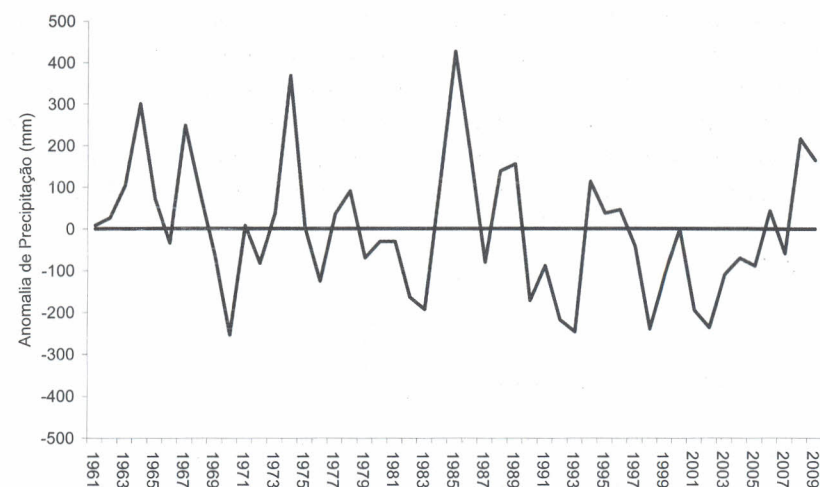


Figura 5 - Série temporal das anomalias de chuva na região do semi-árido do Nordeste do Brasil (Latitude: 10-5°S, Longitude: 45-38°W) durante o período chuvoso FMAM. As anomalias são em relação à média histórica de 1961 a 2009, que é de 541 mm. Fonte: CPTEC/INPE

1.3 Variabilidade sazonal e intrasazonal da Precipitação

Entre os fatores que determinam a variabilidade do clima no NEB temos a geografia, relevo, características da superfície e os fenômenos meteorológicos atuantes. A circulação de verão nos trópicos, particularmente sobre a América do Sul, desenvolve-se uma circulação, nos altos níveis da atmosfera, chamada de Alta da Bolívia (AB) que se apresenta associado a um cavado, que pode eventualmente se fechar, dando surgimento a um fenômeno chamado de Vórtice Ciclônico de Ar Superior Níveis (VCAS) do Nordeste do Brasil. Os VCAS têm grande influência sobre o clima do Brasil e de Pernambuco. As variações de intensidade e posicionamento da Alta da Bolívia estão relacionadas com o total de precipitação, principalmente, nos meses de janeiro a março sobre a região (Fig. 6).

O mais importante sistema indutor de chuvas no NEB é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A ZCIT é formada pela confluência dos ventos alísios de sudeste e nordeste e suas variações

tanto em sua posição quanto em intensidade estão relacionadas às alterações (posição e intensidade), nos sistemas de pressão das altas subtropicais do Atlântico sul e Atlântico norte. A ZCIT, no Atlântico, apresenta movimentos verticais ascendentes, baixas pressões, nebulosidades e chuvas abundantes, e segue, preferencialmente, as regiões onde a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) é mais quente.

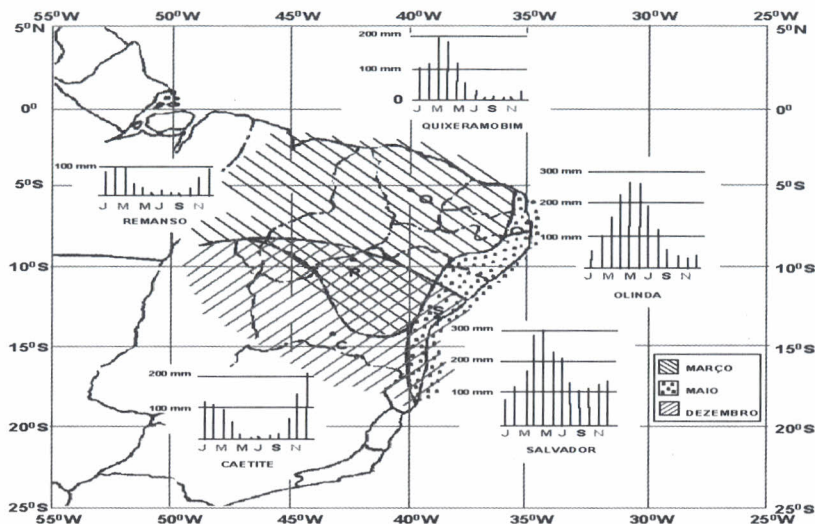


Figura 6 - Distribuição espacial do mês no qual a precipitação média mensal atinge o máximo e histogramas da distribuição anual de precipitação (eixo vertical em mm) para cinco estações, representando diferentes regimes pluviométricos do Nordeste. Os dados utilizados são para o período de 1931 a 1960. A localização das estações está indicada pelas letras Q (Quixeramobim), O (Olinda), S (Salvador), C (Caetité) e R (Remanso). (Fonte: CPTEC/INPE, adaptado de KOUSSKY 1979)

A estação seca, na maior parte da Região, é observada de setembro a dezembro. Os maiores valores de precipitação, no semi-árido, normalmente acontecem no período que vai de fevereiro a abril, modulado pela influência da ZCIT quando posicionada mais ao sul aproximadamente 4° S do equador. Por sua vez, os valores mínimos de precipitação ocorrem entre os meses de junho a setembro, quando a ZCIT migra para posições mais ao norte do equador, posicionando-se, entre 5 a 10° N (Fig. 7).

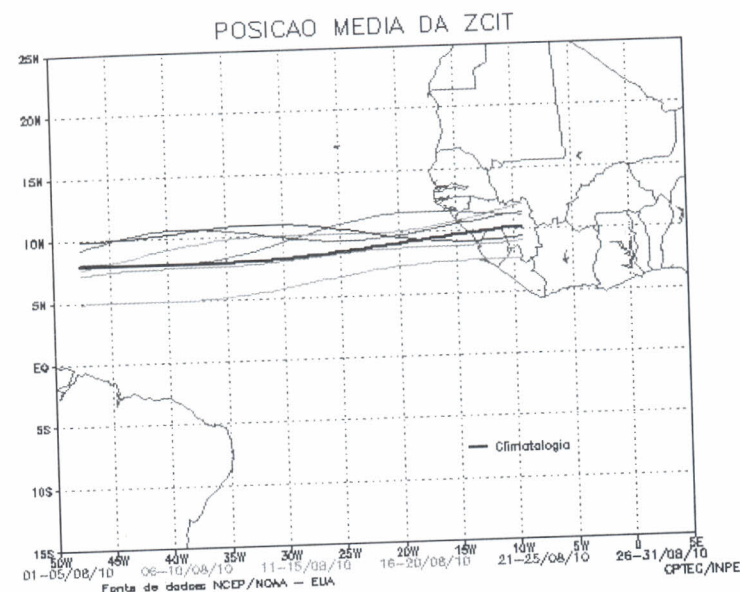


Figura 7 - Posição média da Zona de Convergência Intertropical no mês de agosto de 2010.

1.4 Variabilidade interanual da Precipitação sobre o Nordeste do Brasil

Diversos fatores influenciam a variabilidade da precipitação sobre o NEB tais como, as variações da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico tropical e do Oceano Atlântico. Normalmente, as variações nos valores das anomalias de TSMs, desses oceanos, estão associadas a mudanças na circulação geral da atmosfera e conseqüentemente oscilações nos totais de precipitação sobre o Nordeste do Brasil.

O El Niño-Oscilação do Sul - ENOS é um fenômeno de escala global e de interação oceano-atmosfera é um dos mais importantes e que causam impactos significativos na precipitação do Nordeste do Brasil, como um todo, principalmente, em seu setor norte (Fig. 8). As variações climáticas associadas ao fenômeno El Niño podem permanecer por vários meses. Alguns exemplos podem ser citados, como a ocorrência de secas no Nordeste do Brasil e chuvas acima da normal climatológica na Região Sul e Sudeste do Brasil. O El Niño

caracteriza-se pela alteração nos padrões das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM), ou seja, anomalias positivas de TSM, que podem ser traduzidas como aquecimento anômalo e alteração nos padrões dos ventos alísios no Pacífico Equatorial Tropical, entre a Costa do Peru e o setor oeste Pacífico Equatorial, próximo à Austrália. Essa alteração tem como principal consequência a alteração do clima regional e global, com isso são impactados os padrões de precipitação, nas regiões tropicais e nas áreas de latitudes médias. Em média, os episódios de El Niño, iniciam-se em meados de um determinado ano, e atinge o seu ápice no final do mesmo ano. Esse quadro leva, em média, seis meses para se dissipar totalmente.

O fenômeno La Niña é o contrário do El Niño caracteriza-se por apresentar um resfriamento anômalo das TSMs do Oceano Pacífico Equatorial. No geral, as anomalias associadas ao fenômeno La Niña são contrárias as observadas em anos de El Niño, ou seja, excesso de chuva no Nordeste do Brasil, especificamente, no setor norte e redução nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Esses episódios são cíclicos e podem durar de dois a sete anos (Fig. 8).

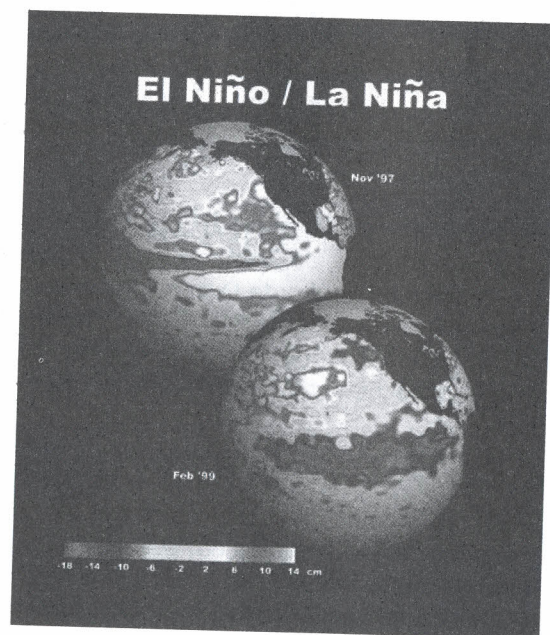


Figura 8 - Temperatura da superfície do Mar em anos de El Niño e La Niña.

O Oceano Atlântico Tropical é determinante em relação à variabilidade climática sobre o NEB, como um todo (Moscati, 1991; Alves et al., 1993, 1997; Rao et al., 1993; Giannini et al., 2004). Evidências observacionais mostram que as relações entre os padrões de Temperatura da Superfície do Mar e ventos influenciam a variabilidade interanual do clima nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. A distribuição das anomalias de TSMs, no Oceano Atlântico Tropical Equatorial, é conhecida como dipolo ou bipolo do Atlântico, esse padrão permite a instalação de gradientes meridionais de anomalias de TSM, que, por sua vez, influenciam diretamente a posição média da ZCIT, determinando diretamente o padrão das precipitações pluviométricas observadas sobre o Atlântico Equatorial, Nordeste do Brasil e parte da Amazônia (Marengo & Hastenrath, 1993; Nobre & Shukla, 1996; Uvoet al., 1998; Marengo, 2004) (Fig. 9).

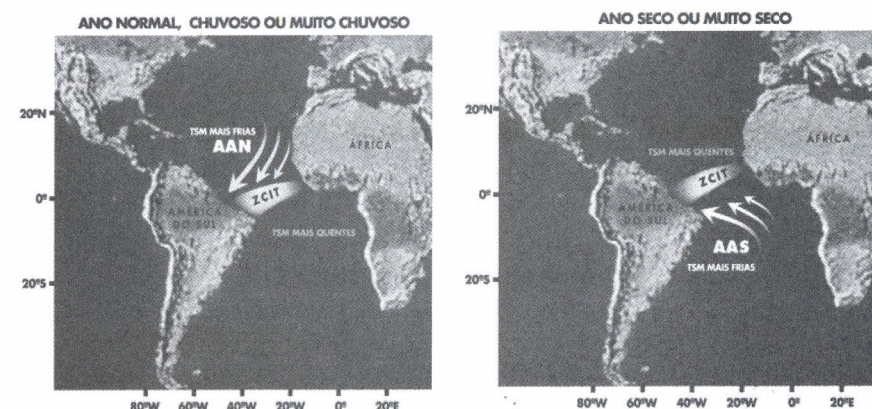


Fig. 9 - Esquema do padrão oceânico e atmosférico sobre a bacia do Oceano Atlântico, favorável à ocorrência de anos secos ou muito secos. Fonte: FUNCEME

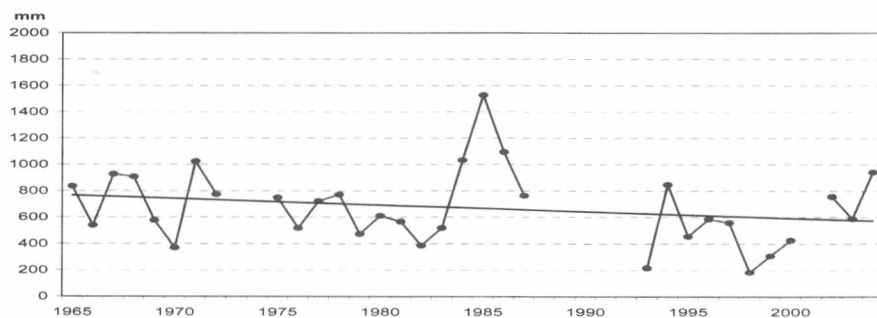
1.5 Avaliação das Tendências Climáticas nas Séries Históricas

Resultados preliminares realizados por Lacerda et al., 2009 revela tendência de diminuição da precipitação pluviométrica em várias bacias hidrográficas do Sertão de Pernambuco, Haylock et al. (2006)

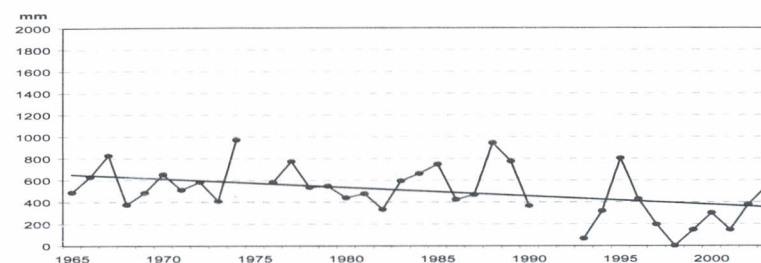
identificou tendência de diminuição das chuvas anuais em localidades no Ceará, evidenciando que há de fato tendências que indicam que a diminuição, das chuvas em grande parte do Nordeste brasileiro, estão prevalecendo. Estudos posteriores para vários estados do NEB mostram tendência de diminuição em 27 localidades do Ceará, levando em conta série histórica para período de 1974 a 2003, (Moncunill, 2006). Por outro lado, Santos & Brito (2007), mostraram que nos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte a tendência foi de aumento no total anual da precipitação em 19 localidades estudadas. Para o Sertão de Pernambuco, Lacerda et al. (2009) identificou uma diminuição da precipitação, em oito postos pluviométricos, no período de 1965 a 2004, instalados na área da bacia do Pajeú (Fig. 10). Recentemente, uma análise espacial mais abrangente revelou diminuição média do total anual da precipitação em todas as mesorregiões de Pernambuco, da seguinte forma:

- Sertão do Pajeú redução de 8,3 mm.ano⁻¹ (Figura 11);
- Sertão de Araripina redução de 10,1 mm.ano⁻¹ (Figura 12);
- Sertão de Petrolina redução de 4,2 mm.ano⁻¹ (Figura 13);
- Agreste pernambucano redução de 7,0 mm.ano⁻¹ (Figura 14);

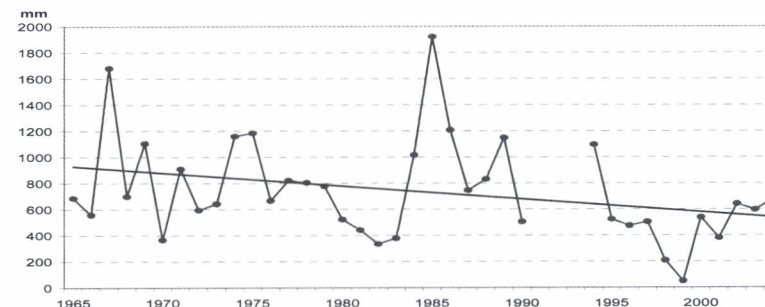
Afogados de Ingazeira



Betânia



Posto: Carnaíba



Zona da Mata Pernambucana e Litoral redução de 4,1 mm.ano⁻¹ (Figura 15).

Figura 10 - Series temporais do índice PRCPTOT no período de 1965-2004 em 3 postos pluviométricos localizados na bacia do Pajeú, sertão de Pernambuco (Lacerda et al., 2009).

Capítulo 1
MUDANÇAS CLIMÁTICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS

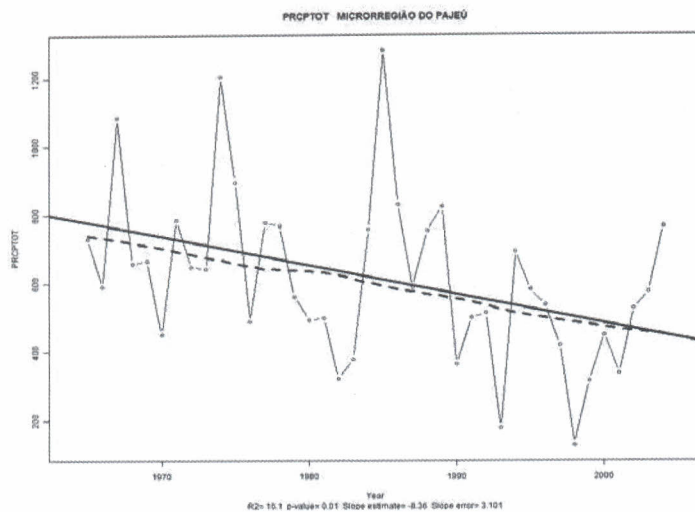


Figura 11 - Série temporal do índice PRCPOT no período de 1965-2004 para a Microrregião do Pajeú, sertão de Pernambuco

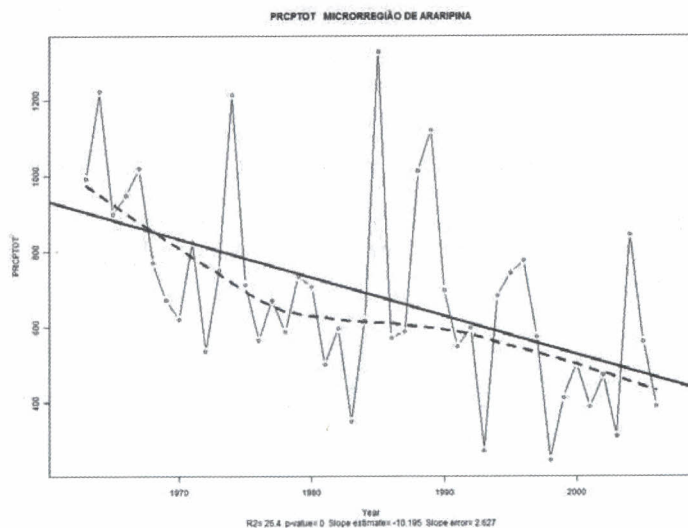


Figura 12 - Série temporal do índice PRCPOT no período de 1965-2004 para a Microrregião de Araripina, sertão de Pernambuco

Capítulo 1
MUDANÇAS CLIMÁTICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS

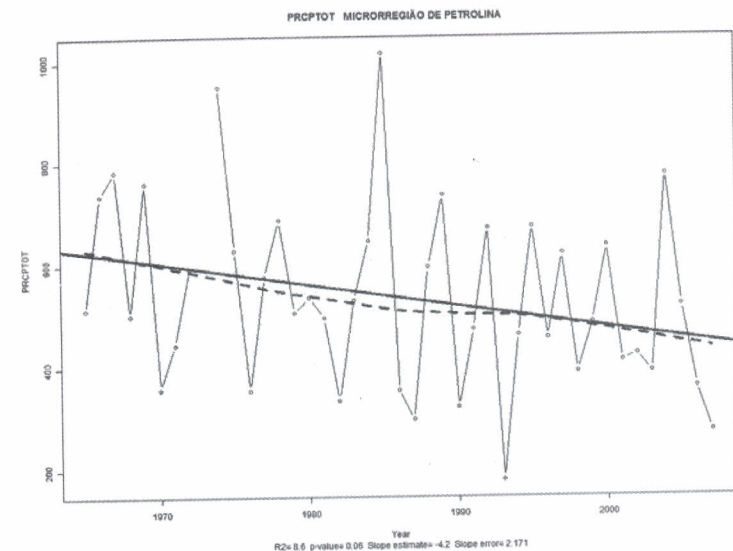


Figura 13 - Série temporal do índice PRCPOT no período de 1965-2004 para a Microrregião de Petrolina, sertão de Pernambuco

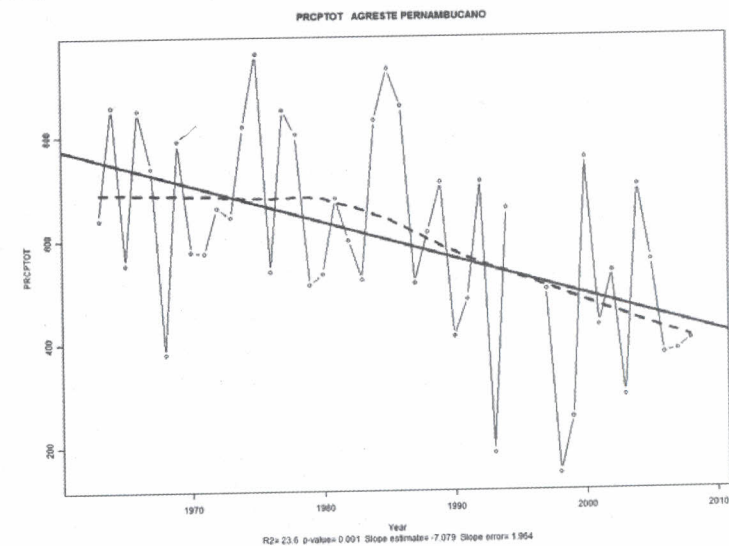


Figura 14 - Série temporal do índice PRCPOT no período de 1965-2004 para a Mesorregião do Agreste de Pernambuco

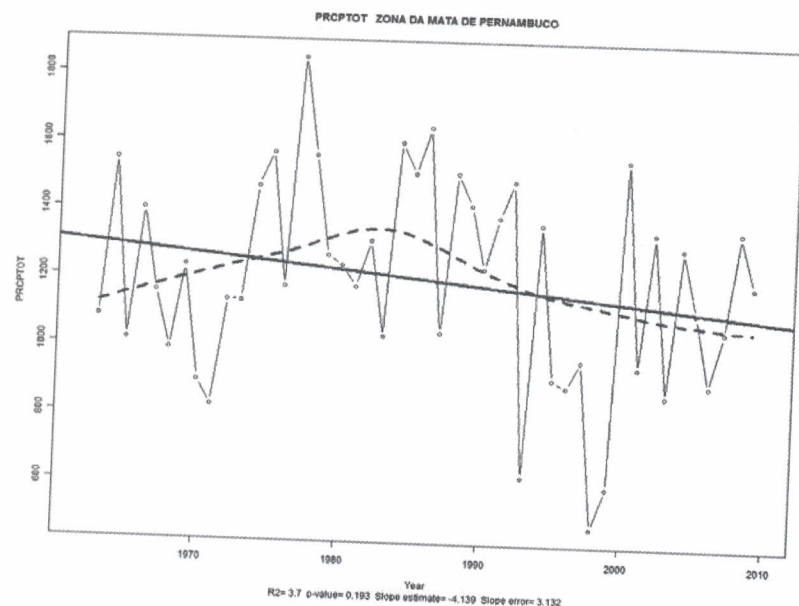


Figura 15 - Série temporal do índice PRCPTOT no período de 1965-2004 para a Mesorregião da Zona da Mata de Pernambuco

Em relação ao aumento da temperatura global, já foi observado aumento de 1°C , na América Central e América do Sul. Estudo realizado por Obregon & Marengo (2007), para a América do Sul, aumentos nas temperaturas médias, máximas e mínimas no Brasil. Para o Nordeste, em alguns setores, a temperatura média aumentou de $0,5^{\circ}\text{C}$ a $0,6^{\circ}\text{C}$, a máxima de $0,4^{\circ}\text{C}$ a $0,6^{\circ}\text{C}$ e a mínima entre $0,6^{\circ}\text{C}$ a $0,7^{\circ}\text{C}$ durante o período de 1961-2000. As análises posteriores, feitas para Pernambuco mostram aumento dos valores máximos da temperatura máxima tem aumentado na ordem de $2,7^{\circ}\text{C}/48$ anos, e a mínima da temperatura máxima tem aumentado entre $3,0^{\circ}\text{C}/48$ anos em Vitória de Santo Antão, aumento de $4,0^{\circ}\text{C}/48$ anos na temperatura máxima em Araripina, e aumento de $0,8^{\circ}\text{C}/43$ anos, para os valores máximos das temperaturas máximas e $1,6^{\circ}\text{C}/43$ anos para os valores máximos das temperaturas mínimas em Petrolina permitem uma visão mais clara do aquecimento observado no Nordeste do Brasil. Nesse contexto, o destaque fica para as localidades de Araripina/PE e Vitória

de Santo Antão/PE (Fig. 16), onde o aumento das temperaturas máximas tem sido na ordem de aproximadamente $3,0^{\circ}\text{C}$, em aproximadamente 50 anos de observação.

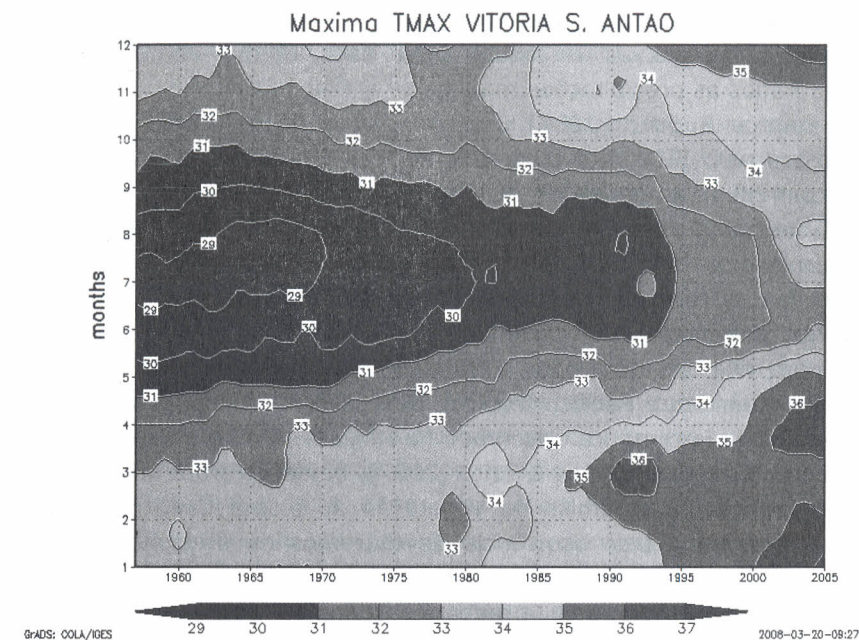


Figura 16 - Série temporal do máximo valor de temperatura máxima no período de 1955-2005 para o município de Vitória de Santo Antão

1.6 Evidencia de Ocorrência de Extremos climáticos em Pernambuco

Os extremos climáticos comumente observados, no Nordeste do Brasil e em Pernambuco, estão em sua grande maioria associados à precipitação pluviométrica, ocorrência de veranicos prolongados, dentro da estação chuvosa. A ocorrência desses eventos, principalmente as secas e as enchentes afeta diretamente os recursos hídricos e a defesa civil. Estudos realizados por Lacerda et al. (2009), na microrregião do Pajeú no Sertão de Pernambuco mostraram que há

aumento dos dias secos, do tamanho médio dos veranicos e dos máximos veranicos. Os veranicos são definidos, como um número de dias consecutivos sem chuva considerando todos os valores da série menores ou iguais a 5 mm. Também, calculou-se o maior número de dias consecutivos sem chuva, o total de dias secos e a frequência de ocorrência de chuvas intensas, para essa última análise, foram considerados as precipitações máximas.

Santos & Brito (2007) usaram índices de extremos climáticos propostos pelo IPCC AR4 para diagnosticar o aumento do número de dias com chuva e número de dias muito úmidos e aumento das chuvas superiores a 50 mm nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, utilizando série histórica com 65 anos de dados observacionais. em concordância com os resultados encontrados. Essas tendências, por sua vez, devem ser alvo de investigação mais profunda e detalhada, pois podem estar associadas a variações das anomalias de TSM nos oceanos Atlântico e Pacífico tropical, que podem explicar grande parte da variabilidade climática observada na Região. Já para o caso dos dias consecutivos secos, Santos & Brito (2007), demonstraram que há forte correlação com a dinâmica da vegetação do bioma Caatinga, que é mais influenciada pela ocorrência de extremos de precipitação e de veranicos do que a dinâmica da vegetação típica do setor leste do Nordeste, que é composto, predominantemente, pela Mata Atlântica. Silva & Azevedo (2008) mostraram para o município de Irecê, na Bahia, que houve diminuição no total anual de precipitação e aumento na intensidade das chuvas maiores que 20 mm, no período de 36 anos estudados. Ressalta-se, que os estudos citados acima, utilizaram o método proposto por Frish et al. (2002), para obtenção dos índices climáticos extremos, e que esta mesma metodologia, foi utilizada para elaboração dos mesmos índices citados no relatório do IPCC AR4.

2. Considerações finais

As mudanças climáticas associadas ao aquecimento global estão se acelerando e seus impactos já são visíveis, em escala global, sobre os ecossistemas naturais, geleiras, agricultura, recursos hídricos, zonas costeiras e saúde humana. Além disso, surgem novas evidências de

aumento dos desastres naturais associados à intensificação de fenômenos meteorológicos e extremos climáticos. Segundo o último relatório do IPCC (2007), as regiões semiáridas e áridas são as mais vulneráveis, sendo imprescindível que essa vulnerabilidade seja quantificada assim com estudadas às possibilidades de mitigação e adaptação para essas regiões.

No caso específico do Estado de Pernambuco, algumas evidências já foram encontradas, mostrando que o aumento de temperatura é cada vez maior. Dados do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco revelam que a temperatura máxima teve um aumento substancial nos últimos 50 anos, ultrapassando 3°C nas estações experimentais localizadas nos municípios de Vitória de Santo Antão e de Araripina. Nesse sentido, mudança climática no NEB deve intensificar as dificuldades de acesso à água potável. A combinação das alterações do clima, sob forma de redução no total de chuva combinada com a elevação significativa das temperaturas se traduz em aumento das taxas evaporativas, associada à competição pelos recursos hídricos, pode resultar numa crise sem precedentes. Em síntese, a tendência geral seria de um clima mais seco, com reduções de chuva e aumento no déficit hídrico para a Região, como um todo.

No geral, recomenda-se para uma região como a do Nordeste do Brasil que apresenta grande vulnerabilidade, em relação às mudanças do clima, principalmente, para em setor semiárido, o mapeamento das áreas de risco e de vulnerabilidade, que possam contemplar mudança no uso da terra, crescimento populacional, possíveis conflitos pelo uso dos recursos naturais, objetivando uma estratégia de adaptação com essa nova realidade.

No caso de Pernambuco, alguns cenários futuros podem ser previstos através da elaboração de cenários futuros utilizando modelos regionais a partir de cenário global de mudança do clima como prevê o IPCC, com a inclusão de diferentes cenários de concentração de CO₂ atmosférico e diferentes alterações da cobertura vegetal no que diz respeito a:

Ciclo hidrológico: alteração de frequência de episódios de veranicos e de ocorrência de episódios de precipitação intensa de chuva e suas consequências em frequências de inundações; alteração

da dinâmica das zonas de convergência intertropical (ZCIT) nos regimes pluviométricos sobre o Nordeste do Brasil.

Temperatura e nível do mar: aumento da temperatura das águas do mar e possíveis impactos para a alteração do nível médio do mar ao longo do litoral de Pernambuco;

Biomass: impactos das alterações no ciclo hidrológico, temperatura e umidade do ar, transporte de umidade atmosférica para a sustentabilidade do bioma Caatinga.

3. Referências

ALVES, J.M.B.; REPELLI, C.A.; MELLO, N.G. A pré-estação chuvosa do setor norte do Nordeste Brasileiro e sua relação com a temperatura dos oceanos adjacentes. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 8, p. 22-30.1993.

ALVES, J.M.B.; SOUZA, E.; REPELLI, C.A.; VITORINO, M.; FERREIRA, N. Episódios de La Niña na bacia de oceano Pacífico Equatorial e a distribuição sazonal e intra-sazonal das chuvas no setor norte do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 12, p. 63-76.1997.

ARAGÃO, J.O.R.A. General Circulation Model Investigation of the Atmospheric Response to El Niño. 1986.

FRICH, P., L.; ALEXANDER, L.; DELLA-MARTA, GLEASON, B.; HAYLOCK, M.; KLEIN TANK, A.M. G.; PETERSON, T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, **Climate Resources**, v. 19, p. 193-212.2002.

GIANNINI, A.; SARAVANAN, R.; CHANG, P. The preconditioning role of Tropical Atlantic Variability in the development of the ENSO teleconnection: implications for the prediction of Nordeste rainfall. **Climate Dynamics**, v. 22, p. 839-855.2004.

HAYLOCK, M.R.; PETERSON, T.; ABREU DE SOUSA, J.R.; ALVES, L.M.; AMBRIZZI, T.; BAEZ, J.; BARBOSA DE BRITO, J.I.; BARROS, V.R.; BERLATO, M.A.; BIDEgain, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GARCIA, V.J.; GRIMM, A.M.; JAILDO DOS ANJOS, R.; KAROLY, D.; MARENGO J.A.; MARINO, M.B.; MEIRA, P.R.; MIRANDA, G.C.; MOLION, L.; MUNCUNIL, D.F.; NECHET, D.; ONTANEDA, G.; QUINTANA, J.; RAMIREZE; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS J.L.; VARILLAS, I.T.; VINCENT, L.; YUMIKO M. 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.

KAYANO, M.T.; OLIVEIRA, C.P.; ANDREOLI, R.V. Interannual relations between South America rainfall and tropical sea surface temperature anomalies before and after 1976. **International Journal of Climatology**, v. 29, p. 1439-1448.2009.

LACERDA, F.L.; VIEIRA DE MELO, A.V.P.; SOARES, D.B. Análise preliminar na detecção de tendências no padrão pluviométrico na Bacia do Pajeú - PE: Mudanças climáticas ou variabilidade?. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos., 2009. Anais. Campo Grande - MT, 2009. CD-ROM, 2009.

LACERDA, F.F.; DIAS, H.; ASSAD, E.D.; SANTOS, A.A. Detecção de Sinais de Mudanças Climáticas para Algumas Localidades do Sertão do Pajeú - PE. In: XVI CBA - Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Belo Horizonte, 2009. Mudanças Climáticas, Recursos Hídricos e Energia para uma Agricultura Sustentável.

LACERDA, F.F.; NOBRE, P. 2010. Aquecimento Global: Conceituação e Repercussões sobre o Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 14-17.

LACERDA, F.F.; NOBRE, P.; DIAS, H.; SANTOS, A.A. Um Estudo de Detecção de Mudanças Climáticas no Semi-árido de Pernambuco. In: III Simpósio Internacional de Climatologia, 2009, Canela - RS.

MARENGO J.A. Chapter 7, Regional Climate, d-South America-Box: Intense rainfall and floods claim at least 120 lives in Southern Brazil,

1) Tropical South America East of the Andes. State of Climate 2008. 90.ed. Bulletin of the American Meteorological Society, 136p. 2009.

MARENGO J.A. Interdecadal variability and trends in rainfall in the Amazon basin. **Theoretical And Applied Climatology**, v. 78, p. 79-96. 2004.

MARENGO J.A. Long term trends and cycles in the hydrometeorology of the Amazon basin since the late 1920's. **Hydrological Processes**, v. 23, p. 3236-3244. 2009.

MARENGO J.A.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R.P.; ALVES, L.M.; CUADRA, S.V.; VALVERDE, M.C.; TORRES, R.R.; SANTOS, D.C.; FERRAZ, S.E.T. Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. *Climate Dynamics*. 2009.

MARENGO J. A.; JONES, R.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, v. 30, p. 1-15. 2009.

MARENGO, J.; HASTENRATH, S. Case studies of extreme climatic events in the Amazon basin. **Journal of Climate**, v. 6, p. 617. 1993.

MONCUNILL, D.F. The rainfall trend over Ceará and its implications. In: 8ª Conferência Internacional de Meteorologia e Oceanografia do Hemisfério Sul, Foz do Iguaçu, p. 315-323. 2006.

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.

OBREGON, G.; MARENGO J.A. Caracterização do clima do Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas. Relatório do Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Floresta, Diretoria de Conservação da Biodiversidade: Mudanças

Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília. 2007.

RAO, V.B.; LIMA, M.C. FRANCHITO, S.H. Seasonal and interannual variations of rainfall over eastern Northeast Brazil. **Journal of Climate**, v. 6, p. 1754-1763. 1993.

SANTOS, C.A.; 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.

SILVA, A. G; AZEVEDO, P. Índices de tendências de Mudanças Climáticas no Estado da Bahia. **Engenharia. Ambiental**, 5:141-151. 2008.

UVO, C.R.B.; REPELLI, C.A.; ZEBIAK, S.; KUSHNIR, Y. The relationship between tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. **Journal of Climate**, v. 11, p. 551-562. 1998.