



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA



DISSERTAÇÃO

**ASPECTOS CLIMÁTICOS DAS POSIÇÕES DA ZONA DE
CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL E DOS ANTICLONES
SEMIPERMANTES DO ATLÂNTICO SUL E DO PACÍFICO SUL:
RELAÇÕES COM REGIMES DE CHUVA NO NORDESTE DO BRASIL**

Letícia Karyne da Silva Cardoso
Mestranda

Enílson Palmeira Cavalcanti
Orientador

Campina Grande – PB

Março/2019

LETÍCIA KARYNE DA SILVA CARDOSO

**ASPECTOS CLIMÁTICOS DAS POSIÇÕES DA ZONA DE
CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL E DOS ANTICICLONES
SEMIPERMANTES DO ATLÂNTICO SUL E DO PACÍFICO SUL:
RELAÇÕES COM REGIMES DE CHUVA NO NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Meteorologia.

Área de concentração: Meteorologia de Meso e Grande Escalas

Subárea: Climatologia

Orientador: Prof. Dr. Enílson Palmeira Cavalcanti

**Campina Grande – PB
Março/2019**

C268a Cardoso, Letícia Karyne da Silva.

Aspectos climáticos das posições da zona de convergência intertropical e dos anticiclones semipermanentes do atlântico sul e do pacífico sul: relações com regimes de chuva no Nordeste do Brasil / Letícia Karyne da Silva Cardoso. – Campina Grande, 2019.

89 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.

"Orientação: Prof. Dr. Enílson Palmeira Cavalcanti".

Referências.

1. Climatologia 2. Nordeste brasileiro. 3. Precipitação. 4. Sistemas meteorológicos. I. Cavalcanti, Enílson Palmeira. II. Título.

CDU 551.58(043)

“Não foi eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde andar.”

Josué 1:9

A Deus, pela força e coragem durante toda a caminhada. Ao meu avô Eurico Guilherme, aos meus pais Helenluci e Rui Cardoso e ao meu noivo Eduardo, *DEDICO*.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pois sem ele eu não teria forças para enfrentar essa jornada árdua, por todos os momentos de angústia, choro e de alegria que o mestrado me proporcionou.

A Nossa Senhora de Nazaré, mãezinha, por interceder por mim, por me acolher em seus braços quando sentia saudades da minha família.

Agradeço imensamente aos meus pais Helenluci Cardoso e Rui Cardoso, por todo apoio, conselhos, inspirações na minha jornada acadêmica, por nunca terem desistido de mim e por acreditarem no meu potencial. Por compreenderem as minhas ausências em datas comemorativas e mesmo assim me mostrando que todas as faltas dariam bons frutos. Obrigada por serem esses pais lindos e compreensíveis que tanto amo. Vocês são a razão da minha força para continuar a minha caminhada. Amo vocês incondicionalmente.

Ao meu noivo Eduardo Margalho, por ser meu melhor amigo e companheiro. Obrigada por ser essa pessoa linda por fora e por dentro, que me apoia, me aconselha, por está presente em todas as minhas etapas acadêmica e pessoal. Agradeço imensamente por tudo que você já fez por mim. Te amo!

Aos meus filhos de estimação, Cindy e Ross, por me mostrarem e ensinarem o verdadeiro amor. Obrigada por todos os lambeijos, abraços e carinhos.

Aos meus amigos de longa data: Silvia, José Felipe (Menezes) e Carol. Obrigada por me proporcionarem momentos únicos e incríveis, principalmente nesses dois anos, de muita luta e dedicação. Vocês são sensacionais, amo vocês!

Aos meus avôs: Eurico e Sebastião, por serem exemplos de vida e garra.

Aos meus familiares: Hemerson, Helenice, Suely, Marcelo, Deolinda. Agradeço imensamente o apoio dado a mim quando eu precisei.

Aos colegas de mestrado: Jessica, Thomas, Thays por todos os momentos divertidos e descontraídos que tivemos.

Aos meus sogros Miguel e Elza Margalho, por me tratarem como filha. Obrigada por tudo que fizeram nesses seis anos. Vocês são incríveis e pessoas únicas.

Aos professores do programa de pós-graduação em Meteorologia por todos os ensinamentos, paciência, ajuda nas dúvidas, conselhos. E também à todas as funcionárias, em especial Arilene e Danilo, por terem contribuído de alguma forma para a realização deste trabalho. Muito obrigado a todos!

E por fim, ao meu querido Orientador Enílson Cavalcanti, por ser tão solidário e humano. Obrigada por me orientar nesses dois anos, aprendi muito com o senhor, tanto na área profissional quanto pessoal. Obrigada.

Sumário

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Objetivo Geral	17
1.1.1. Objetivos específicos	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. Circulação Geral da Atmosfera	18
2.2. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)	22
2.3. Altas Semipermanentes Subtropicais dos Oceanos Atlântico e Pacífico	24
2.4. Sistemas meteorológicos precipitante no Nordeste Brasileiro	27
2.5. Região Nordeste do Brasil	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1. Localização da área de Estudo	33
3.2. Clima da Região Nordeste do Brasil	34
3.3. Dados	35
3.3.1. Precipitação	35
3.3.2. Componentes horizontal do Vento	35
3.4. METODOLOGIA	36
3.4.1. Precipitação	36
3.4.2. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as Altas Semipermanentes do Atlântico Sul e Pacífico Sul.....	41
3.4.3. Análises estatísticas	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1. Análise da Variabilidade média mensal da precipitação e do posicionamento dos sistemas meteorológicos	47
4.2. Análises da variabilidade interanual e sazonal da precipitação e da posição da ZCIT, ASAS e ASPS.	53
4.3. Análise Estatística da Correlação de Pearson e da Regressão linear múltipla	67
4.3.1. Correlação de Pearson.....	67
4.3.2. Regressão Linear Múltipla	68
4. CONCLUSÕES	70
5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	72
APÊNDICE	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Esquematização das células de circulação geral, ventos globais predominantes e centros de alta (A) e baixa (B) pressão atmosférica.....	21
Figura 2.	Localização das áreas dos sistemas pluviais, identificados como: 3 (março), 5 (maio) e 12 (dezembro), meses com máximos principais de chuvas na Região Nordeste.....	32
Figura 3.	Mapa de Localização dos sistemas atmosféricos e da região Nordeste brasileiro.....	33
Figura 4.	Regime Pluviométrico da região Nordeste do Brasil, de acordo com Strang (1972) e as subáreas em cinzas representando cada sistema pluvial no NEB.....	36
Figura 5.	a) Climatologia mensal com os dados de reanálise do GCPC do período de 1988 a 2017 referente ao norte do Nordeste brasileiro. b) Valores de totais mensais das estações meteorológicas no norte do NEB para o período de 1931 a 1960.....	38
Figura 6.	a) Climatologia mensal com os dados de reanálise do GCPC do período de 1988 a 2017 referente ao sul-sudoeste do Nordeste brasileiro. b) Valores de totais mensais das estações meteorológicas no sul-sudoeste do NEB para o período de 1931 a 1960.....	39
Figura 7.	a) Climatologia mensal com os dados de reanálise do GCPC do período de 1988 a 2017 referente a costa litorânea do Nordeste brasileiro. b) Valores de totais mensais das estações meteorológicas na costa litorânea do NEB para o período de 1931 a 1960.....	40
Figura 8.	Linha de corrente em 850 hPa da área de estudo com a presença das Altas subtropicais do Atlântico Sul e Pacífico.....	41
Figura 9.	Demonstração da coleta da variação da latitude da ZCIT. Linha verde representa a vorticidade e a linha preta a componente v do vento.....	42
Figura 10.	Interface da ANOVA da planilha eletrônica.....	45
Figura 11.	Climatologia mensal da precipitação em <i>boxplot</i> dos dados de reanálise do NECP para os regimes pluviométricos da região: a) Norte do NEB; b) Sudoeste do NEB e c) Litoral do NEB.....	49

Figura 12.	Climatologia mensal da precipitação em <i>boxplot</i> dos dados de reanálise da ZCIT na: a) longitude de 20°W e b) longitude de 40°W.....	50
Figura 13.	Climatologia mensal da precipitação em <i>boxplot</i> dos dados de reanálise da Alta Subtropical do Atlântico Sul: a) climatologia da longitude e b) climatologia da latitude.....	52
Figura 14.	Climatologia mensal da precipitação em <i>boxplot</i> dos dados de reanálise da Alta Subtropical do Pacífico Sul: a) climatologia da longitude e b) climatologia da latitude.....	52
Figura 15.	Variação interanual e sazonal da precipitação para as regiões: a) norte, b) sudoeste	54
Figura 16.	Variação interanual e sazonal do posicionamento latitudinal da ZCIT nas longitudes de: a) 20°W b) 40°W.....	56
Figura 17.	Variação interanual e sazonal do posicionamento da ASAS da: a) longitudinal e b) latitudinal.....	58
Figura 18.	Variação interanual e sazonal da ASPS da: a) longitude e b) latitude.....	59
Figura 19.	Variação sazonal da precipitação nas regiões: a) norte, b) sudoeste e c) litoral leste do NEB.....	61
Figura 20.	Variação sazonal do posicionamento latitudinal da ZCIT nas longitudes de: a) 20°W e b) 40°W.....	63
Figura 21.	Variação sazonal do posicionamento da ASAS da: a) posição longitudinal e b) posição latitudinal.....	65
Figura 22.	Variação sazonal do posicionamento da ASPS da: a) posição longitudinal e b) posição latitudinal.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Área delimitada utilizada para a localização da ASAS e ASPs de acordo com Machel <i>et al.</i> (1998) e Reboita <i>et al.</i> (2010).....	43
Tabela 2.	Classificação da intensidade da correlação de determinação.....	45
Tabela 3.	Valores do coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis em questão.....	67
Tabela 4.	Coeficientes da equação de regressão, determinação e correlação e o F de significação para a ZCIT e ASAS.....	68
Tabela 5.	Coeficientes da equação de regressão, determinação e correlação e o F de significação para a ZCIT e ASPs.....	68

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

AS	América do Sul
ASAS	Alta Semipermanente do Atlântico Sul
ASPS	Alta Semipermanente do Pacífico Sul
CGA	Circulação Geral da Atmosfera
DOL	Distúrbio Ondulatório de Leste
GPCP	<i>Global Precipitation Climatology Project</i>
GrADS	<i>Grid Analysis and Display System</i>
HN	Hemisfério Norte
HS	Hemisfério Sul
LI	Linha de Instabilidade
NCEP/NCAR	<i>Nacional Centers for Environmental Prediction (NCEP) / National Center for Atmospheric Research</i>
NEB	Nordeste do Brasil
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
VCAN	Vrtice Ciclônico de Altos Níveis
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

RESUMO

A presente pesquisa visou analisar a influência do posicionamento da Zona de Convergência Intertropical e das Altas Semipermanentes do Atlântico Sul e do Pacífico Sul na precipitação sobre a região Nordeste do Brasil usando dados de reanálise NCEP. Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados dados da componente u e v da velocidade do vento, e em seguida calculada a vorticidade para adquirir as séries climatológicas de cada sistema meteorológico (ZCIT, ASAS e ASPs) no período correspondente a janeiro de 1988 até dezembro de 2017. Além disso, se obteve a série climatológica da precipitação com o uso dos dados de reanálise disponíveis no *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP) para três regiões do NEB: norte, sudoeste e litoral leste. Os primeiros resultados referem-se à climatologia mensal da precipitação destas três regiões do NEB e do posicionamento dos sistemas meteorológicos. A climatologia da precipitação, em quase todas as regiões, mostrou-se semelhante a respeito do período chuvoso e menos chuvoso ser bem definido, com exceção da região litorânea. Já a climatologia do posicionamento médio da ZCIT na qual foi identificada a sua posição mais ao sul nos meses de janeiro a maio do Hemisfério Sul, sendo o mês de março com o maior deslocamento latitudinal, aproximadamente 6°S. A variação latitudinal das ASAS e ASPs estão ligadas diretamente com a sazonalidade. Nos meses de verão é verificado a posição mais ao sul de ambas as altas semipermanentes, o contrário também é observado, com o posicionamento mais ao norte nos meses de inverno. Já variação longitudinal não mostrou um comportamento dependente das estações do ano. Entretanto, apresentou uma grande variabilidade da sua posição longitudinal, principalmente a ASPs. A ASAS obteve a posição mais leste (em torno de 5°L) nos meses de março a maio. A análise estatística para conhecer a relação do posicionamento da ZCIT, ASAS e ASPs com a precipitação de cada região, observou-se valores de r e r² de 0,85 e 0,72, para a região norte, 0,61 e 0,37 para região sudoeste e 0,41 e 0,16 para a região litoral leste, demonstrando que de todas as regiões, a parte norte do NEB tem uma relação mais forte com os posicionamentos da ZCIT, ASAS e ASPs.

Palavra-chave: climatologia, Nordeste brasileiro, precipitação, sistemas meteorológicos.

ABSTRACT

The present research aimed to analyze the influence of the positioning of the Intertropical Convergence Zone and the Semi - Permanent Altitudes of the South Atlantic and South Pacific in the precipitation over the Northeast region of Brazil using NCEP reanalysis data. For the development of this work, data of the uev component of the wind velocity were used, and then the vorticity was calculated to acquire the climatological series of each meteorological system (ZCIT, ASAS and ASPS) in the period from January 1988 to December 2017. In addition, we obtained the precipitation climatological series using the reanalysis data available in the Global Precipitation Climatology Project (GPCP) for three NEB regions: north, southwest and east coast. The first results refer to the monthly climatology of the precipitation of these three NEB regions and the positioning of meteorological systems. Precipitation climatology, in almost all regions, was similar for the rainy season and less rainfall was well defined, except for the coastal region. The climatology of the average position of the ITCZ in which its southernmost position was identified in the months of January to May of the Southern Hemisphere, the month of March with the largest latitudinal displacement being approximately 6 ° S. The latitudinal variation of ASAS and ASPS are directly linked to seasonality. In the summer months the southernmost position of both semipermanent highs is verified, the opposite is also observed, with the northernmost positioning in the winter months. Longitudinal variation did not show a behavior dependent on the seasons of the year. However, it presented a great variability of its longitudinal position, mainly ASPS. ASAS obtained the easternmost position (around 5 ° L) in the months of March to May. Statistical analysis to determine the relationship between the ZCIT, ASAS and ASPS positioning with the precipitation of each region, re-² values of 0.85 and 0.72 were observed for the northern region, 0.61 and 0.37 for southwestern region and 0.41 and 0.16 for the eastern coastal region, showing that from all regions, the northern part of the NEB has a stronger relationship with the ZCIT, ASAS and ASPS positions.

Key words: climatology, Northeast Brazil, precipitation, meteorological systems.

1. INTRODUÇÃO

A América do Sul (AS) dispõe de um clima heterogêneo por conta da atuação distinta dos sistemas meteorológicos proveniente da sua extensão territorial, na qual é compreendida desde latitudes tropicais até latitudes médias, assim como, as características do relevo e cobertura vegetal que varia de florestas tropicais chuvosas a deserto. Além disso, devido à ampla extensão territorial da América do Sul, existem diferentes sistemas de ventos associados com a circulação geral da atmosfera, em baixos níveis que atuam ou afetam o continente (REBOITA *et al.*, 2010). As posições dos anticlones subtropicais do Oceano Atlântico Sul e Pacífico Sul, bem como, a posição da zona de confluência dos Ventos Alísios, se caracterizam como os principais moduladores do clima da AS e em especial da região Nordeste do Brasil (NEB).

Portanto, destacando o NEB como região foco deste estudo, a qual é conhecida pela sua particularidade climática, tem sido alvo de diversos estudos acadêmicos para uma melhor compreensão acerca dos fatores determinantes no clima da região. Segundo Moura e Shukla (1981), o NEB deveria ter uma semelhança na distribuição pluviométrica com as regiões próximas ao Equador, porém, a precipitação média anual da região é bem menor que a precipitação média equatorial. A variabilidade interanual da distribuição espacial quanto temporal da precipitação se dá através das mudanças nas configurações de circulação de grande escala e com a interação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico.

Além do mais, a precipitação é considerada uma das principais variáveis para o desenvolvimento agrícola do semiárido do NEB, e por causa da sua variação espacial e temporal, ocasionam sérios prejuízos de ordem econômica e social à região. Ademais, por causa desta irregularidade das chuvas e também baixos índices pluviométricos, grande parte da população sofre com a escassez de água, na qual é considerado um problema crônico. É possível observar ciclos de fortes estiagens, secas e enchentes atingirem a região em intervalos que vão de poucos anos até décadas (MARENGO *et al.*, 2011).

Em vista disso, é de suma importância estudar os sistemas meteorológicos moduladores do clima na AS e no NEB, pois afetam significativamente o regime pluviométrico de tais regiões, e por conta disso, o estudo climatológico do posicionamento dos sistemas: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e dos Anticlones Semipermanente dos oceanos Atlântico Sul e Pacífico Sul se torna

relevante nos dias hoje, pois ainda há poucas pesquisas que relacionam o posicionamento destes sistemas meteorológicos com o regime pluviométrico, principalmente sobre o Nordeste do Brasil.

Atualmente, existem diversas pesquisas relacionadas com a ZCIT, que é considerado o principal sistema atmosférico responsável pela qualidade da estação chuvosa no norte do NEB. Por tal motivo é bastante abordada nas pesquisas para o melhor entendimento do seu comportamento e dos mecanismos que a afetam e também a sua relação com a precipitação na região equatorial. Já as ASAS e ASPs são menos abordadas comparadas com a ZCIT, no entanto há uma gama de pesquisas que estudam tais sistemas e seus impactos nas regiões do Brasil, sendo o Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul, o mais estudado. Um fator considerável que contribuiu para os avanços das pesquisas relacionadas a estes anticiclones se dá graças à modernização da área da modelagem que permitiu melhorias nos dados de reanálise e também a sua cobertura espacial e temporal capaz de abranger regiões com pouca disponibilidade de dados, como os oceanos.

Contudo, é muito frequente usar os dados de reanálise como uma opção já que a disponibilidade dos dados meteorológicos está presente, em sua maior parte, nos continentes onde possuem maior facilidade para a instalação e manutenção das estações meteorológicas, porém em regiões como os oceanos, existe um número bem pequeno de estações. E o uso dos dados de reanálise facilita e se torna uma solução para os locais com carência de dados meteorológicos, pois a sua cobertura espacial e temporal é bem representativa tanto para as regiões que apresentam uma boa quantidade de estações meteorológicas quanto para as regiões que possuem um acesso limitado.

Portanto, é possível observar poucas pesquisas que relacionam o posicionamento da ZCIT e dos Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul e Pacífico Sul com o regime de precipitação sobre o NEB. No entanto as pesquisas existentes são fundamentais para a melhor percepção do funcionamento dos tais sistemas e dos seus impactos sobre a região, sendo essenciais e servindo como base para as pesquisas iminentes. Em função disso, a presente pesquisa tem o intuito de complementar mais ainda o estudo destes sistemas além de fazer uma climatologia do posicionamento da ZCIT e dos ASAS e ASPs usando o banco de dados de reanálise e relacionar com a precipitação sobre o Nordeste do Brasil.

1.1. Objetivo Geral

Analisar a influência do posicionamento da Zona de Convergência Intertropical e das Altas Semipermanentes do Atlântico Sul e do Pacífico Sul na precipitação sobre a região Nordeste do Brasil usando dados de reanálise NCEP.

1.1.1. Objetivos específicos

- Obter série temporal das posições da Zona de Convergência Intertropical, Alta Semipermanente do Atlântico Sul e Pacífico Sul e da precipitação do NEB.
- Adquirir séries de precipitação para cada regime de chuva sobre a região Nordeste brasileira.
- Avaliar as variações sazonal e interanual destas posições e da precipitação.
- Relacionar estatisticamente as posições dos sistemas atmosféricos com a precipitação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Circulação Geral da Atmosfera

Os movimentos atmosféricos surgem a partir do aquecimento diferencial no globo terrestre em virtude da inclinação do eixo de rotação da terra em relação ao plano da órbita na direção equador – polo e continente – oceano, na direção leste- oeste e do movimento de rotação da terra. Por consequência a maior intensidade de radiação solar incidente está presente na região Equatorial. Portanto, os movimentos surgem para possibilitar a redistribuição de calor, isto é, transportar o ar mais quente do Equador para os Polos e o ar mais frio para o Equador, com o intuito de amenizar a desigualdade térmica existente entre essas regiões.

No entanto, é importante saber que os movimentos atmosféricos e os sistemas meteorológicos, associados a diferentes padrões de circulação e diferentes proporções espaciais e temporais de vida, são classificados em subdivisão de escalas para facilitar e padronizar os movimentos meteorológicos (ORLANSKI, 1975). De acordo com Lutgens e Tarbuck (1995), existem quatro escalas de tempo e espaço onde são enquadrados os movimentos atmosféricos: Microescala: dimensões de menos de 1 km e tempos de vida de segundo a minutos; Mesoescala: dimensões de 1 a 500 km e tempos de vida de minutos a dias; Escala sinótica: dimensões de 100 – 5000 km e tempos de vida de dias a semanas; Escala planetária: dimensões de 1000 – 40000 km e duração de semanas a anos.

A Circulação Geral da Atmosfera (CGA) é considerada de escala planetária, e é resultado da distribuição latitudinal da energia solar e da distribuição assimétrica de continentes e oceanos (MOLION, 1987). Além disso, a CGA consiste em um conjunto de movimentos atmosféricos que determinam as zonas climáticas na escala planetária, assim como define diversos estados temporais em diferentes lugares do planeta (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Portanto, é essencial compreender os mecanismos que regem a circulação geral da atmosfera. Um dos pesquisadores pioneiros que contribuíram para o modelo clássico da circulação geral foi George Hadley, em 1735. No qual propôs que o grande contraste térmico entre os polos e o equador, formaria uma única célula. Esta célula teria seu ar ascendente no equador e descendente nos polos, com o intuito de manter o equilíbrio térmico no globo terrestre. Porém, Hadley (1735) admitiu-se a Terra estática, isto é, sem

o movimento rotacional da Terra, e com isso o movimento do ar formaria duas grandes células de circulação meridional, uma em cada hemisfério.

As pesquisas foram se aprimorando com o tempo e diversos modelos da Circulação Geral foram desenvolvidos, até chegar aos propostos por Ferrel (1856) e aperfeiçoados por Rossby (1941) (APUD. MOREIRA, 2002). O modelo de Rossby (1941) é utilizado nos dias atuais por ser o mais complexo, pois é considerada a Força de Coriolis e a existência de três células de circulação meridional em cada hemisfério para explicar a presença dos ventos observados nas latitudes tropicais, médias e circumpolares (BARRY e CHORLEY, 1978; MOREIRA, 2002; VAREJÃO-SILVA, 2005).

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), no globo terrestre é observada a existência de sete células de transferência de energia, decorrente dos movimentos verticais e horizontais na atmosfera. As células são chamadas de circulação meridional na direção Norte-Sul (com célula de Hadley na baixa latitude, Ferrel nas médias latitudes, e Polar, nas altas latitudes) e de circulação zonal, na direção oeste – leste (célula de Walker).

De acordo com o Martins *et al.* (2008), a célula de Hadley é formada através do aquecimento próximo à superfície, que torna o ar adjacente mais leve, ascendendo o mesmo e o resfriando, sua umidade condensa e precipita em forma de chuva. No alto da troposfera terrestre, o ar seco e frio, dirige-se em direção das latitudes médias devido ser forçado pela convergência contínua de massa presente no equador. Nas latitudes de 20° e 35° Norte e Sul, o ar descendente é predominante em toda coluna atmosférica até a superfície e parte do ar diverge em direção ao Equador em baixos níveis, fechando, assim, a célula de Hadley. É verificado na célula de Hadley que as correntes de ar dirigidas para o Equador sofrem a influência do efeito de Coriolis, ou seja, são desviadas. Assim, os ventos resultantes possuem componentes de leste para oeste e uma componente dos trópicos para o equador. Esses ventos predominantes em baixos níveis, na região tropical, são conhecidos como Ventos Alísios (MOREIRA, 2002; VAREJÃO-SILVA, 2005; MARTINS *et al.*, 2008). Além também, da formação de centros de altas pressões em torno da latitude de 30° procedente do ar descendente presente nessa faixa de latitude.

Esta circulação dá origem ao principal sistema meteorológico causador de chuva na região equatorial, a ZCIT. Na qual é diagnosticada na região de baixa pressão em superfície, localizada em torno do equador, onde recebe maior quantidade de energia solar e para onde convergem os ventos alísios de nordeste do HN e de sudeste do HS, oriundos dos centros de altas pressões semipermanente, presente nos dois hemisférios.

Nas latitudes de 30° a 60°, denominada de área temperadas, é observado outra célula de circulação meridional em ambos os hemisférios, conhecida como célula de Ferrel. Segundo Martins *et al.* (2008), esta célula possui um ramo descendente entre 20° e 35° de latitude e parte deste ar escoar em direção aos Polos em baixos níveis, próximo à superfície, até ser forçado a ascender devido a convergência com o ar, mais frio e denso, oriundo da região Polar. O ar ascendente é encontrado em torno de 60° de latitude, acompanhado de condensação de umidade, precipitação e divergência do ar na alta troposfera. O efeito da Coriolis deflete o ar, que possuem a orientação de oeste para leste em superfície.

A última célula existente é a célula Polar, sua formação acontece após a convergência do ar, em baixos níveis, próximo de 60° de latitude, dirigir-se em direção aos Polos, subsidiando exatamente sobre da Região Polar e retornam no sentido ao Equador, sendo os ventos predominantes em superfície é de leste para oeste, por causa da ação da Força de Coriolis. O deslocamento do ar frio e seco vindo da região Polar, normalmente, encontra o ar mais quente e úmido, vindo de oeste, estabelecendo uma região propicia a ocorrência de frente polar, onde ocorrem tempestades (MARTINS *et al.*, 2008).

A Figura 1 mostra a ilustração da Circulação Geral da Atmosfera: a Zona de Convergência Intertropical e as Altas subtropicais provenientes da circulação de Hadley. É o modelo simplificado utilizado nos dias de hoje, e configuram as condições médias observadas ao longo do ano e em torno do globo terrestre, assinalando os ventos de grande escala predominante.

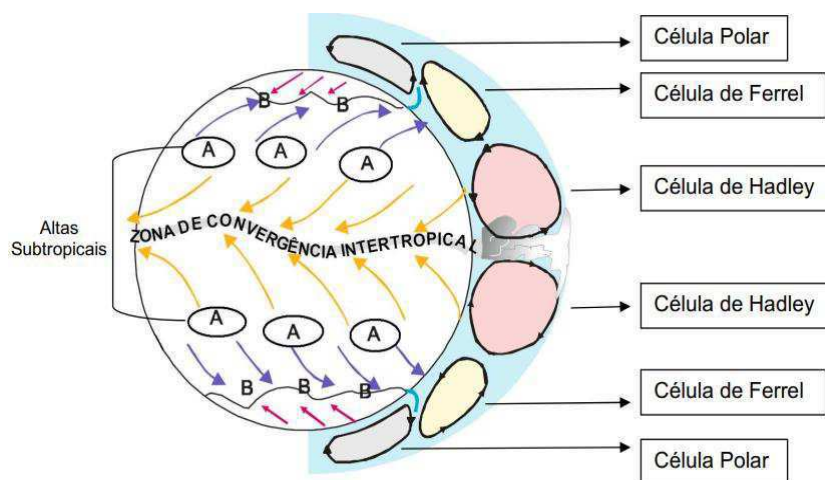


Figura 1. Esquemática das células de circulação geral, ventos globais predominantes e centros de alta (A) e baixa (B) pressão atmosférica. Fonte: VAREJÃO- SILVA, M.A (2005).

Já a circulação zonal, por sua vez, foi descoberta pelo pesquisador Gilbert Walker em 1932, e foi denominada de Circulação de Walker ou Célula de Walker. De acordo com Ayoade (1983), esta circulação é oriunda do comportamento diferenciado entre as superfícies continentais e oceânicas. A célula de Walker é identificada na região equatorial, onde se organizam entre os continentes e oceanos por conta da forma distinta de absorção do calor sensível das superfícies heterogêneas.

A absorção de calor sensível nestas superfícies é distinta em consequência da água possuir um elevado calor específico, o qual favorece uma maior inércia frente ao aquecimento ou resfriamento. Porém, o mesmo não é observado nos continentes, onde têm um menor calor específico além da distribuição de energia na vertical que nos oceanos abrange toda a camada de mistura (>200m) e nos continentes atinge 2m. Assim sendo, a temperatura das massas oceânicas é considerada mais estável que a dos continentes no período diurno.

Segundo Oliveira *et al.* (2001), tal circulação possui uma orientação Leste-Oeste e está presente na latitude baixas, mas especificamente sobre o Oceano Pacífico, influenciada pela distribuição dos oceanos e continentes. Em condições normais, a circulação de Walker promove intensa atividade convectiva próxima à região da Austrália e Indonésia sobre o Pacífico Oriental, e resulta em movimentos descendentes no oeste da América do Sul. Os alísios são encontrados na baixa troposfera, dirigindo-se sobre o oceano Pacífico Equatorial, na orientação leste - oeste, em altos níveis o vento tem a direção de oeste-leste.

A área do Pacífico Oriental possui elevados valores da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e a termoclina apresenta-se mais profunda, ao contrário do que é visto na costa oeste da América do Sul.

As variações anômalas do campo de pressão e a variação térmica da superfície oceânica no Pacífico originam-se os fenômenos de escalas interanuais El niño e La niña. A célula de Walker também é encontrada no oceano Atlântico, porém no Pacífico existe uma interação com a região dos Andes na costa oeste da América do Sul e também com a grande Floresta Amazônica. Esta interação com a Amazônica está mais relacionada com a circulação de Walker, movimentos ascendentes sobre a América do Sul e descendentes sobre o Atlântico Tropical Sul.

De acordo com Moreira (1999), é notada a interação das duas células de circulação, zonal e meridional, juntamente com as condições oceânicas que são importantes aspectos, pois moldam estas circulações. Qualquer mudança nas componentes do sistema Hadley-Walker provoca consequências na circulação da atmosfera, resultando em uma reorganização do sistema em busca do equilíbrio.

2.2. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

O NEB apresenta um clima complexo, indicado por grande variabilidade espaço-temporal da precipitação, elevada taxa de evaporação e temperatura média alta, variando entre 24°C e 28°C. A precipitação máxima no norte do NEB, principalmente dos estados de Maranhão, Ceará, oeste do Rio Grande do Norte e interior de Paraíba e Pernambuco, está situada no período de fevereiro a maio e deve-se ao deslocamento da Zona de Convergência Intertropical para as latitudes mais ao sul, sendo determinante na qualidade do período chuvoso da região (UVO, 1989).

Portanto, a ZCIT é principal sistema meteorológico precipitante atuante na região Nordeste brasileira. A ZCIT é um sistema de escala planetária, definido como uma zona de confluência dos ventos alísios que ocorre nas proximidades da linha do equador. Ferreira (1996) destacou as características atmosféricas e oceânicas marcantes que interagem e estabelecem a ZCIT, tais como: a) Zona de Confluência dos Alísios (ZCA); b) Zona do Cavado Equatorial; c) Zona de Máxima Temperatura da Superfície do Mar (TSM); d) Zona de máxima convergência de massa e; e) Zona da banda de máxima cobertura de nuvens convectivas. Segundo o autor ainda, estas interações não, necessariamente, ocorrem ao mesmo tempo sobre mesma latitude.

De acordo com Carvalho (2013), na região sob atuação da ZCIT é constatada a presença de aglomerados convectivos, sendo considerado um dos principais mecanismos para o aquecimento atmosférico através, principalmente, da liberação de calor latente e pela interação entre a radiação solar e a nebulosidade. Portanto, o estudo da ZCIT é de extrema importância para o entendimento do comportamento da circulação geral da atmosfera e as particularidades do regime de precipitação da região equatorial. De acordo com Frierson *et al.* (2013), a atuação da ZCIT está diretamente relacionada com a disponibilidade de água na região equatorial e as anomalias na sua variabilidade temporal e espacial afetam significativamente a vida de ecossistemas e de inúmeros tipos de sociedade, além de acarretar sérios impactos econômicos, sociais e ambientais. Molion e Bernardo (2002) consideram a ZCIT como um dos principais sistemas meteorológicos precipitantes, contribuinte para a estação chuvosa no norte do nordeste brasileiro.

A ocorrência de estações chuvosas extremamente escassas ou abundantes estaria diretamente relacionada com o deslocamento da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), responsáveis pelos ventos alísios de SE, e da Alta Subtropical do Atlântico Norte, responsáveis pelos ventos alísios de NE em direção ao equador, respectivamente (HASTENRATH e HELLER, 1977).

De acordo com Philander *et al.* (1996), a ZCIT tem sua posição média um pouco ao norte do equador, mesmo ela apresentando uma grande variação sazonal e longitudinal. Este sistema desloca-se, durante o ano todo, em direção aos dois hemisférios. Moura e Aimola (2016) afirmam que na escala temporal sazonal, a ZCIT é direcionada alternadamente em direção ao hemisfério que possui o maior aquecimento acompanhando o movimento do sol ao longo do ano, sendo localizada a partir de uma estreita faixa de nebulosidade convectiva bem definida principalmente nos oceanos Pacífico centro-oriental e Atlântico tropical. O mesmo é observado sobre os continentes sul americano e africano, isto é, oscila de acordo com a estação do ano, no entanto com uma distribuição espacial mais espalhada e segmentada.

Há estudos que abordam a influência da ZCIT na ocorrência de eventos pluviométricos extremos, como o de Pereira (2016) que investigou a causa de eventos pluviométricos extremos na cidade de João Pessoa (PB) ocorridos nos dias 16 e 17 de abril de 2016. O estudo feito por Foltz *et al.* (2012) investigou as causas das chuvas acima do normal no ano de 2009 e descobriu que o motivo das chuvas intensas que causaram transtornos no NEB foi devido o deslocamento da ZCIT mais para sul do que

a climatologia, originado pelo gradiente da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e as anomalias do vento da superfície que mantiveram a ZCIT por mais tempo no HS, até o mês de maio.

Segundo Nobre e Molion (1998), afirmaram que no Oceano Atlântico, a ZCIT tem sua posição mais boreal (cerca de 14°N) no decorrer dos meses de agosto e setembro, já nos meses de março e abril (outono austral), a ZCIT tem sua posição mais ao sul (cerca de 2°S). Em anos mais chuvosos no NEB, a ZCIT pode alcançar cerca de 5°S como a posição mais austral (MELO *et al.*, 2009). Segundo Reboita *et al.* (2010), a região Norte e Nordeste do Brasil apresentaram os máximos pluviométricos no primeiro semestre do ano devido à migração sazonal da ZCIT para o hemisfério Sul. A sua localização no oceano Atlântico na estação de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e de outono (março, abril e maio) chega a aproximadamente 4°S e no inverno em 10°N (HASTENRATH, 1991).

Diversos estudos têm abordados a consequência das anomalias da TSM dos oceanos Pacíficos e Atlântico tropicais no posicionamento latitudinal da ZCIT e na precipitação no Nordeste brasileiro (HASTENRATH e HELLER, 1977; MOURA e SHUKLA, 1981; ROPELEWSKI e HALPERT, 1989; XAVIER, 2001; XAVIER *et al.*, 2003). Onde ficou evidente a sensibilidade da precipitação do NEB na presença de eventos extremos de TSM no Pacífico equatorial, principalmente associado ao evento El Niño Oscilação Sul (ENOS), do mesmo modo que, as anomalias de TSM do oceano Atlântico tropical Norte e Sul (Dipolo do Atlântico Tropical) afetam, simultaneamente, o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical e conseqüentemente a influência da distribuição da precipitação sobre a bacia do Atlântico e norte da América do Sul (FECHINE, 2015).

2.3. Altas Semipermanentes Subtropicais dos Oceanos Atlântico e Pacífico

Estudos comprovam que os sistemas denominados de anticiclones são definidos como centros de alta pressão atmosférica. Estes sistemas são formados pelo ramo subsidente presente na coluna atmosférica, conseqüentemente, apresentando um campo de divergência do ar na superfície e convergência em altos níveis (alta troposfera). Segundo Musk (1988), tais aspectos acarretam estabilidade atmosférica, céu limpo e baixa umidade sobre a região atuante do anticiclone.

As Altas Subtropicais, também conhecidas como centros de ação atmosféricos (ITO e AMBRIZZI, 1999), têm sua formação associada à circulação do ar de escala planetária, proveniente da célula de Hadley, localizados em torno de 30° de latitude nos principais oceanos do planeta Terra. No Hemisfério Norte (HN) é encontrado as altas do Atlântico Norte e do Pacífico Norte, já no hemisfério Sul (HS), as altas do Atlântico Sul, do Pacífico Sul e sul do oceano Índico (HASTENRATH, 1985; MORAN e MORGAN, 1994).

O primeiro pesquisador a estudar e definir os grandes centros de ação atmosféricos foi o Teisserreng de Bort em 1883, onde analisou mapas mensais de pressão média ao nível médio do mar. Desde então, foram realizados diversos estudos abordando os aspectos e mecanismos físicos desta circulação, mais precisamente sobre o Atlântico Norte - Europa devido a extensa gama de dados (ITO e AMBRIZZI, 1999). Porém, a presente pesquisa abordará alguns autores relevantes para este estudo.

O estudo feito por Hastenrath (1985), teve o intuito de averiguar o comportamento e as características de todas as altas subtropicais semipermanentes dos dois hemisférios no período de 5 anos de dados. Hastenrath (1985) analisou a variação mensal da latitude e longitude da posição das altas e estudou as características do ciclo anual e do gradiente meridional de pressão. O autor verificou que as altas ficam mais próximas do equador durante seus respectivos invernos. Referente ao deslocamento longitudinal das altas, o autor observou que todas (exceto a do Pacífico sul) foram encontradas mais a leste na estação de inverno do HN e mais a oeste no verão do HN. Relativo à Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), o autor constatou que nos meses de inverno ela alcança uma posição mais ao norte (entre 27° e 28°S) e mais a oeste (entre 12° e 14°S) do que em outros meses.

Um tempo depois, Machel *et al.* (1998) investigou os centros de pressão no oceano Atlântico: Baixa da Islândia, Alta de Açores, ZCIT e ASAS, onde consideraram as variações temporais das suas intensidades e o deslocamento latitudinal e longitudinal em todos os meses do período de 108 anos (1881 a 1989), além das tendências lineares e interações. Em referência às ASAS, perceberam que a sua variação sazonal é definida por uma dupla oscilação longitudinal (orientação leste - oeste), com sua posição mais a leste nos meses de outubro e abril e a posição mais a oeste em julho/agosto e janeiro a março. O fortalecimento da ASAS está relacionada com o movimento mais para o sul, com a sua pressão central variando entre 1021 hPa de dezembro a abril e 1026hPa em agosto.

Para suprir a carência de pesquisas relacionadas na época, Ito e Ambrizzi (1999) realizou um estudo climatológico sobre a ASAS através do comportamento diário da sua posição, usando dados de reanálises do NCEP para o período de 1977 a 1996, focando apenas nos meses de inverno (junho, julho e agosto). A autora constatou que os maiores deslocamentos longitudinais ocorreram durante todo o mês de julho e também em alguns dias do início e fim do mês de agosto, enquanto que o mês de agosto apresentou um deslocamento latitudinal levemente maior que os demais meses. Segundo os resultados encontrados por Ito e Ambrizzi (1999), em média, o centro da ASAS atingiu uma posição mais a oeste em julho, em torno de 10°W , e manteve-se mais a leste nos meses restantes (entre 4°W), em relação a latitude média, o centro localizou-se em torno 28°W nos meses de junho e julho e próximo de 29°W em agosto, sendo assim possuindo pouca variação latitudinal mês a mês.

Os resultados obtidos por Ito e Ambrizzi (1999) foram semelhantes aos encontrados por Machel *et al.* (1998) para a ASAS, onde o deslocamento leste e oeste e seu comportamento diário segue o padrão de sistemas frontais. E quando ocorre a passagem de uma frente fria, é observado o deslocamento zonal da ASAS em direção a leste.

Segundo Degola (2013), a ASAS, dependendo da sua posição, pode influenciar ou não a precipitação no litoral leste do Nordeste brasileiro. A precipitação é favorecida quando a ASAS está situada para o sul da sua posição climatológica e próximo ao continente sul-americano, devido aos ventos do setor norte da ASAS intensificarem os ventos de sudeste/leste, assim, chegar ao litoral nordestino e, portanto, contribuindo para o maior transporte de umidade do oceano para o continente. O oposto é observado também, ou seja, quando a ASAS se encontra afastado do continente e não tão deslocado para o sul, desfavorece os ventos de sudeste/leste e, assim, contribuir para diminuição da precipitação (MOSCATI, 1991).

Segundo Vianello e Maia (1986), a ASAS é responsável pela grande parte das condições de tempo no continente sul-americano. Moscati (1991) e Reboita *et al.* (2010), ressaltam a importância da posição da ASAS para o regime de precipitação no litoral do NEB. Molion E Bernardo (2004) também destaca a importância da posição do centro de alta pressão no clima da América do Sul. Ele relata que o clima desta região é amplamente afetado pelo deslocamento zonal do centro da ASAS. Segundo Marengo *et al.* (2010), as regiões do Brasil como a região sudeste, centro-oeste e parte do Nordeste são fortemente influenciadas pela circulação da ASAS durante o inverno, já que a

ASAS é mais intenso e está localizada mais para oeste, ocasionando a inibição da convecção e da passagem de sistemas frontais e consequentemente da ocorrência de chuva em tais regiões.

Além disso, a América do Sul tem alguns padrões específicos de circulação presente ao seu redor, como a ASAS e o Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul (ASPS). Garreaud e Falvey (2009) destacaram que as variações na intensidade e na posição do ASPS e as anomalias no campo da pressão ao nível do mar, durante o ano todo, são fatores determinantes para a variabilidade dos ventos na costa oeste subtropical da AS. Segundo os autores, os ventos de sul que alcançam esta região, são essenciais para o meio ambiente local, pois causam a ressurgência de águas frias, ricas em nutrientes, e assim a existência de um dos ecossistemas marinhos mais produtivos.

Reboita *et al.* (2010), analisou a climatologia e os regimes de precipitação na AS, na qual separou as regiões com o mesmo regime pluviométrico e explicou os mecanismos causadores de chuva para cada região. Na qual, constatou que um dos mecanismos condicionadores de precipitação no Sudoeste da AS (centro-sul do Chile e extremo oeste do centro-sul da Argentina) é a posição da ASPS (ACEITUNO, 1980) com uma precipitação média anual variando entre 1000 a 1700 mm. Ainda de acordo com a autora, no inverno o ASPS localiza-se mais ao norte ($25^{\circ}\text{S} - 90^{\circ}\text{W}$) e os ventos de oeste ocasionados por este sistema esbarram na Cordilheira do Andes que força o ar a ascender por volta de 30°S de latitude favorecendo a precipitação na região. No verão, o ASPS encontra-se mais ao sul em torno de 33°S e com isso a região tem o mínimo de precipitação devido a inibição da formação de nuvens que o ASPS causa na região. Além disso, a posição do ASPS interfere na passagem de sistemas transientes principalmente no verão austral, onde o ASPS está localizado mais ao sul. Segundo Amaro (2015), o predomínio dos ventos da extremidade leste oriundos do ASPS acarreta na diminuição na passagem de sistemas baroclínicos nesta região.

2.4. Sistemas meteorológicos precipitante no Nordeste Brasileiro

O NEB está contido na região tropical, e é denominado por sua característica climática semiárida e também pela alta variabilidade temporal e espacial da precipitação, sendo a pluviosidade a variável meteorológica mais importante, sendo possível observar anos chuvosos e anos secos. Um dos fatores que influenciam

diretamente a precipitação no Nordeste brasileiro (NEB) são os diversos sistemas meteorológicos que a atingem.

Uvo e Berndtsson (1996) selecionaram mecanismos que governam o regime de chuva na região, são eles: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico; Frentes Frias e Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). Além desses mecanismos organizadores de precipitação, Ramos *et al.* (1994) destacaram também a atuação das Linhas de Instabilidades (LI's), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e o efeito de brisa marítima e terrestre.

Além de a ZCIT ser considerada o principal sistema meteorológico precipitante na região norte do NEB, existem outros sistemas que contribuem para as chuvas no NEB como é o caso do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN). O VCAN é um sistema de escala sinótica e de origem tropical que ocorrem sobre o oceano Atlântico Sul Tropical e no NEB, principalmente no verão (GAN e KOUSKY, 1986; RAMIREZ, 1997; RAMIREZ *et al.*, 1999; MORAIS, 2016).

O VCAN é originado, nessa estação do ano, devido ao desenvolvimento da Alta da Bolívia (AB) e conseqüentemente de um cavado que favorece um ambiente propício para a formação de VCAN's (KOUSKY e GAN, 1981; GAN, 1982; GAN e KOUSKY, 1986; SATYAMURTY *et al.*, 1998).

Alguns autores não sabem totalmente, ao certo, quais os mecanismos responsáveis pela gênese do VCAN. Contudo, estudo feito por Kousky e Gan (1981), propõe que um destes mecanismos é a presença de uma frente fria que se desloca das latitudes médias da América do Sul para os trópicos. Segundo Reboita *et al.* (2017), a frente fria favorece uma intensa advecção horizontal de ar quente em baixos níveis, e assim precedendo a frente fria que colabora com a amplificação de uma crista em altos níveis, que na maioria das vezes é uma continuação da AB.

Segundo Ramires *et al.* (1999), quando estudaram a climatologia do VCAN, observaram o forte predomínio de vórtices na estação de verão austral, principalmente no mês de janeiro onde foram identificados 30 casos de ocorrência de VCAN entre os anos de 1980 a 1989. Entretanto, na estação de inverno não foi observado nenhum caso. De acordo com os autores, a duração de vida de um VCAN pode variar de 4 a 11 dias e podem ser sistemas estacionários ou apresentar deslocamento (MORAIS, 2016).

Ainda de acordo com o estudo feito por Ramírez *et al.* (1999), foi estabelecido que a área de formação dos Vórtices ciclônicos de altos níveis, normalmente ocorre sobre o Atlântico Tropical Sul e permanecem retidos na média e na alta troposfera

durante todo o seu ciclo de vida. Além do mais, à medida que sobe na média troposfera observa-se a inclinação do eixo do VCAN para leste e a atividade convectiva é mais intensa na direção de deslocamento do ciclone, geralmente a oeste. Segundo Morais (2016), a distância percorrida por um VCAN é cerca de 2000 km.

Normalmente, quando se tem um VCAN estacionário, a convecção é distribuída de forma homogênea e meridional a oeste do centro do VCAN, ou seja, na sua periferia. Todavia, se houver o deslocamento para o oeste, ocorrerá uma intensificação da vorticidade relativa e, por conseguinte um aumento da convecção nessa região.

Outro sistema meteorológico precipitante de suma importância são os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), estes sistemas são considerados de escala sinótica e são essenciais para o regime de precipitação no nordeste do Brasil. Eles são considerados como uma perturbação nos ventos alísios e se propagam de leste para oeste, e podem ser caracterizados por alterações da componente meridional dos ventos alísios, onde tais atributos podem ser identificados nos campos de pressão em 700 hpa e no vento (ALVES *et al.*, 2001).

Espinoza (1996) estudou as características dos distúrbios ondulatórios de leste no Atlântico Tropical e comprovou que estes distúrbios são mais intensos e predominantes nos meses: junho, julho e agosto do Hemisfério Sul e no Hemisfério Norte durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

A precipitação gerada pelos DOL tende a ser mais esparsa a oeste do cavado (próxima ao seu eixo), mais intensa e frequente sobre o eixo e de moderada a forte a leste do eixo do cavado (COUTINHO e FISCH, 2007). Além disso, os DOL's podem intensificar perturbações convectivas como, por exemplo, as linhas de instabilidade, favorecendo sua propagação continente adentram (BARBOSA, 2005).

As frentes frias são outros mecanismos contribuintes para a formação de chuva no NEB. Estes sistemas atmosféricos são oriundos de médias latitudes que penetram até as latitudes tropicais, entre os meses de novembro e janeiro (FERREIRA e MELLO, 2005). As frentes frias são determinadas pela transição de duas massas de ar com características termodinâmicas (densidade, temperatura, umidade e pressão) distintas, que de acordo com Silva Dias e Vianello (1991), elas tendem a manter as mesmas propriedades de origem e assim conservando suas particularidades. O estudo feito por Strang (1972), observou que as regiões sul da Bahia e Maranhão, apresentaram a influência de vestígios de sistemas frontais nos meses de novembro, dezembro e janeiro.

Indo para uma escala de tamanho menor dos sistemas meteorológicos precipitantes, tem-se os efeitos de mesoescala presentes na formação de chuva, como a brisa marítima. A brisa marítima ocorre devido ao aquecimento e resfriamento diferenciais entre o oceano e o continente (FEDOROVA, 2001). O oceano possui um calor específico maior em relação ao continente, e por isso ele aquece e resfria mais lentamente que a superfície do continente. Desta maneira, surge um gradiente de temperatura e de pressão atmosférica que dá origem a uma circulação conhecida como brisa.

No período noturno, se tem uma circulação do continente para o oceano em baixos níveis, chamada de brisa terrestre. Durante o período diurno temos a circulação oposto, os ventos vão do oceano para o continente (brisa marítima).

Quando a brisa marítima adentra o continente, sofre a influência de uma superfície mais rugosa, no qual desacelera a mesma e assim contribui para a convergência próxima à costa (KOUSKY, 1980).

Kousky (1980) sugere ainda, com base em dados observados, que a brisa marítima pode dá origem a formação de Linhas de Instabilidades na costa nordeste do Brasil. Segundo Cohen *et al.* (1995), consideraram que a propagação das linhas de instabilidade é resultado de um sistema complexo onde ocorrem interações entre escalas que variam da grande escala, para a mesoescala e a escala de nuvens. A grande escala associa-se aos distúrbios ondulatórios de leste e as fontes de calor localizadas no Oeste da Amazônia, a mesoescala envolve os fenômenos de brisa marítima e a escala de nuvem está relacionada com a manutenção das linhas no seu ciclo de vida.

2.5. Região Nordeste do Brasil

De acordo com Kously (1980), o Nordeste brasileiro possui uma característica do clima semiárido com uma grande variabilidade anual na precipitação. A região NEB sempre sofreu com grandes secas ou grandes cheias que afetam diretamente a vida da população. Relatos podem ser encontrados sobre as secas que atingiram esta região, tal fenômeno remota aos tempos do Brasil Colônia, não sendo, portanto, um problema recente.

No entanto, a seca é uma característica marcante do clima semiárido e é um fenômeno com grande potencial para destruição em muitas partes do globo, afetando não apenas a população, mas também a fauna e a flora da região.

Pelo motivo do Nordeste brasileiro ser uma região complexa, referente ao aspecto clima, a variabilidade na distribuição espacial e temporal da precipitação foi foco de diversos pesquisadores que estudaram o clima da região (ALDAZ, 1971; STRANG, 1972; AZEVEDO, 1974; MARENGO, 2011).

De acordo com Strang (1972) e Marengo (2011), o NEB apresenta basicamente três regimes pluviométricos, os quais são determinados predominantemente por perturbações sinóticas, pela circulação geral da atmosfera, efeitos orográficos, brisa marítima e outros fatores locais, sendo localizados:

1. No norte da Região Nordeste, apresenta um regime equatorial marítimo, o período chuvoso se estende nos meses de fevereiro a maio, estando relacionada ao movimento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que tem sua posição mais ao Sul durante a estação de outono e a posição extremo norte na estação de primavera.
2. No sul-sudoeste da Região Nordeste, sendo o principal período chuvoso nos meses de outubro a fevereiro. O principal sistema meteorológico causador de precipitação é a passagem de frentes frias oriundas do sul do Brasil. Além disso, é observado chuvas em forma de pancadas isoladas, que geralmente ocorre no final da tarde e início da noite, devido ao aquecimento diurno (MARENGO, 2011).
3. No leste do Nordeste ou a Zona da Mata, o máximo de precipitação ocorre no fim do outono e no início do inverno (abril a agosto), as chuvas são provocadas pelas perturbações dos alísios, conhecidas como distúrbios ondulatórios de leste, pela penetração de sistemas frontais, além disso, não menos importante, o contraste térmico entre o oceano junto à costa com o continente.

A Figura 2 mostra muito bem essa divisão dos regimes de chuva na Região Nordeste com base nos estudos feitos por Strang (1972), que analisou as chuvas observadas no período de 1931 a 1960, utilizando valores médios mensais da precipitação e constatou a presença de três sistemas pluviais atuantes no NEB. O autor verificou os meses centrais de cada regime: março (3), maio (5) e dezembro (12) que estão associados diretamente com os diferentes sistemas meteorológicos atuantes na região Nordeste do Brasil.

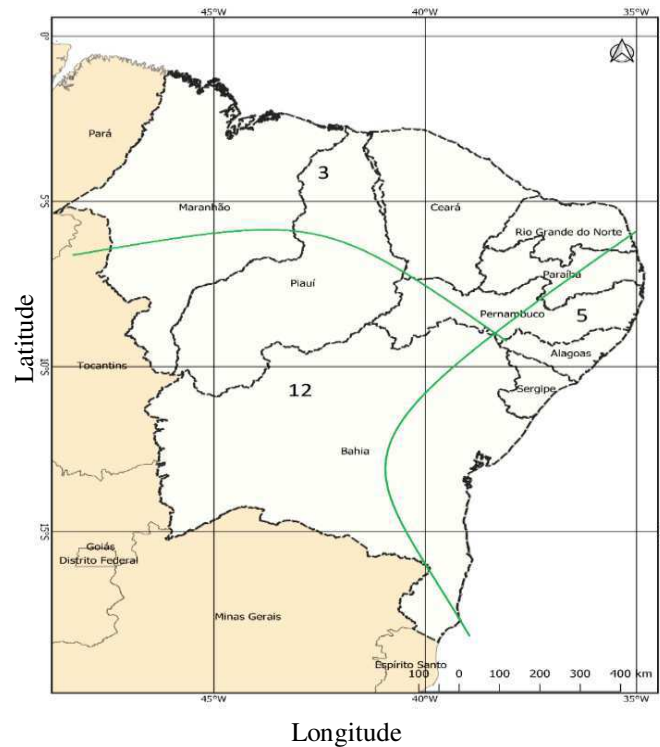


Figura 2. Localização das áreas dos sistemas pluviais, identificados como: 3 (março), 5 (maio) e 12 (dezembro), meses com máximos principais de chuvas na Região Nordeste. Fonte: Autora (2019).

No contexto geral, a região NEB apresenta uma grande homogeneidade sazonal e espacial da temperatura devido a sua localização entre os trópicos. Porém, somente no sul da Bahia é verificada maior variabilidade sazonal de temperatura devido a penetração das massas de ar Tropical Marítima (RATISBONA, 1976), normalmente instáveis, profundas e úmidas nos meses de inverno, isto é, a variabilidade climática da Região é em função dos diferentes regimes de precipitação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo consiste, basicamente, em cinco etapas: a elaboração da climatologia da posição dos anticiclones semipermanentes do Oceano Atlântico e do Oceano Pacífico; a climatologia da posição latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); a climatologia da variável precipitação para a região Nordeste brasileira e análise estatística.

3.1. Localização da área de Estudo

A área de estudo está concentrada nas coordenadas de 40°E a 160°W e de 30°N a 60°S, abrangendo toda a América do Sul e os sistemas atmosféricos abordados neste estudo (ZCIT, ASAS e ASPS) como é mostrado na Figura 3, além de indicar a posição climatológica de cada sistema atmosférico. Dando foco sobre a região Nordeste Brasileira (destacada na Figura 3), onde será investigada a influência de tais sistemas sobre a precipitação nesta região.

O NEB é composto por nove estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, equivalente a 18% do território nacional com uma extensão de 1.558.196 km² (IBGE, 2010) e possui, dentre as demais regiões, a maior costa litorânea do país banhada pelo Oceano Atlântico, sendo que o estado da Bahia possui a maior costa litorânea com 932 km. O NEB possui um clima típico de regiões semiáridas, exceto as regiões do litoral leste e do maranhão, com baixos índices pluviométricos em quase toda sua extensão territorial, e apresenta estação chuvosa bem definida, limitada em poucos meses.

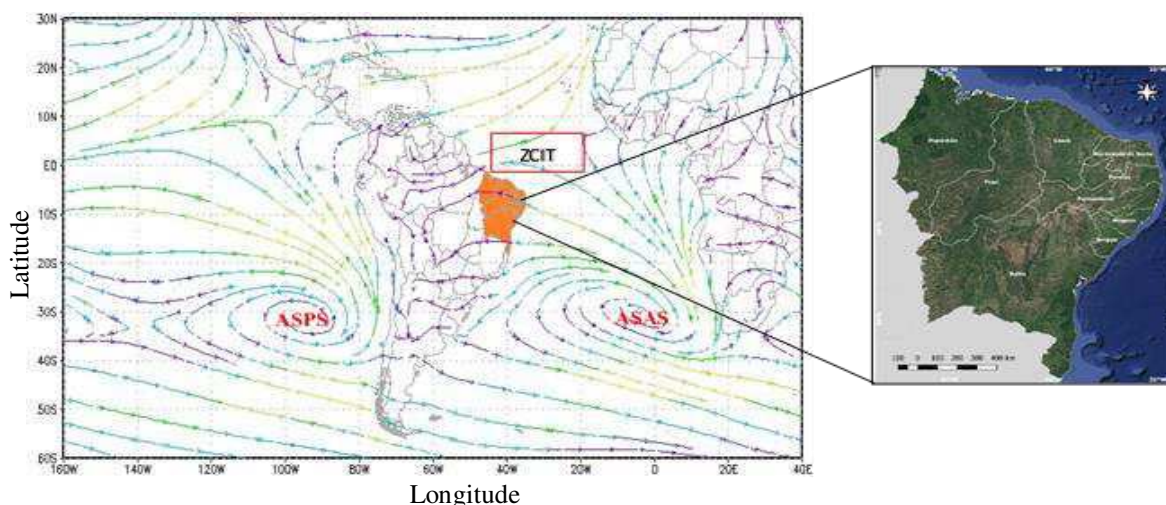


Figura 3. Mapa de Localização dos sistemas atmosféricos e da região Nordeste brasileiro.

3.2. Clima da Região Nordeste do Brasil

A julgar o aspecto climático da região NEB, é possível afirmar um clima semiárido, com considerável variação temporal e espacial da precipitação pluviométrica e elevadas temperaturas ao longo do ano (AZEVEDO *et al.*, 1998). Por mais que registre elevadas temperaturas durante o ano, as amplitudes térmicas são em torno de 6°C.

O domínio do semiárido é bastante heterogêneo, possuindo características distintas conforme os fatores geocológicos locais. Segundo Melo (1958) e Monteiro (1988), o relevo regional desempenha um papel importante na determinação de diferentes paisagens. Logo, o clima é influenciado, sobretudo, pelo relevo, tendo em vista que as áreas do Planalto da Borborema, transversais à direção preponderante dos ventos, influenciam na distribuição espacial da precipitação. Portanto, o Nordeste brasileiro é dividido em quatro zonas geográficas, segundo Silva *et al.* (2011):

Meio Norte: que representa a transição entre a Amazônia e o Sertão, localizada mais a oeste do NEB, abrangendo os estados de Maranhão e Piauí. Na faixa litorânea pode-se encontrar um acumulado anual de precipitação de 2.000 mm, sendo que este acumulado é reduzido para 1500 mm/anual, à medida que se estende mais para o leste e/ou para o interior da região. São encontradas características parecidas com o Sertão no sul do Piauí, pois chove cerca 700 mm por ano;

Sertão: é localizado no interior do Nordeste e possui um clima semiárido. Esta mesorregião estende-se ao norte de Minas Gerais, no Sudeste do NEB, com precipitação irregulares e escassas, com médias pluviométricas anuais oscilando entre 300 e 800 mm, além de períodos de estiagem, e a vegetação típica é a caatinga;

Agreste Nordestino: refere-se a uma faixa de transição entre a Zona da Mata e o Sertão, localizado no alto do planalto da Borborema, que é uma barreira natural que impede a chegada das chuvas até o Sertão, pois ela se prolonga do sul da Bahia até o Rio Grande do Norte. Pode-se observar no lado leste do planalto, terras mais úmidas e verdes (Zona da Mata) e a parte oeste nota-se que o clima vai ficando cada vez mais seco (Sertão).

Zona da Mata: É encontrada no leste do NEB, entre o Planalto e o Litoral, e abrange os estados do Rio Grande do Norte até o Sul da Bahia, onde é observado um grande acumulado de chuva.

No conjunto do quadro regional as médias térmicas são elevadas, acima de 26°C e a evaporação é intensa produzindo acentuado déficit hídrico, expresso por uma drenagem intermitente, com características de torrencialidade (CONTI, 2005).

3.3. Dados

3.3.1. Precipitação

Em virtude da pesquisa abordar sistemas atmosféricos presentes nos oceanos Atlântico Sul e Pacífico Sul, nas quais dispõe-se de pouca disponibilidade de dados meteorológicos, as informações de precipitação foram extraídas dos bancos de dados de reanálise para manter um efeito de homogeneidade, ou seja, todos os dados utilizados neste trabalho são dados de reanálise. O uso da precipitação de reanálise foi necessário para mostrar o comportamento de cada regime pluviométrico, pois um dos objetivos da pesquisa é evidenciar a qualidade da estação chuvosa de cada regime e não quantitativamente os valores mensais de chuva.

Portanto, foram utilizados dados mensais de precipitação do *Global Precipitation Climatology Project (GPCP) do Nacional Centers for Environmental Prediction (NCEP) / National Center for Atmospheric Research (NCAR)*, para o período de 1988 a 2017 correspondentes à Região Nordeste. As informações da precipitação consistem em uma resolução de 2,5° de latitude por 2,5° de longitude, determinada a partir da combinação de dados observacionais e dados estimados de precipitação de satélites em redes globais.

3.3.2. Componentes horizontal do Vento

O uso dos dados das componentes: u e v do vento foram adquiridos do site do NCEP/NCAR (<https://www.esrl.noaa.gov/>) para o mesmo período de janeiro de 1988 a dezembro de 2017 com a cobertura temporal de valores mensais. Estes dados dispõem de uma resolução espacial de 1,9° de latitude e 1,9° de longitude, além de serem representado em nível de superfície ou próximos a ela.

Portanto, as informações das componentes horizontais do vento serviram como base para a coleta, no nível de 850 hPa, das coordenadas de localização dos sistemas atmosféricos estudados na presente pesquisa.

3.4. METODOLOGIA

3.4.1. Precipitação

A determinação da climatologia e da qualidade da estação chuvosa estimadas pelo GPCP foi realizada através da criação de subáreas nos três sistemas pluviais existentes no NEB e posteriormente calculada a média mensal dos trinta anos de estudos para saber se condizia com a literatura abordada.

A Figura 4 indica as subáreas feitas subjetivamente para representar o regime pluviométrico de cada região. A costa litorânea foi a região que apresentou duas subáreas, pois a mesma é influenciada por fenômenos meteorológicos de escala sinótica que atuam em épocas distintas. Segundo Strang (1972) e Kousky (1979), este padrão é observado no setor centro-norte da Bahia (dezembro a março) e no seu litoral (dezembro e maio). Por este motivo foi necessário fazer a média entre as duas subáreas para representar, enfim, este regime pluviométrico.

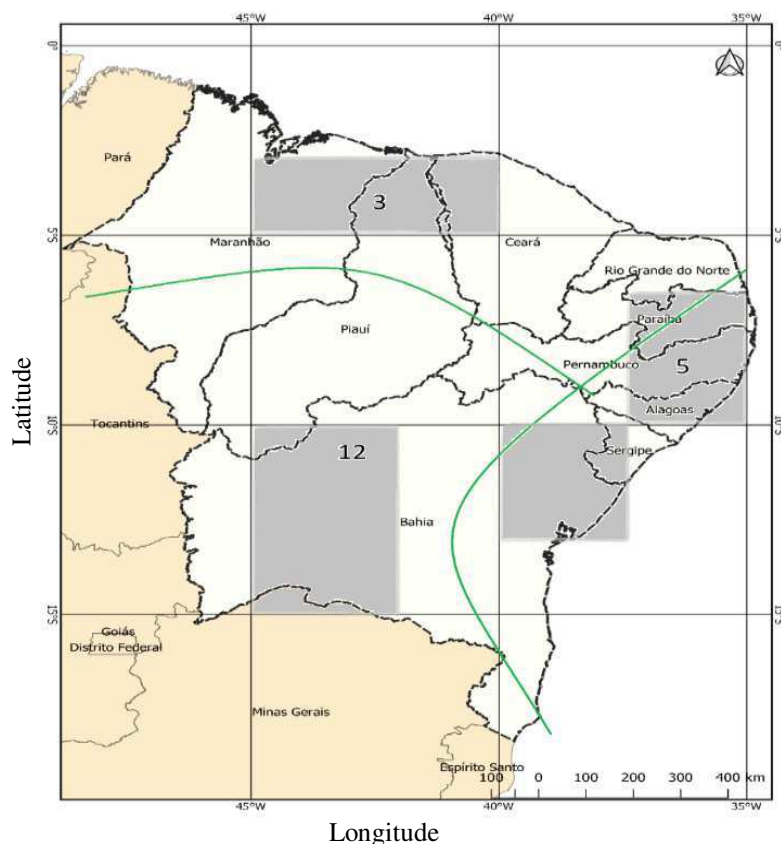
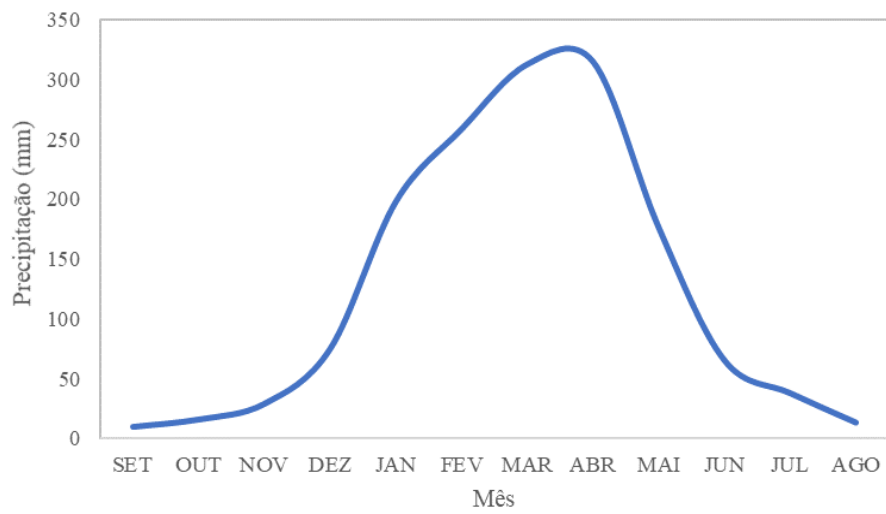


Figura 4. Regime Pluviométrico da região Nordeste do Brasil, de acordo com Strang (1972) e as Subáreas em cinza representando cada sistema pluvial no Nordeste brasileiro. Adaptada: Autora (2019).

Posteriormente, foi utilizado o Software *Grid Analysis and Display System* (GrADS) com o intuito de extrair os dados de precipitação que estavam no formato NetCDF para o formato texto. As Figuras 5, 6 e 7, mostram as médias mensais da série de 30 anos (1988 – 2017) para os três regimes pluviométricos presentes na região Nordeste brasileira. O principal objetivo é comprovar a semelhança entre os dados de reanálise e os resultados encontrados por Strang (1972).

Segundo Strang (1972) e Kousky (1979), o norte do NEB tem sua estação chuvosa nos meses de outono e o mínimo de chuva nos meses de primavera, sendo março o mês com maior precipitação, como é observado na Figura 5, no qual corresponde com o deslocamento latitudinal da Zona de Convergência Intertropical, principalmente nos meses da estação de outono do Hemisfério Sul, destacando os meses março e abril com o volume de chuva em média de 330 mm. Já a Figura 6, apresenta o período chuvoso do sul-sudoeste do NEB nos meses de primavera e verão, sendo o mês de dezembro mais chuvoso com aproximadamente 180 mm, associado com a presença de VCAN's e resquícios de frentes frias, vinda do sul do Brasil. A Figura 7 mostra o regime pluviométrico da costa litorânea do Nordeste brasileiro, com um acumulado mensal máximo nos meses de inverno, consequência da influência de Distúrbios Ondulatórios de leste, conhecidos como DOL.

a)



b)

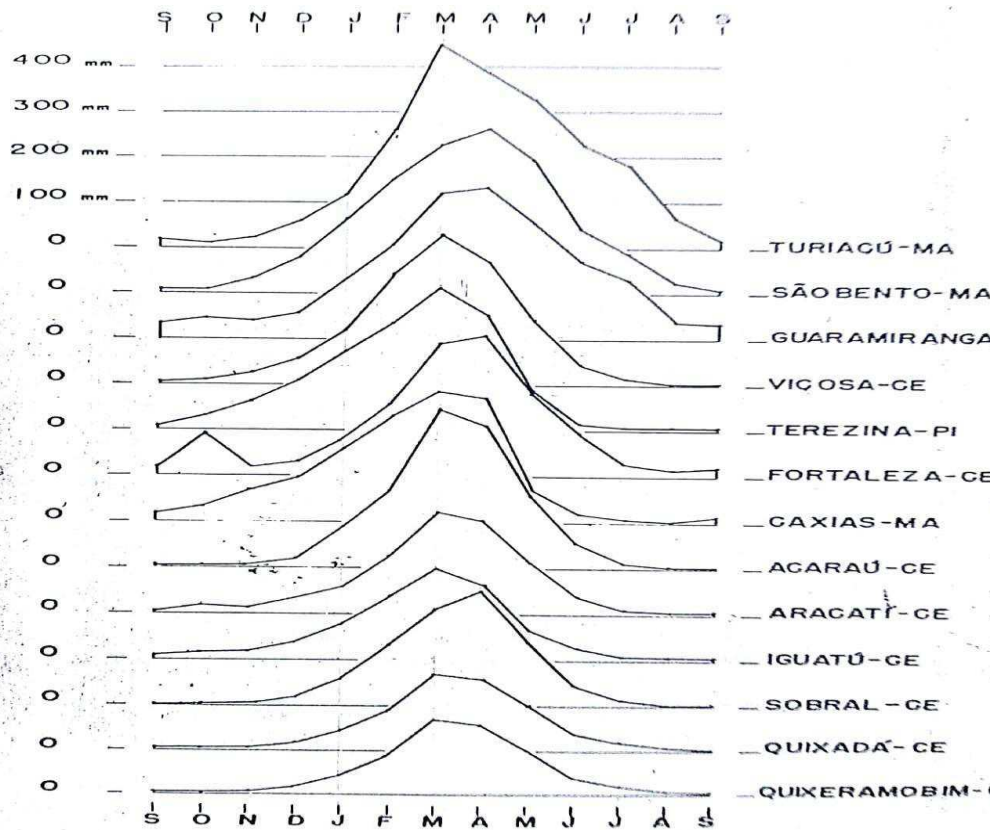
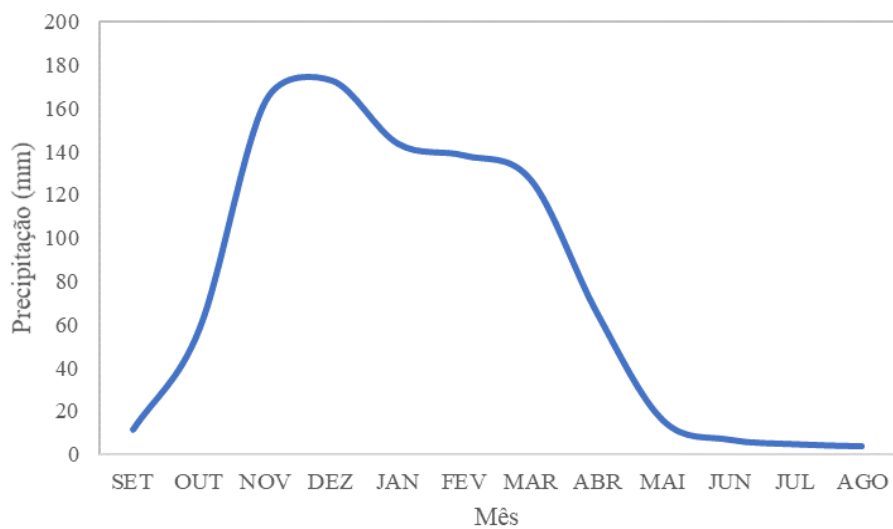


Figura 5. a) Climatologia mensal com os dados de reanálise do GCPC do período de 1988 a 2017 referente ao norte do Nordeste brasileiro. b) Valores de totais mensais das estações meteorológicas no norte do NEB para o período de 1931 a 1960. Fonte: Stang (1972).

a)



b)

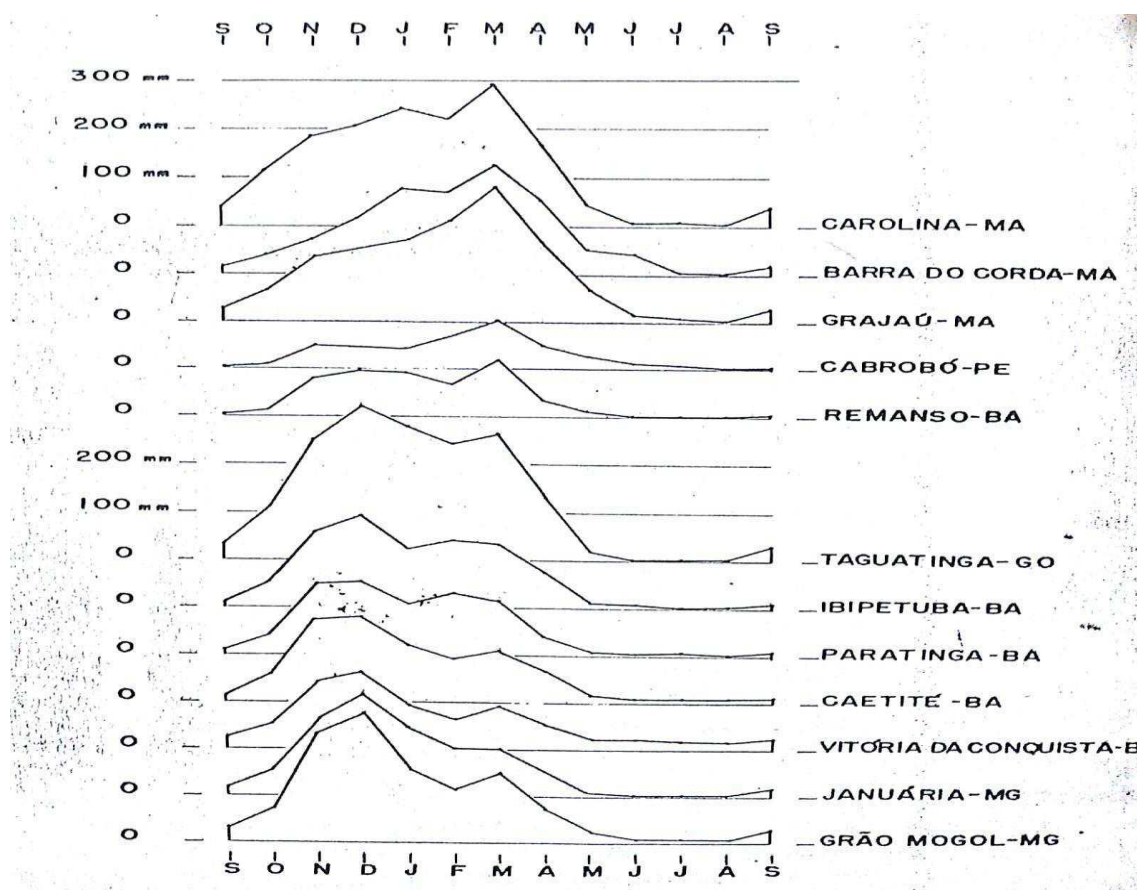
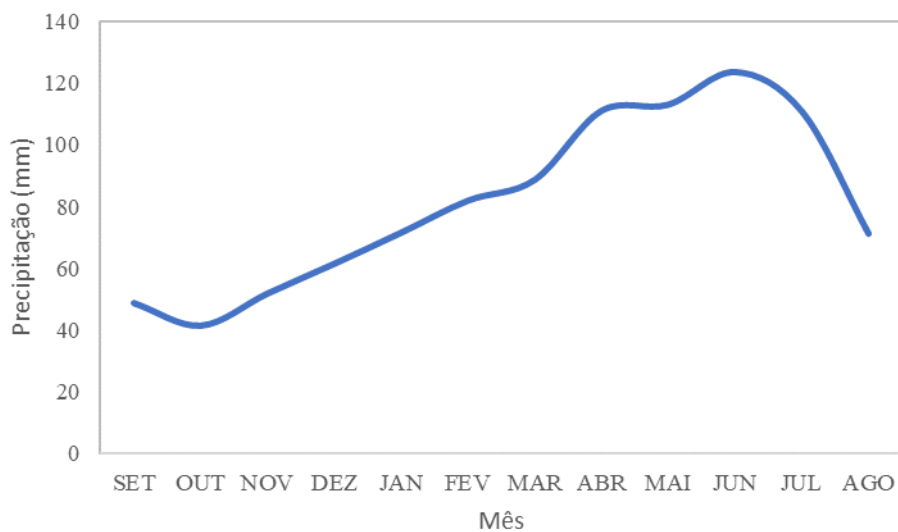


Figura 6. a) Climatologia mensal com os dados de reanálise do GCPC do período de 1988 a 2017 referente ao sul-sudoeste do Nordeste brasileiro. b) Valores de totais mensais das estações meteorológicas no sul-sudoeste do NEB para o período de 1931 a 1960. Fonte: Stang (1972).

a)



b)

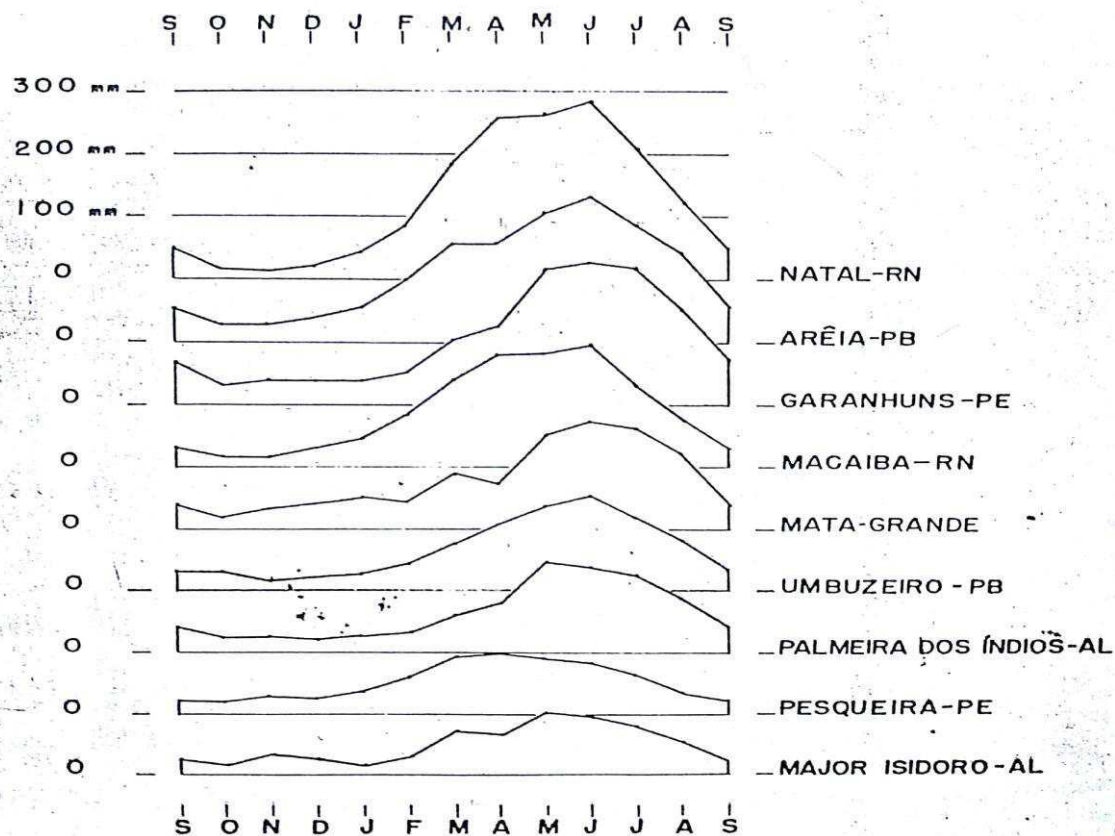


Figura 7. a) Climatologia mensal com os dados de reanálise do GCPC do período de 1988 a 2017 referente a costa litorânea do Nordeste brasileiro. b) Valores de totais mensais das estações meteorológicas na costa litorânea do NEB para o período de 1931 a 1960. Fonte: Stang (1972).

3.4.2. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as Altas Semipermanentes do Atlântico Sul e Pacífico Sul.

Para obter a climatologia da posição das Altas Semipermanentes do Atlântico Sul e Pacífico Sul e da Zona de Convergência Intertropical, foram utilizadas as componentes u e v do vento em m/s a 10 m de altura, fornecida pelo NCEP, além de limitar uma área que abrangesse a região de atuação dos sistemas meteorológicos: ZCIT e as ASAS e ASPs, situada entre 30°N e 60°S e 40°E e 160°W, demonstrada na Figura 8.

Na Figura 8 é possível observar o campo de linha de corrente no nível de 850 hPa, e a presença das Altas Semipermanentes nos oceanos Atlântico e Pacífico.

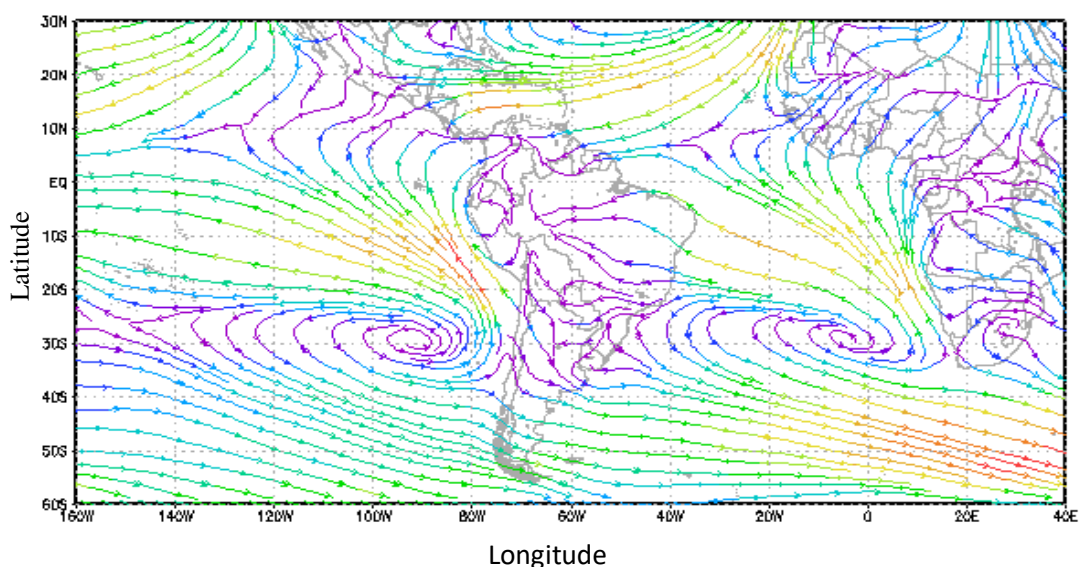


Figura 8. Climatologia mensal de Abril de 1988 no campo de linha de corrente em 850 hPa da área de estudo com a presença das Altas Subtropicais do Atlântico Sul e Pacífico.

A análise da climatologia do posicionamento da ZCIT no oceano Atlântico Equatorial, foi realizada com base nos dados da componente u e v da velocidade do vento e do cálculo da vorticidade relativa (Equação 1). Assim, para estabelecer uma faixa de atuação da ZCIT, foi necessário fixar duas longitudes entre 20°W e 40°W no oceano Atlântico equatorial e coletar apenas a variação latitudinal da ZCIT. A localização da mesma foi determinada a partir da linha zero da componente v da velocidade do vento e a vorticidade igual à zero, logo onde essas duas linhas se cruzavam, entendia-se a presença da ZCIT, como é exemplificada na Figura 9 para o mês de abril de 1988.

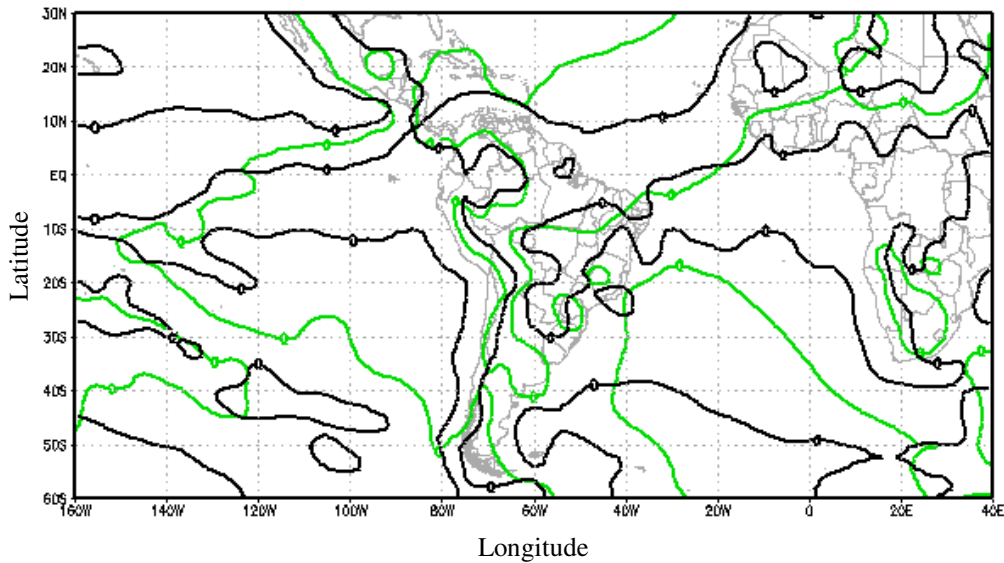


Figura 9. Climatologia do mês de Abril de 1988 e demonstração da coleta da variação da latitude da ZCIT. Linha verde representa a vorticidade e a linha preta a componente v do vento.

A escolha destas duas componentes (u e v da velocidade), também serviu para localizar os dois centros de alta pressão nos oceanos em estudo, pois fornecia uma visualização clara do posicionamento das altas semipermanentes nos oceanos Atlântico Sul e Pacífico Sul. Além disso, para uma melhor precisão das suas posições, foi calculada a componente vertical da curvatura (ou seja, vorticidade) com o uso do GrADS para ajudar na análise subjetiva da posição das mesmas. A equação usada para calcular a vorticidade fora:

$$\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \quad (1)$$

Em que, ζ é componente vertical da vorticidade relativa. $\frac{\partial v}{\partial x}$ é a variação da componente v na direção x e $\frac{\partial u}{\partial y}$ é a variação da componente u na direção y .

Para a análise climatológica da posição das Altas Semipermanentes do Pacífico Sul e do Atlântico Sul e da ZCIT, foram elaboradas séries climatológicas do período de estudo, de 30 anos (360 valores), com um total de 12 posições médias mensais de latitude e de longitude, assim como também para o desvio padrão para cada mês. As equações utilizadas para realizar estes procedimentos, foram, respectivamente:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_{ji} \quad (2)$$

Em que: \bar{x} é a média; $\sum x_{ji}$ é a somatória de todos os dados da série de um determinado mês (j) e n é o número total de dados.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3)$$

Em que: σ é o desvio padrão; \bar{x} é a média; x_i é o dado da série e n é o número total da população. Sendo que $(x_i - \bar{x})$ é a dispersão de cada um dos dados da série em relação à média.

Para ajudar na coleta dos dados mensais da localização das altas subtropicais foi estabelecido um domínio de área para a atuação de cada anticiclone em estudo. Com o objetivo de coletar as coordenadas corretas dos anticiclones subtropicais presente nos dois oceanos: Atlântico Sul e Pacífico Sul. Para este estudo foram usados a referência de Machel *et al.* (1998), onde delimitou uma área atuante da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), assim como, para a localização da ASPS considerou-se como referência o trabalho de Reboita *et al.* (2010).

Tabela 1: Área utilizada para a localização da ASAS e ASPS de acordo com Machel *et al.* (1998) e Reboita *et al.* (2010).

Autores	Latitude	Longitude
Machel <i>et al.</i> (1998)	15° S até 45°S	45°W até 15°E
Reboita <i>et al.</i> (2010)	25°S até 33°S	80°W até 130°W

3.4.3. Análises estatísticas

Para a análise estatística, utilizou-se a regressão linear múltipla, que tem como finalidade estudar a relação de uma determinada variável (dependente) a partir de outras variáveis (independentes). Segundo Corrar *et al.* (2007), a análise de regressão múltipla busca descrever o comportamento de uma variável dependente a partir de variáveis independentes, através de um modelo matemático. Deste modo, aplicou-se a análise de regressão linear múltipla para verificar se existe relação dos posicionamentos da Zona de Convergência Intertropical e das Altas Subtropicais do Atlântico Sul e Pacífico Sul (variáveis independentes) nos três regimes pluviométricos (variável dependente) da região Nordeste do Brasil.

Portanto, um possível modelo para avaliar esse tipo de relação pode ser descrito por Corrar *et al.* (2007).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon \quad (5)$$

em que, n é o número de intervalos de tempo (indivíduos), y é a variável dependente, x_1, x_2, \dots, x_n são denominadas de variáveis independentes, $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ são chamados de coeficientes de regressão parcial e ε é um componente de erro aleatório.

Por sua vez, a equação do modelo de regressão obteve, para este estudo, o seguinte formato, com base na equação anterior:

$$P = \beta_0 + \beta_1 Lat20^\circ + \beta_2 Lat40^\circ + \beta_3 Long_j + \beta_4 Lat_j + \beta_5 Mês \quad (6)$$

em que P representa a precipitação; $Lat20^\circ$ e $Lat40^\circ$ correspondem a latitude da ZCIT nas longitudes de $20^\circ W$ e $40^\circ W$; $Long$ e Lat podem ser atribuídas às longitudes e latitudes quando for: $j=1$: da ASAS ou $j=2$: da ASP.

O coeficiente de determinação da regressão linear múltipla (r^2) foi obtido pela expressão:

$$r^2 = \frac{SQReg}{SQ_T} = 1 - \frac{SQReg}{SQ_T} \quad (7)$$

em que: SQ_{Reg} é a soma dos quadrados da regressão; SQ_T é a soma do quadrado total. Podendo o r^2 variar de 0 a 1, quanto mais alto é o valor de r^2 , mais o modelo de regressão linear consegue explicar a variação de Y.

Os coeficientes de correlação foram classificados de acordo com Rowntree (1991) e são dispostos na Tabela 2:

Tabela 2. Classificação da intensidade da correlação, em valor absoluto.

Classificação	Intervalo
Muito fraca	0,0 – 0,2
Fraca	0,2 – 0,4
Moderada	0,4 – 0,7
Forte	0,7 – 0,9
Muito forte	0,9 – 1,0

Fonte: Rowntree (1991); Adaptado: Autora (2019).

De acordo com os resultados obtidos, foi realizada a aplicação da Análise de Variância (ANOVA) a partir da planilha eletrônica (Figura 10), com nível de significância de $\alpha = 5\%$. O teste f foi aplicado para determinar se a equação da regressão múltipla é significativa ou não.

	A	B	C	D	E	F
1	RESUMO DOS RESULTADOS					
2						
3	<i>Estatística de regressão</i>					
4	R múltiplo	0.850014				
5	R-Quadrado	0.722524				
6	R-quadrado ajustado	0.718605				
7	Erro padrão	69.25568				
8	Observações	360		F(tabelado)=	2.21	
9						
10	ANOVA					
11		<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
12	Regressão	5	4421202	884240.3466	184.357	3.11574E-96
13	Resíduo	354	1697908	4796.348913		
14	Total	359	6119109			

Figura 10. Interface da tabela da ANOVA a partir da planilha eletrônica (Recorte).

A geração de uma equação estimada pelo modelo de regressão apenas serve para estabelecer uma relação funcional, entre a variável dependente e as variáveis independentes, para representar o fenômeno em estudo. Contudo, a obtenção desta equação não é suficiente para responder se as variações das variáveis independentes influenciam significativamente na variação da variável dependente.

Sendo assim, o teste f tem por objetivo estabelecer, a um nível de confiança, se a regressão múltipla é significativa ou não, ou seja, o mesmo testa duas hipóteses (nula e alternativa). Sabendo-se que a Hipótese nula (H_0) indicará que nenhuma das variáveis X afeta Y ($H_0: \beta_1 = 0$), enquanto que a Hipótese alternativa (H_a) assegura que, pelo menos, uma das variáveis independentes influenciará a variável dependente Y ($H_a: \beta_1 \neq 0$). Ademais, a regressão múltipla é estatisticamente significativa quando satisfaz à relação $F_{\text{estimado}} > F_{\text{tabelado}}$ e a hipótese nula será rejeitada, além disso, a H_0 será também rejeitada.

A utilização da planilha eletrônica auxiliou nos cálculos do modelo de regressão múltipla, na qual, foi adotado um nível de confiança igual a 0,05 ou de 5% para todos os regimes pluviométricos. No modelo, a precipitação de cada regime de chuva foi atribuída como a variável dependente (Y), e as variáveis independentes (X) foram separadas de acordo com o oceano que atuam os sistemas atmosféricos ASAS e ASPS, assim no oceano Atlântico, as variáveis independentes constituem a latitude e longitude da ASAS ; latitude de 20°W e 40°W da ZCIT e os meses, e no oceano Pacífico, a latitude e longitude da ASPS; latitude de 20°W e 40°W da ZCIT e os meses, correspondendo no total a cinco parâmetros para o oceano Atlântico e Pacífico.

O F_{tabelado} foi igual para todas as situações do modelo de regressão tanto para o oceano Atlântico quanto para o Pacífico com o valor tabelado de 2,21. Já o F calculado originado do modelo de regressão, foi superior em todos os regimes de chuva para os dois oceanos. Para o oceano Atlântico, para as regiões norte, sudoeste e litoral leste obtiveram valor de 184,36; 41,38 e 11,39, respectivamente. E para o oceano Pacífico, essas três regiões apresentaram um F calculado de 178,04; 42,18 e 13,93 respectivamente. Tornando assim, a equação da regressão significativa para todos os casos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise da Variabilidade média mensal da precipitação e do posicionamento dos sistemas meteorológicos.

Os resultados encontrados, referentes à variabilidade mensal dos regimes pluviométricos do Nordeste do Brasil, estão representados na forma de *boxplot* para uma análise mais completa dos valores de média e quartis de máximos e mínimos, facilitando assim, uma avaliação mais crítica de cada regime de chuva.

Na Figura 11(a) está expressa a variabilidade média mensal da região norte do NEB. É possível observar claramente que a região possui dois períodos bem definidos. O período chuvoso compreende-se nos meses de janeiro a maio, sendo o mês de abril mais chuvoso da região, com um volume de chuva, em média, de 300 mm/mês. Já o período menos chuvoso abrange os meses de junho a novembro, com os meses mais secos em agosto e setembro, com o volume de chuva inferior a 50 mm/mês.

A configuração de precipitação nessa região está diretamente relacionada com os sistemas meteorológicos precipitantes atuantes na região norte do NEB como a Zona de Convergência Intertropical, que tem sua posição mais ao sul do equador, em média de 2°S nos meses de março e abril segundo o estudo feito por Nobre e Molion (1998), para reiterar a Figura 12(b) mostra o posicionamento da ZCIT mais ao sul em torno de 7°S no mês de março. A mesma análise pode ser feita para o período menos chuvoso, já que nesse período (junho a novembro), é possível observar na Figura 12(b) a ZCIT na sua posição mais ao norte do equador, em torno de 10,2°N principalmente nos meses de agosto e setembro, corroborando com os resultados encontrados por Molion e Nobre, (1998).

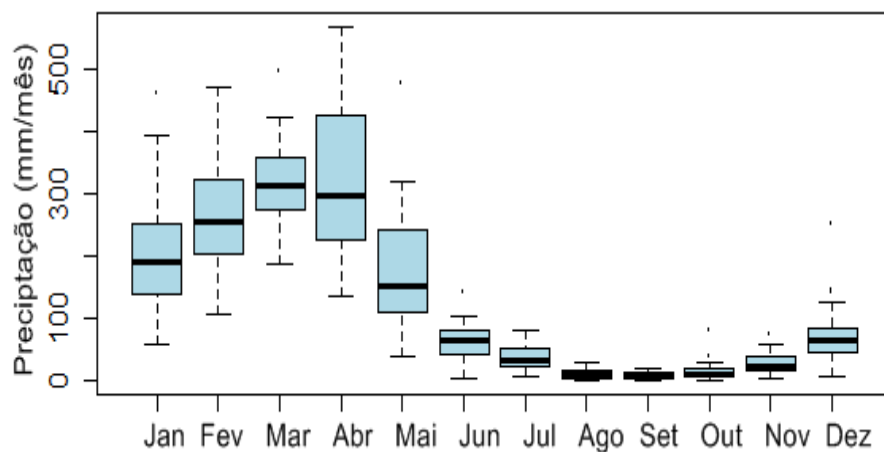
Além de a ZCIT ser o principal sistema atmosférico causador de chuva nesta região e que define se o período chuvoso irá ser abundante ou não (MARENGO, 2011), há também a influência da presença do Vórtice Ciclônico em Altos Níveis (VCAN). Diversos autores (GAN e KOUSKY, 1986; RAMIREZ, 1997; RAMIREZ *et al.*, 1999; MORAIS, 2016) definiram o período de atuação do VCAN na estação de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) contribuindo, dependendo da sua posição, para as chuvas nestes meses para a região norte.

A Figura 11(b) refere-se ao regime de chuva da região sudoeste do NEB, na qual segue quase o mesmo padrão do regime anterior em relação aos períodos chuvoso e menos chuvoso bem definidos. O período chuvoso desta região é observado nos meses de outubro a fevereiro, com volume de chuva, em média, de 250 mm/mês. Esta região, nessa época do ano, é fortemente influenciada pela passagem de frentes frias oriundas de latitudes médias, já que o gradiente térmico entre as latitudes médias e no trópico na estação de verão é mais elevado que no inverno, facilitando assim com que a frente fria alcance latitudes mais baixas, tendo influência direta no tempo e no clima da região sudoeste do NEB, além da ocorrência de chuvas na forma de pancadas isoladas que geralmente ocorre no final da tarde e início da noite, devido ao aquecimento diurno (MARENGO,2011). O período menos chuvoso está presente nos meses de maio a setembro, com médias mensais inferiores a 50 mm/mês praticamente em todos os meses.

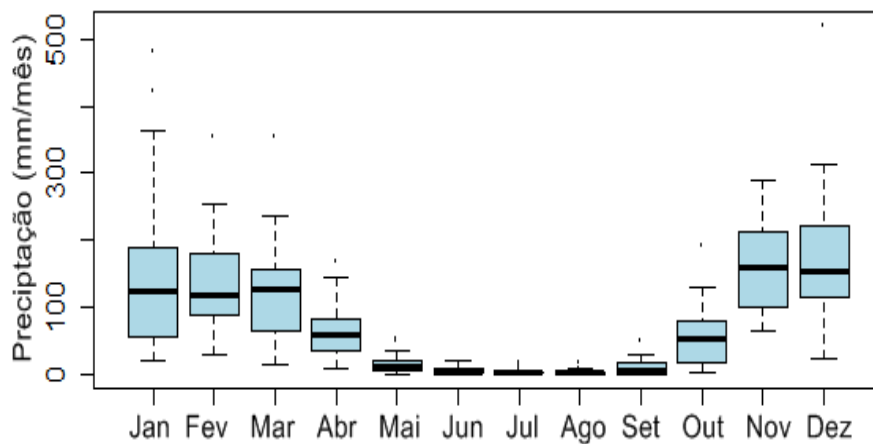
O último regime de precipitação está situado na Figura 11c, referente à região litorânea do NEB. Como esta região é uma média de duas subáreas devido aos diversos sistemas atmosféricos precipitantes atuantes nessa região (KOUSKY, 1979), é possível observar uma suavização nos valores, entretanto é bastante representativo para tal região. A mesma tem um padrão diferente das outras regiões anteriores analisada, o período chuvoso e menos chuvoso não é tão acentuado como nos casos anteriores, mas é possível notar que os meses mais chuvosos (abril, maio e junho) com valores médios mensais de precipitação em torno de 150 mm/mês, e são decorrentes principalmente dos Distúrbios Ondulatórios dos Ventos Alísios, conhecidos como DOL's, que afetam a região nos meses de dezembro a março segundo Espinoza (1996), além de intensificar também a convecção sobre a região.

Além disso, como a segunda subárea do litoral leste do NEB abrange a parte norte do estado da Bahia, é viável destacar ainda a influência de passagens de frente fria. Ademais, existe outro fator importante para a ocorrência de chuva nesta região na qual se dá pelo aquecimento diferenciado do oceano e do continente, que facilita o surgimento da circulação de brisa marítima (ventos provenientes do oceano em direção ao continente). O período menos chuvoso da região se dá nos meses de junho a novembro com volume, em média, abaixo de 100 mm/mês.

a)



b)



c)

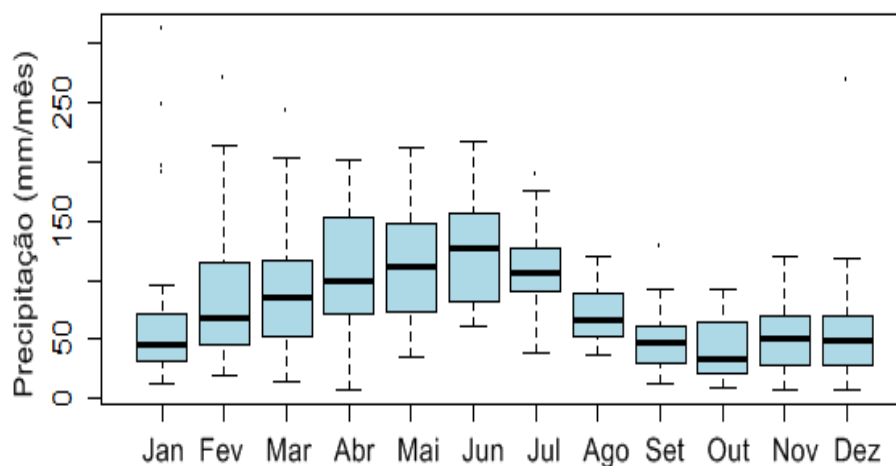


Figura 11. Climatologia mensal da precipitação em *boxplot* dos dados de reanálise do NECP para os regimes pluviométricos da região: a) Norte do NEB; b) Sudoeste do NEB e c) Litoral do NEB.

Os resultados observados na Figura 12(a; b) demonstram a variabilidade média mensal da Zona de Convergência Intertropical nas longitudes de 20°W e 40°W, respectivamente. A partir deles é possível perceber, nas duas longitudes, o deslocamento marcante da ZCIT para os dois hemisférios em épocas diferentes do ano. Na longitude de 20°W (Figura 12a), a ZCIT encontra-se em latitudes mais próximas do equador nos meses de janeiro a maio, em média, de 2°S. Como se trata de uma área oceânica (oceano Atlântico equatorial), a ZCIT não tem interação com o continente, então a faixa de nebulosidade é bem mais definida. O mesmo fator não é observado na longitude de 40°W (Figura 12b), pois como se refere a uma longitude que abrange áreas continentais, a ZCIT interage com convecção local e se tornando pouco definida no continente.

Na Figura 12(b), é possível observar a ZCIT alcançar latitudes mais ao sul do equador, principalmente no mês de março com uma latitude média de 7°S ratificando a influência que a ZCIT exerce sobre a precipitação na região norte do NEB, já que possuem padrões semelhantes na sua variabilidade indicando a importância do sistema meteorológico no regime pluviométrico da tal região. Por outro lado, verifica-se o deslocamento da ZCIT para o hemisfério Norte nos meses de junho a dezembro, que corresponde o período menos chuvoso dessa região.

Estes resultados obtidos corroboram com os resultados encontrados nos trabalhos como Philander *et al.* (1996); Nobre e Molion (1998); Melo *et al.*, (2009); Reboita *et al.* (2010), na qual a ZCIT foi foco.

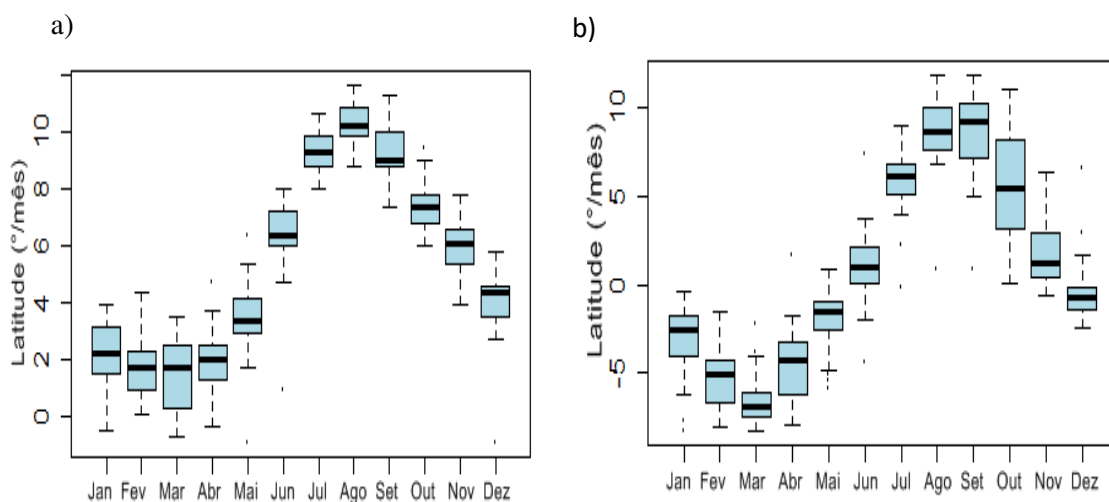


Figura 12. Climatologia mensal da posição latitudinal da ZCIT em *boxplot* dos dados de reanálise na: a) longitude de 20°W e b) longitude de 40°W.

As análises sobre a variabilidade média mensal da longitude e latitude das Altas Subtropicais do Atlântico Sul e Pacífico Sul está representado nas Figuras 13 e 14, respectivamente. A partir dos resultados adquiridos, é concebível afirmar que as variações médias mensais da latitude, Figuras 13b e 14b, das duas Altas, estão diretamente relacionadas com a sazonalidade, assim sendo, nos meses de janeiro e março (estação de verão e início do outono) é notável que as altas se encontram mais ao sul, em torno de 34°S para a ASAS (fevereiro a abril), e 36°S para a ASPs (janeiro a março). Esse deslocamento mais ao sul contribui para que a ZCIT desça para o hemisfério sul, principalmente no oceano Atlântico Sul, contribuindo para a ocorrência da precipitação nas regiões que a ZCIT predomina, como o norte do NEB. Ademais, fica mais evidente ainda essa ligação das altas subtropicais com a ZCIT, quando se analisa o trimestre em que elas apresentam latitudes mais ao norte, correspondendo os meses de junho, julho e agosto, na qual as altas deslocou-se para aproximadamente 29°S (agosto) para a ASAS e 30°S (julho) para ASPs, justamente nos meses em que a ZCIT começa a migrar para o hemisfério norte, diminuindo consideravelmente o volume de chuvas no norte do NEB.

Ao verificar a variação longitudinal (Figura 13a e Figura 14a) constatou que não há um padrão definido como o da latitude na qual segue a sazonalidade. Ou seja, a variação da longitude pode estar associada com outros mecanismos físicos que podem ter um efeito mais significativo no seu deslocamento zonal.

A ASAS foi a que mais apresentou variação durante todos os meses comparada com a ASPs. Sendo que a ASAS, tem uma influência mais direta, tanto positiva quanto negativa, no continente da América do Sul que a ASPs. Quando a ASAS encontra-se mais a oeste (próximo do continente) ela influencia negativamente na formação de chuva sobre o continente. Já quando a alta é identificada mais a leste, ou seja, mais afastada do continente, ela favorece a formação de chuva na AS. Na Figura 13a, os meses que apresentam uma posição média mais a leste são abril e maio, tendo uma longitude média de 3°E e 0° . Um possível indicio desta influência, é que no regime pluviométrico da região litorânea tem os meses de abril e maio como uns dos mais chuvosos da região. Já ASPs teve pouca variação longitudinal, porém o mês de maio se destacou com a posição média da ASPs mais ao leste (90°W) em relação aos outros meses que se mantiveram moderadamente constantes, sem grandes variações longitudinais.

Portanto, as análises climatológicas das ASAS e ASPS foram satisfatórias, pois foram de acordo com alguns resultados encontrados nos trabalhos de Hastenrath (1985), Macehl *et al.* (1998), Ito e Ambrizzi (1999) e Degola (2013).

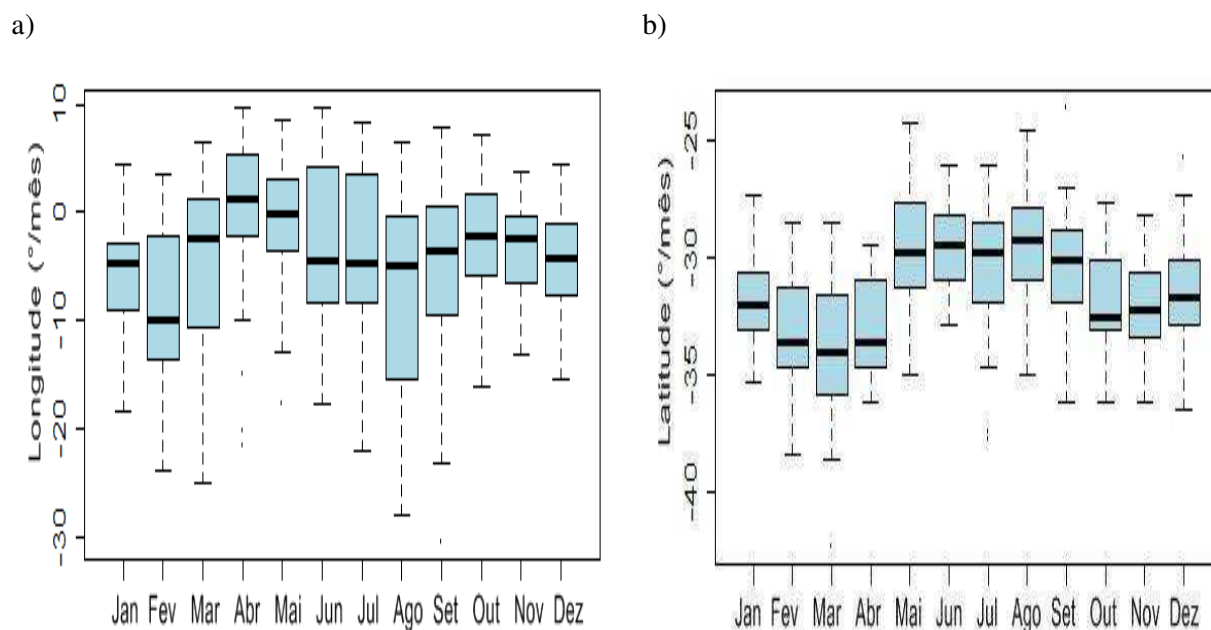


Figura 13. Climatologia mensal do posicionamento da Alta Subtropical do Atlântico Sul em *boxplot* dos dados de reanálise: a) climatologia da longitude e b) climatologia da latitude.

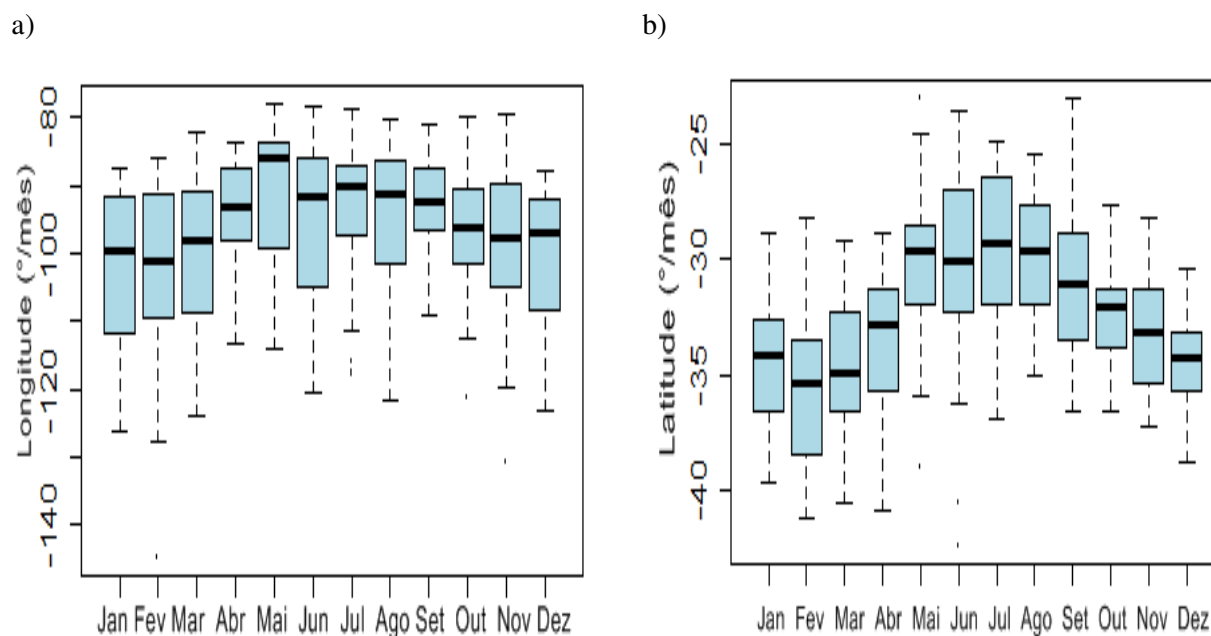


Figura 14. Climatologia mensal do posicionamento da Alta Subtropical do Pacífico Sul em *boxplot* dos dados de reanálise: a) climatologia da longitude e b) climatologia da latitude.

4.2. Análises da variabilidade interanual e sazonal da precipitação e da posição da ZCIT, ASAS e ASPS.

O diagrama de Hovmöller foi utilizado para analisar a variabilidade interanual das variáveis em questão, este resultado consiste em 360 valores plotados no diagrama representando os dados mensais dos 30 anos do estudo. A Figura 15 simboliza o diagrama de cada regime de chuva no NEB. A Figura 15(a) refere à região norte do NEB, a Figura 15(b) representa à região sudoeste do NEB e a Figura 15(c), a região litorânea do NEB.

Na Figura 15(a) é possível observar claramente a distinção do período chuvoso e menos chuvoso e como a chuva comportou-se durante os 30 anos de estudos. A partir desse resultado, é possível afirmar que os meses mais chuvosos da região são março e abril, com valores de precipitação de 550 mm/mês, destacando anos em que a precipitação foi superior a este valor como os anos de 1995 e 2009. Além disso, a região também apresenta meses com valores bem baixos de chuvas, menores que 50 mm/mês nos meses de julho, agosto, setembro e outubro, sendo este último possuir valores um pouco maiores que 50 mm/mês no decorrer dos anos, destacando o ano de 2011 em que foram observado valores de precipitação de até, no máximo, de 100 mm/mês.

A Figura 15(b) também tem a mesma característica da Figura anterior, com o períodos chuvoso e menos chuvoso definidos em épocas distintas da Figura 15a. Na região sudoeste, o período chuvoso tem seu início no mês de novembro e estende-se até o mês de março, com valores variando entre 250 mm/mês a 500 mm/mês. Entretanto, há anos em houve meses em que a precipitação mensal foi inferior a 50 mm/mês no período chuvoso, como o ano de 2012 e principalmente o ano de 2016. Já o período menos chuvoso, é iniciado em abril e vai até setembro, sendo junho, julho e agosto o trimestre menos chuvoso com valores muito baixo da média. A Figura 15(c), assim como na análise do *boxplot* do item anterior, não apresentou um padrão bem definido de período chuvoso e menos chuvoso, porém é constatados meses com valores significantes de precipitação, em torno de 250 mm/mês, nos meses de maio, junho, julho e agosto durante os 30 anos de dados, contudo, nesse regime pluviométrico existe homogeneidade temporal da precipitação, pois existem meses em que a precipitação é igual ou superior de 200 mm/mês como é o caso de janeiro a maio, com exceção dos anos 2012 e 2013 que apresentaram nos meses de fevereiro e março valores menores

que 50 mm/mês. Já os meses que demonstraram poucos valores de chuva, menores que 50 mm/mês, praticamente em todos os anos foram outubro e novembro.

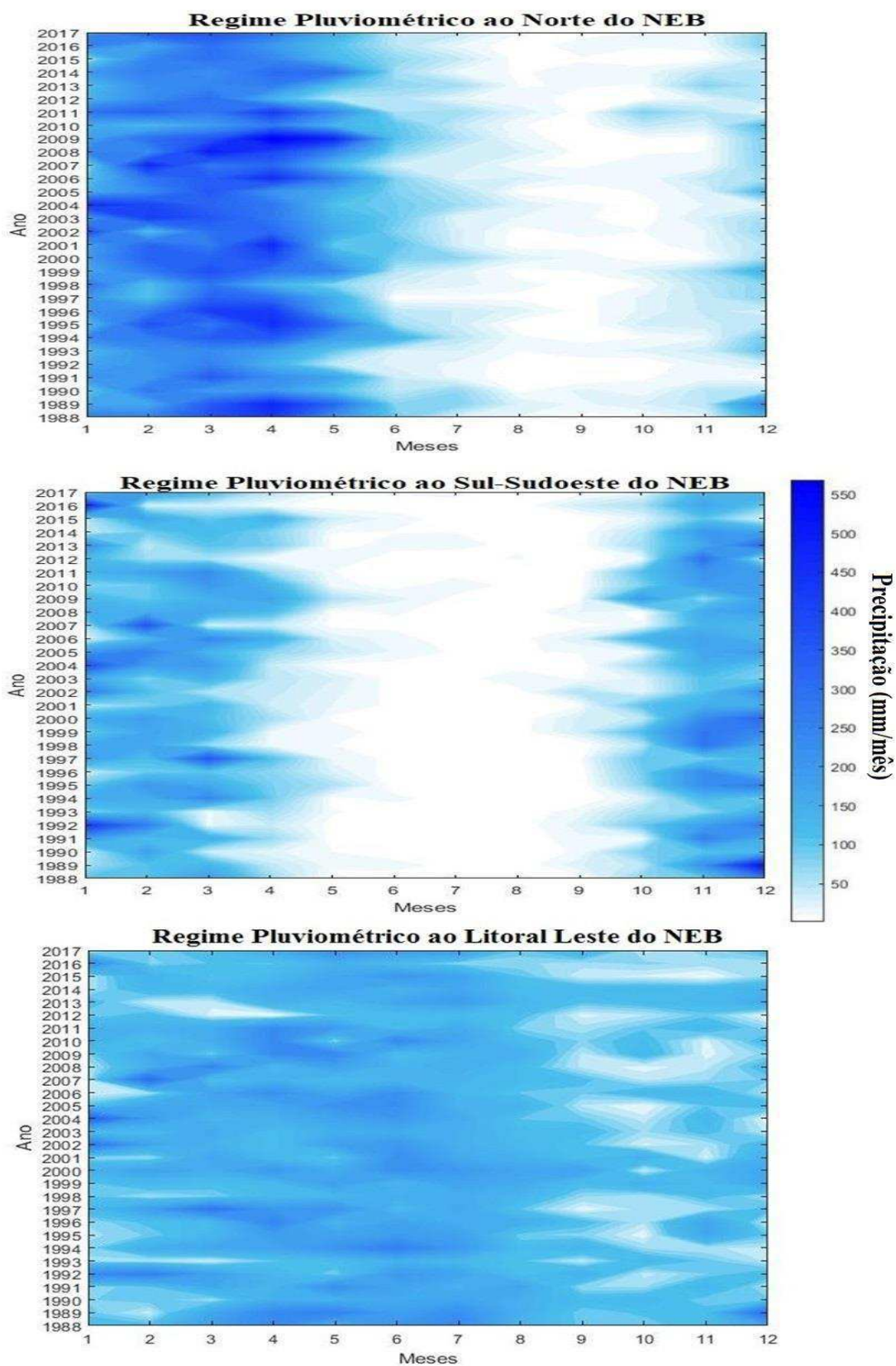


Figura 15. Variação interanual e sazonal da precipitação para as regiões: a) norte, b) sul-sudoeste e c) litoral do Nordeste do Brasil.

Os resultados seguintes referem-se às variações interanuais da Zona de Convergência Intertropical nas longitudes de 20°W (Figura 16a) e 40°W (Figura 16b). A partir desse resultado, é possível perceber que na longitude de 20°W, a ZCIT tem uma variação latitudinal discreta comparada com a de 40°W, em que na maioria dos meses o sistema meteorológico encontra-se mais para o hemisfério norte, com exceção do mês de março de alguns anos, em que a ZCIT atingiu latitudes mais ao sul do equador, tendo um deslocamento máximo de até 2°S nesse mês nos anos de 1989, 1995 e 2009.

A Figura 16(b) demonstra o deslocamento marcante da ZCIT para os dois hemisférios em épocas distintas. A partir dessa Figura, é possível perceber que seu deslocamento para latitudes mais ao sul tem início no mês de dezembro, com latitudes entre 0 a 2°S. E assim, nos meses seguintes observa-se que a ZCIT migra ainda mais para o sul do equador, tendo seu pico máximo nos meses de março e abril chegando até 8°S. Entretanto, quando se aproxima do mês de junho e estendendo-se até novembro, é verificado o retorno do sistema meteorológico para o hemisfério norte, podendo chegar até 10°N (posição mais ao norte que a ZCIT alcança) nos meses de junho, julho e agosto.

Essa configuração do posicionamento da ZCIT no decorrer dos meses, principalmente na longitude de 40°W, é semelhante ao do regime pluviométrico da região norte do NEB, como foi mostrado anteriormente, em que fica evidente a importância deste sistema para a estação chuvosa da região e a sua qualidade, sendo, portanto, considerado o principal sistema meteorológico precipitante atuante no norte do NEB, colaborando com a afirmação de Molion e Bernardo (2002) sobre a ZCIT.

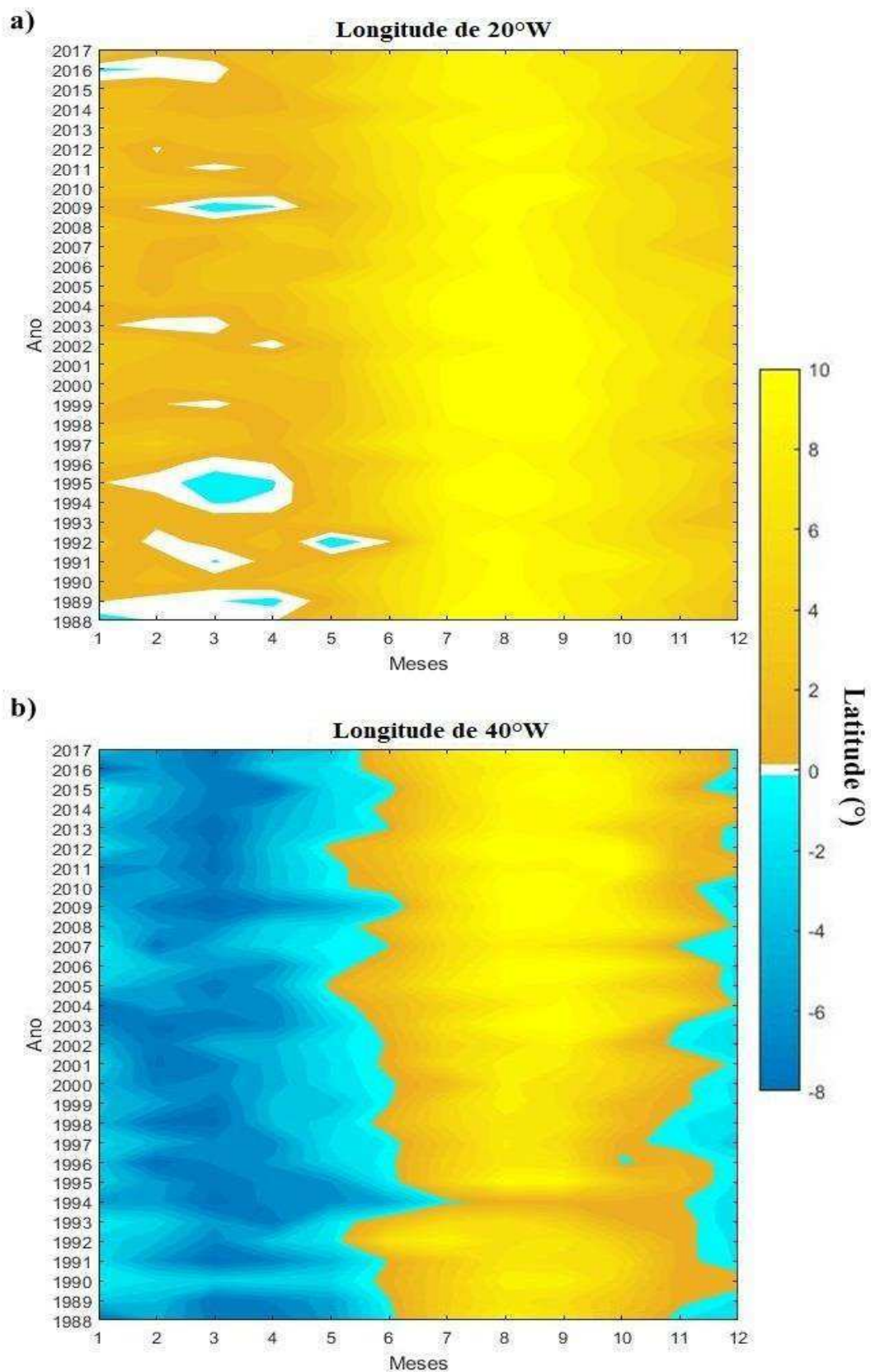


Figura 16. Variação interanual e sazonal do posicionamento latitudinal da ZCIT nas longitudes de: a) 20°W b) 40°W.

Para as análises dos diagramas da variação interanuais da longitude das ASAS e ASPS (Figura 17a e 18a, respectivamente) são observados uma grande semelhança na distribuição temporal sem ter um padrão definitivo para essa variação. Entretanto, a Figura 17(a), é constatado que a ASAS tem sua posição mais pronunciada a leste (mais afastada do continente) nos meses de março e abril, chegando a longitudes maiores que 5°L em quase todos os 30 anos de estudo, essa configuração também é percebido nos meses de outubro e novembro, porém menos acentuado que nos meses de março e abril, com longitudes alcançadas ente 0° a 5°W . No caso da variação longitudinal da ASPS, mostrada na Figura 18(a), não foi verificada um posicionamento claro, pois em todos os meses e durante os anos, a ASPS se manteve entre as longitudes de 80°W a 90°W , ou seja, localiza-se mais próxima do continente da América do Sul. Dessa forma, as Altas subtropicais obtiveram um padrão aleatório sem influência aparente das estações do ano.

As Figuras 17(b) e 18(b) apresentam a variação latitudinal das ASAS e ASPS respectivamente. Estes resultados evidenciam a influência que as estações do ano (verão, outono, inverno e primavera) têm sobre o posicionamento das altas subtropicais. Na Figura 17(b), a variação latitudinal da ASAS é verificado que nos meses de maio a agosto (meados de outono e inverno), o sistema atmosférico está localizado mais para latitudes ao norte em torno de 26°S e 28°S . Já nos meses de novembro a março, a ASAS localiza-se mais ao sul com latitudes variando entre 34°S a 38°W , contudo é preciso destacar o mês de março que apresentou um deslocamento latitudinal mais ao sul em quase todos os anos com latitudes de até 40°S . O mesmo padrão de variação latitudinal é observado para a ASPS, onde nos meses de junho, julho e agosto a ASPS está mais ao norte, em torno de 24°S e 26°S . E nos outros meses restantes, o sistema atmosférico permanece localizado entre 32°S e 34°S , salientando os meses de janeiro e fevereiro com máximo deslocamento ao sul podendo chegar a 40°W .

Ao analisar as duas variáveis juntas (longitude e latitude) das altas subtropicais foi perceptível que elas se encontram mais afastadas do continente da AS e mais ao sul nos meses de janeiro a março, contribuindo com a ocorrência de chuva e também com o deslocamento da ZCIT para o HS, favorecendo ainda mais a ocorrência de precipitação, principalmente na região norte do NEB. Esses resultados corroboram com os resultados encontrados por Degola (2013).

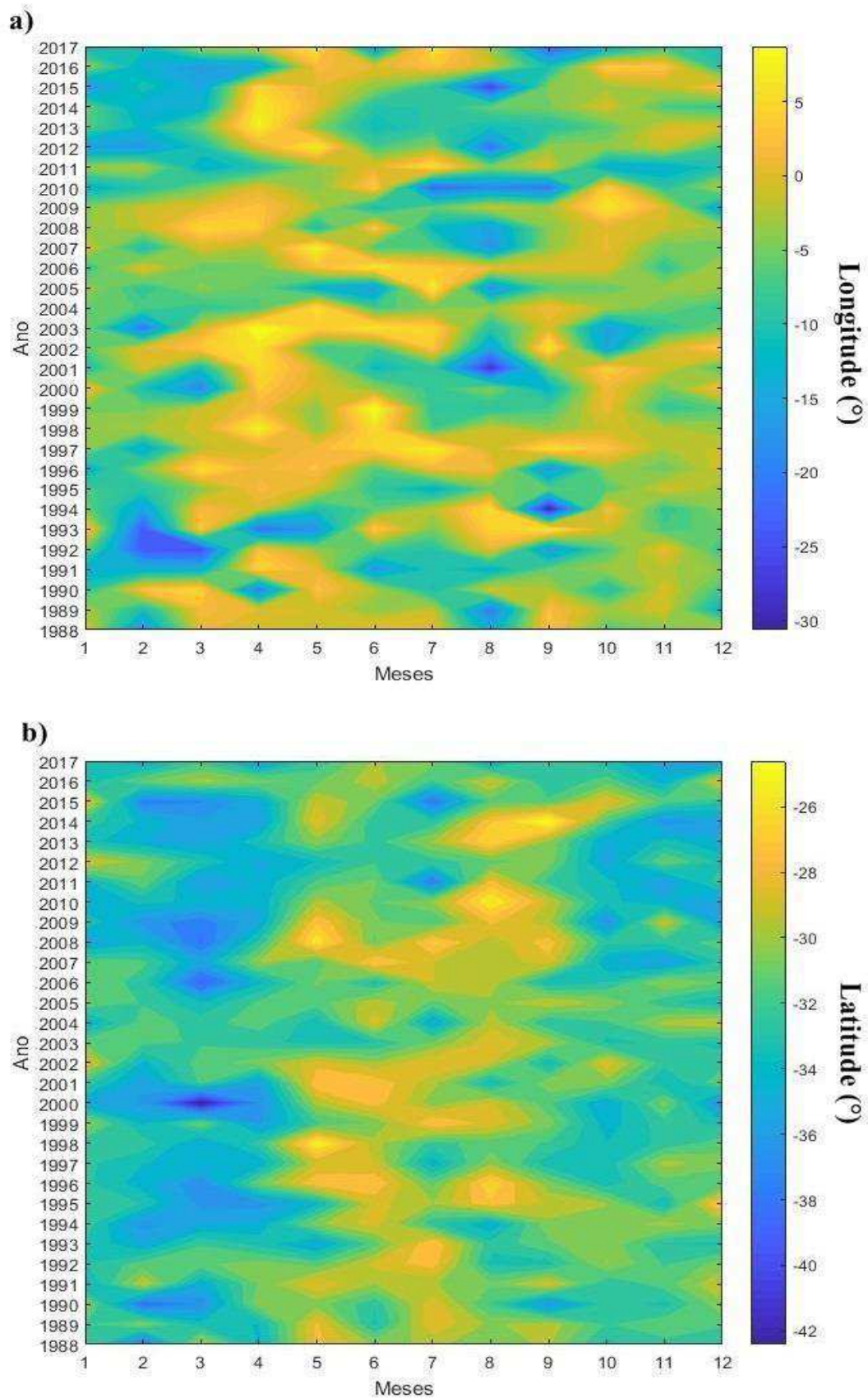


Figura 17. Variação interanual e sazonal do posicionamento da ASAS da: a) longitudinal e b) latitudinal.

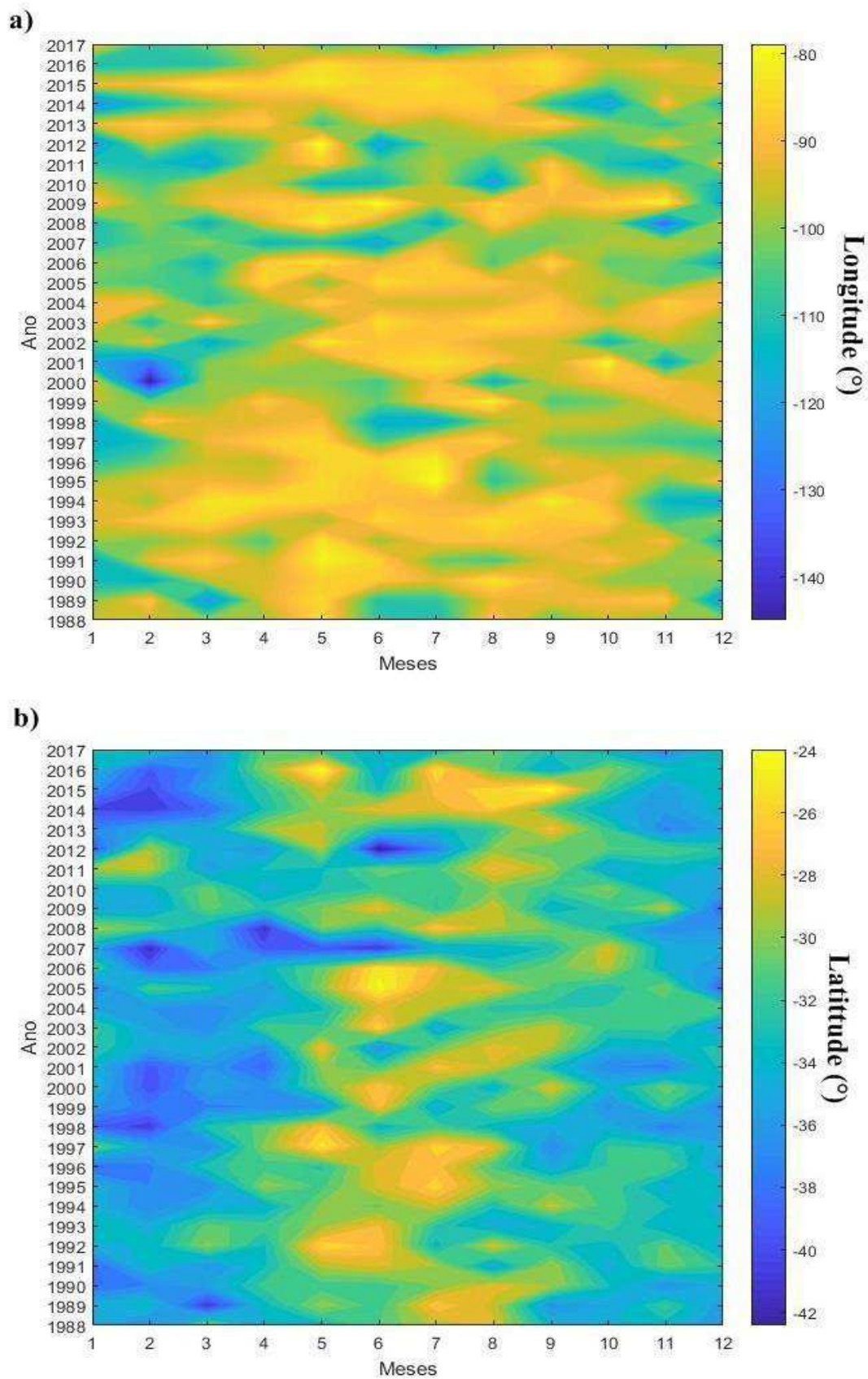


Figura 18. Variação interanual e sazonal do posicionamento da ASPS da: a) longitudinal e b) latitudinal.

Para uma análise mais detalhada e refinada sobre a sazonalidade da precipitação e da posição dos sistemas meteorológicos, apresenta-se a seguir resultados sobre o comportamento da precipitação de cada região do NEB e do posicionamento de cada sistema meteorológico referente às estações do ano (verão, outono, inverno e primavera).

Os resultados subsequentes retratam a variabilidade sazonal da precipitação (Figura 19) de cada regime pluviométrico. Na Figura 19(a) é mostrado o comportamento da chuva em diferentes épocas do ano (verão, outono, inverno e primavera) na região norte do NEB. Esse resultado expõe mais detalhadamente o período chuvoso e menos chuvoso, na qual o trimestre março, abril e maio (MAM) apresentou, em média, dentre todos, o maior volume de chuva podendo variar de 150 mm a 450 mm, sendo o ano de 2009, ter apresentado a maior precipitação do trimestre com o valor de 450 mm. O segundo período que apontou volume elevado de chuva foi nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (estação de verão) com valores de chuva variando entre 150 mm e 300 mm. Entretanto, esse volume de precipitação diminuiu consideravelmente nos meses de junho, julho e agosto (estação de inverno) com chuva variando de 10 mm a 60 mm, porém em poucos anos, a chuva atingiu valor menor que 40 mm. Já no último trimestre, setembro, outubro e novembro (estação de primavera) pode ser considerado como o trimestre mais seco da região norte do NEB, com o volume de precipitação menor que 40 mm em quase todos os 30 anos, exceto o ano de 2011.

A Figura 19(b) representa a sazonalidade da chuva na região sudoeste do NEB. A partir dela, é possível observar que a estação de verão pode ser considerada a época mais chuvosa desta região, com volume de chuva acima de 100 mm e podendo chegar a 250 mm. A média desse trimestre foi de aproximadamente 120 mm. Já as estações de outono e primavera demonstraram poucas variações de precipitação e se mostraram semelhantes quanto a isso. A estação de inverno foi a que evidenciou valores muito baixos de chuva, com uma média de 6 mm.

A Figura 19(c) reflete a região litorânea do NEB. Esta área apresentou uma variação discreta durante as épocas do ano, sendo os meses de junho, julho e agosto obtiveram valores elevados de precipitação, considerando a época mais chuvosa da região, com valores entre 60 mm e 140 mm. Com média do trimestre de aproximadamente 120 mm. Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro também mostraram valores altos de precipitação, porém foram menores que 100 mm em quase

todos os anos e obteve uma média do trimestre de aproximadamente 80 mm. As outras estações, inverno e primavera, demonstraram variações semelhantes com o valor médio de 60 mm.

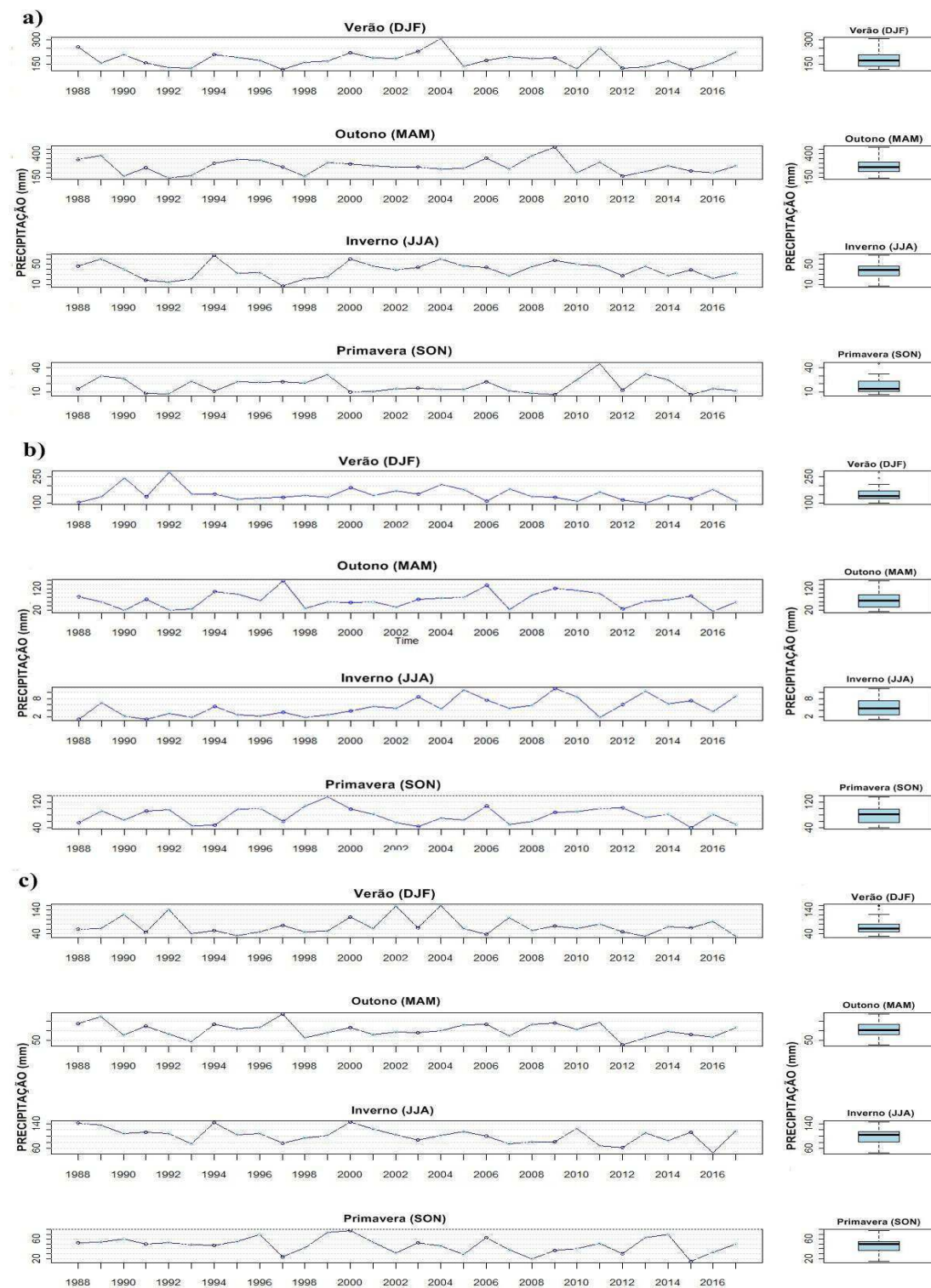


Figura 19. Variação sazonal da precipitação nas regiões: a) norte, b) sul-sudoeste e c) litoral leste do NEB.

A variabilidade sazonal das longitudes de 20°W e 40°W da ZCIT é encontrada na Figura 20 (a,b), respectivamente. Na Figura 20(a), observa-se que nos meses de dezembro a maio (estação de verão e outono) a ZCIT alcança valores de latitudes mais próximas do equador em média de 3°N para esses meses, e enquanto que nos meses de junho a novembro a ZCIT tem o deslocamento mais para latitudes do norte, em torno de, em média, 9°N para a estação de inverno (JJA) e 7°N para a estação de primavera (SON), ratificando os resultados anteriores.

Já na longitude de 40°W (Figura 20b), o deslocamento meridional da ZCIT é mais acentuado. Nos meses de dezembro a janeiro já é possível perceber o deslocamento do sistema meteorológico mais para o sul do equador, com uma média de 3°S. Entretanto, o seu deslocamento máximo ocorre nos meses de março a abril (estação de outono) atingindo a latitude de 5°S, sendo que no ano de 2009, a ZCIT alcançou a latitude de 6°S. Como já vem sido visto nos resultados anteriores de precipitação e da ZCIT, o ano de 2009 tem se destacado por seu elevado volume de chuva e uma das possíveis causas para esse acontecimento é o deslocamento máximo da ZCIT no hemisfério sul, como é observado no resultado seguinte. Ainda assim, nota-se que o sistema meteorológico migra de volta para o hemisfério norte nos meses de junho, julho e agosto atingindo seu pico máximo de 9°N.

Ao analisar as duas Figuras simultaneamente, é possível observar o deslocamento latitudinal mais ao sul do HS no ano de 2009. A ZCIT atingiu latitudes em torno de 0° na longitude de 20°W e 6°S na longitude de 40°W. Na análise da precipitação da região norte do NEB (Figura 19a) verifica-se que a precipitação no mesmo ano, alcançou valores de 400 mm no trimestre março, abril e maio. Este resultado corrobora com os estudos feitos por Foltz *et al.* (2012).

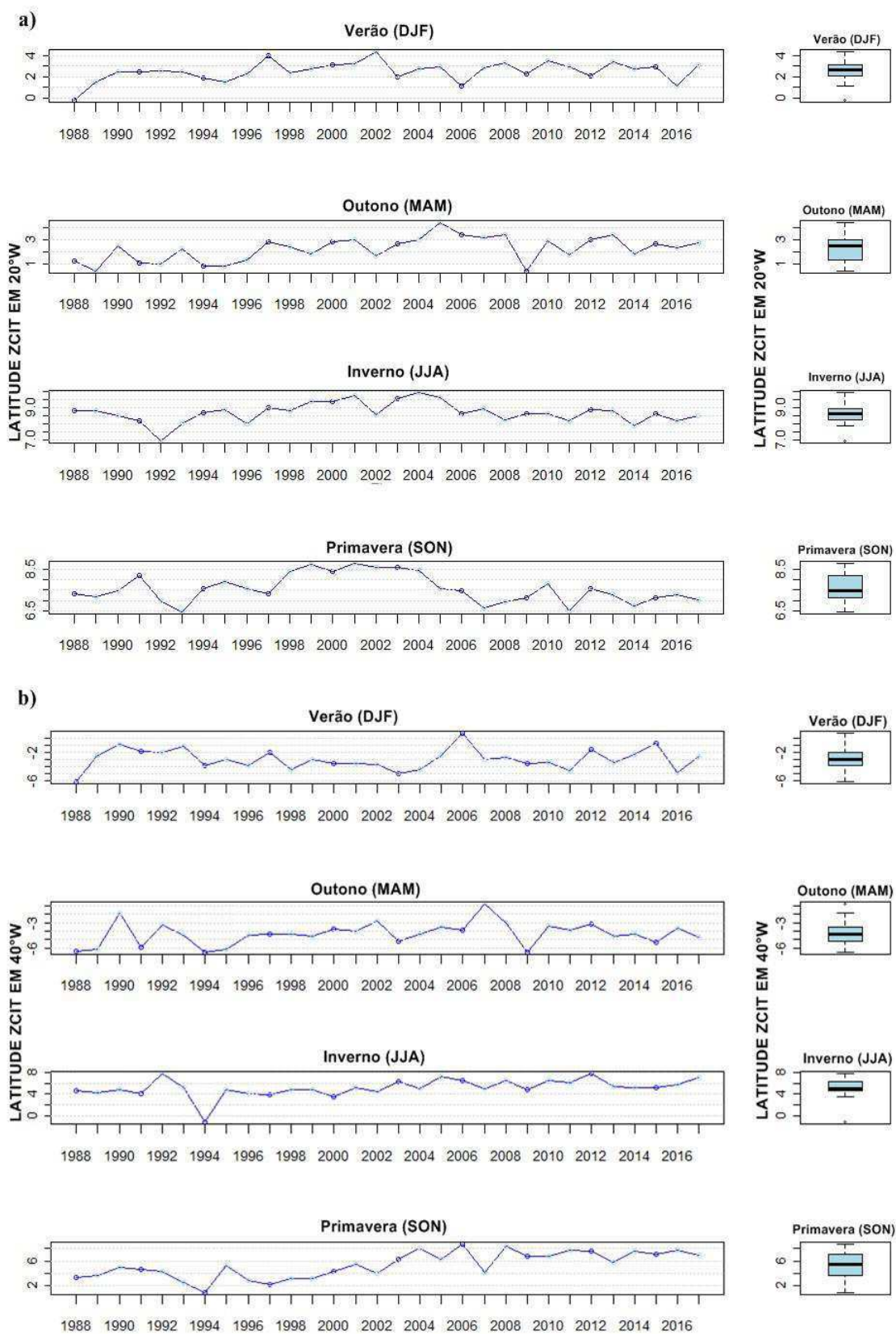


Figura 20. Variação sazonal do posicionamento latitudinal da ZCIT nas longitudes de: a) 20°W e b) 40°W.

O último resultado encontrado sobre a variabilidade sazonal é referente sobre as Altas Subtropicais do Atlântico Sul e Pacífico Sul representadas na Figura 21 e Figura 22, respectivamente. Com a análise desse resultado foi possível compreender melhor o comportamento das altas subtropicais em relação a sazonalidade.

Na Figura 21(a) na qual constitui a variação sazonal da longitude da ASAS, constatou-se que os sistema atmosférico encontra-se em sua posição média mais oriental nos meses de março, abril e maio (estação de outono) em torno de 1°W , contudo é perceptível em alguns anos que a ASAS atinge longitudes de até 5°L , isto é, encontra-se mais afastada do continente da América do Sul e assim influência do centro de alta pressão se torna mínima sobre o continente, favorecendo a formação de nuvem. Ao analisar em conjunto com a variação da latitude (Figura 21b), a ASAS compõe-se mais ao sul, em média de 32°S , podendo alcançar até 36°S nos meses de março a maio, portanto, permite-se dizer que na estação de outono a ASAS encontra-se afastada do continente da AS e mais ao sul da mesma, contribuindo para a formação de nuvens no continente. Para as outras estações do ano (verão, inverno e primavera), a variação longitudinal da ASAS (Figura 21a) mostrou-se semelhantes em praticamente todas as estações, com uma posição média de aproximadamente 5°W , enfatizando que a longitude não possui uma dependência com a sazonalidade, corroborando com os resultados obtidos por Degola (2013) e Ito *et al.* (1999). No entanto, a variação latitudinal (Figura 21b) da ASAS ratificou o que os outros resultados anteriores. Assim sendo, os meses de junho a agosto foram os que apresentaram o posicionamento da ASAS mais ao norte, em média aproximada de 29°S , comparada com as outras épocas do ano.

A mesma análise é observada para a ASPs, ressaltando apenas a homogeneidade das posições médias da longitude (Figura 22a), em que a ASPs se manteve em todas as épocas do ano, em torno de 98°W . Já a variação latitudinal (Figura 22b) obteve o mês padrão da ASAS, na qual na estação de inverno (JJA) obteve posição mais ao norte comparadas com as outras épocas do ano, em torno de $29,5^{\circ}\text{S}$.

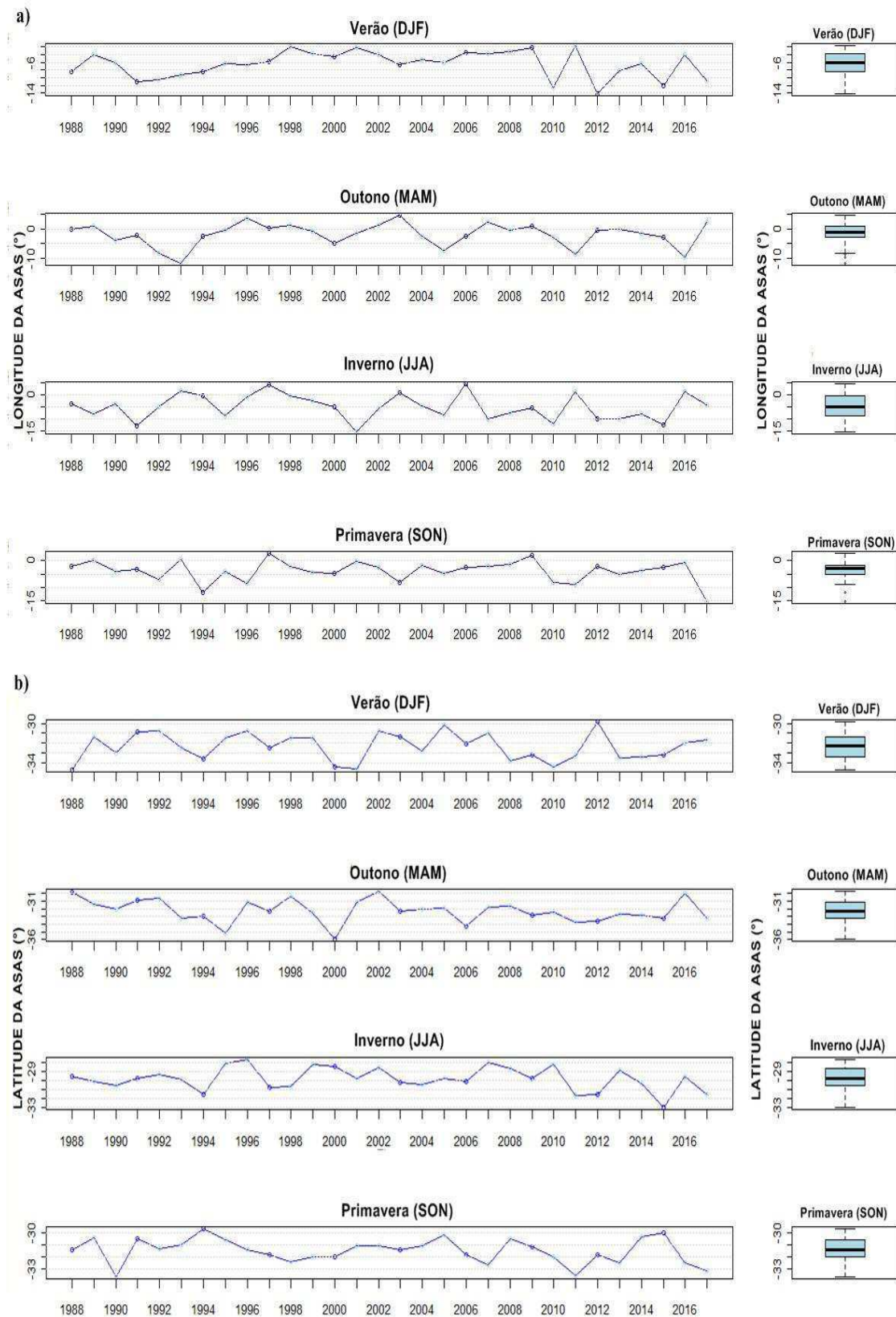


Figura 21. Variação sazonal do posicionamento da ASAS da: a) posição longitudinal e b) posição latitudinal

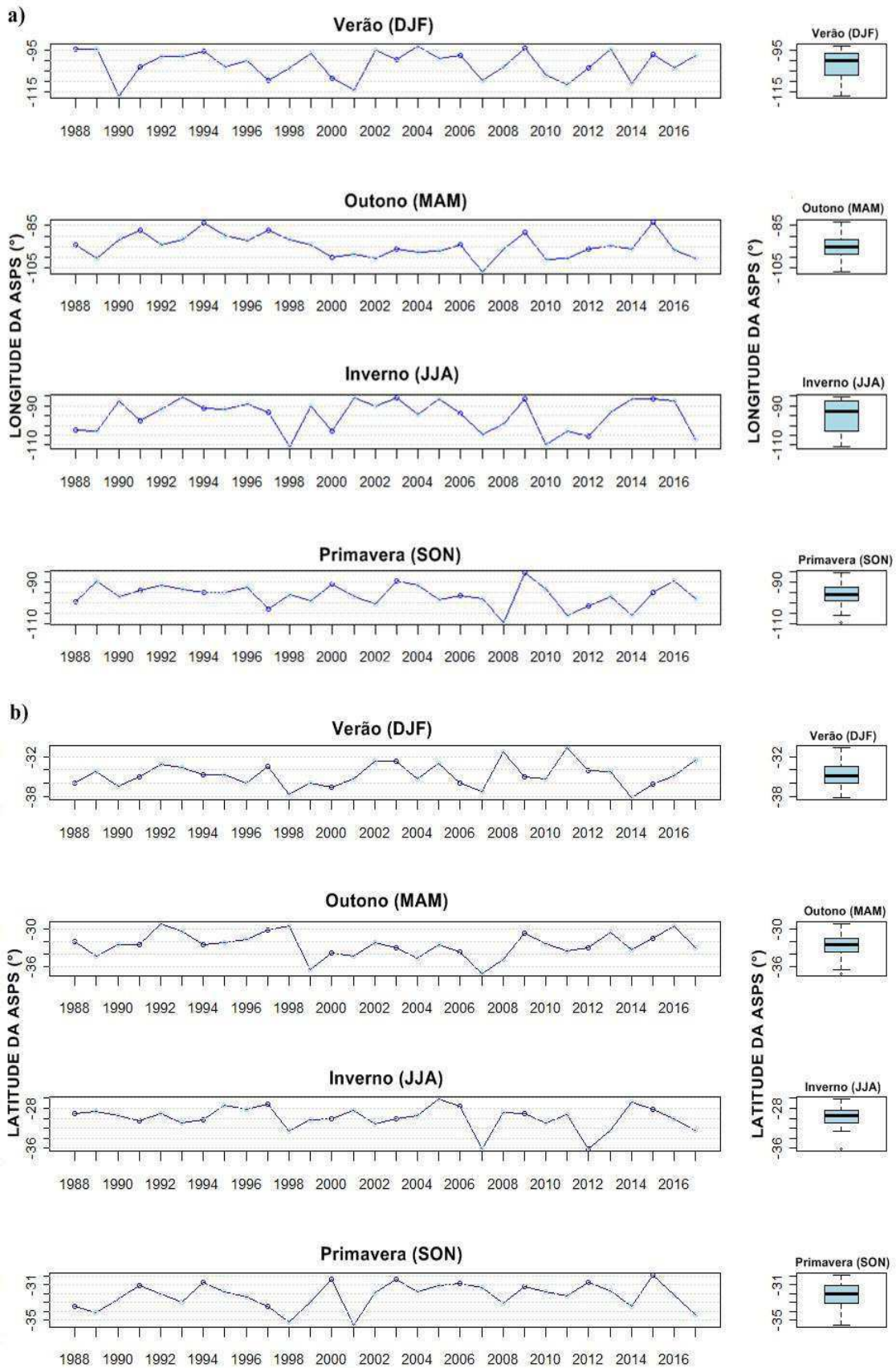


Figura 22. Variação sazonal do posicionamento da ASPS da: a) posição longitudinal e b) posição latitudinal.

4.3. Análise Estatística da Correlação de Pearson e da Regressão linear múltipla

4.3.1. Correlação de Pearson

O primeiro resultado obtido sobre a análise de estatística é referente ao coeficiente de correlação de Pearson. Este coeficiente foi usado para determinar o grau de relacionamento linear entre as variáveis do posicionamento dos sistemas meteorológicos (latitude e longitude). Na Tabela abaixo retrata os valores da correlação que cada variável teve em relação à outra.

Tabela 3. Valores do coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis em questão

Correlação	20°W	40°W	LAT ASAS	LAT ASPS	LONG ASAS	LONG ASPS
20°W	1					
40°W	0.87	1				
LAT ASAS	0.34	0.34	1			
LAT ASPS	0.39	0.36	0.32	1		
LONG ASAS	-0.05	-0.06	-0.10	0.03	1	
LONG ASPS	0.15	0.10	0.09	0.41	0.05	1

Os valores da correlação de Pearson expressaram uma relação de fraca a moderada para quase todas as variáveis, exceto a relação das variáveis entre a longitude de 40°W e 20°W da ZCIT, na qual apresentou uma correlação forte. A variável que obteve quase nenhuma relação com as outras variáveis (longitude de 20°W e de 40°W, latitude da ASAS e ASPS e longitude da ASAS) foram as longitudes das Altas Subtropicais do Atlântico Sul e Pacífico Sul, pois elas apresentaram valores de correlação muito baixos e negativos, indicando que a posição longitudinal das ASAS e ASPS não tem uma influência direta na variação latitudinal da ZCIT.

Estes resultados constam, de uma maneira geral, que as variáveis do posicionamento dos sistemas atmosféricos não apresentam um grau de relacionamento linear, e por causa disso, apresentou valores regulares. Isso pode estar relacionado com os outros mecanismos meteorológicos que não entraram para a análise e que são de suma importância para esses sistemas atmosféricos, como TSM. É importante ressaltar ainda, que o posicionamento longitudinal das ASAS e ASPS não apresentou correlações estaticamente significativas com as demais variáveis.

4.3.2. Regressão Linear Múltipla

Para acrescentar mais informações e melhorar os resultados adquiridos a partir da correlação, foi empregado o modelo de regressão que utiliza mais de duas variáveis como independente (x) e uma dependente (Y). A partir do modelo de regressão foi gerada equação 6, que pode servir para prever valores da variável dependente.

No modelo entraram como as variáveis independentes: a variação latitudinal das longitudes de 20°W e 40°W da ZCIT, latitude e longitude da ASAS e o Mês para o oceano Atlântico e para o oceano Pacífico, muda a latitude e longitude da ASAS para a de ASPs. E a variável dependente foi estabelecida a precipitação das três regiões do NEB em estudo.

As Tabelas 4 e 5 apresentam os valores dos coeficientes da regressão parcial da equação 6, o coeficiente de determinação (r^2) e de correlação (r) e o teste f representado pelo F de significação para os sistemas atmosféricos ASAS e ASPs, respectivamente.

Tabela 4. Coeficientes da equação de regressão, determinação e correlação e o F de significação para a ZCIT e ASAS, ao nível de confiança de $\alpha = 5\%$.

ZCIT e Alta Subtropical do Atlântico Sul									
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	r	r^2	F de significação
Norte	135,93	-10,01	-7,75	-4,25	0,56	-12,71	0,85	0,72	0,000
Sudoeste	-136,59	-9,82	-4,90	-6,23	-1,07	10,42	0,61	0,37	0,000
Litoral	132,51	6,47	-4,83	1,91	0,08	-3,19	0,37	0,14	0,000

Tabela 5. Coeficientes da equação de regressão, determinação e correlação e o F de significação para a ZCIT e ASPs, ao nível de confiança de $\alpha = 5\%$.

ZCIT e Alta Subtropical do Pacífico Sul									
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	r	r^2	F de significação
Norte	226,03	-10,17	-8,19	-1,77	0,17	-12,42	0,85	0,72	0,000
Sudoeste	-144,47	-8,65	-5,14	-4,65	-0,57	9,96	0,61	0,37	0,000
Litoral leste	169,30	5,67	-4,86	2,96	-0,01	-2,94	0,41	0,16	0,000

Os valores dos coeficientes r e r^2 indicaram resultados satisfatórios principalmente para as regiões norte e sudoeste do NEB, sendo que a região norte apresentou um ótimo valor de r e r^2 , evidenciando que a variável dependente (precipitação) consegue ser explicada cerca de 72% pelas variáveis independentes nos dois casos, ou seja, a precipitação da região norte pode ser explicada pela variação latitudinal da ZCIT e da posição das Altas Subtropicais do Atlântico Sul e Pacífico Sul. Os valores r e r^2 diminuem para a região sudoeste com uma classificação de moderada e fraca, respectivamente. Ou seja, apenas 37% da precipitação é explicada pelas variáveis independentes para os dois casos. E o pior resultado do modelo de regressão foi o da região litorânea nos dois casos, que apresentou um r^2 de apenas 14% e 16%, valor considerado fraco, isto é, para a região litorânea do NEB a variação latitudinal da ZCIT e do posicionamento das Altas Subtropicais nos dois oceanos, não influenciam na precipitação da região significativamente.

Entretanto, o teste f foi significativo em todas as regiões dos dois casos, mostrando que o modelo de regressão é representativo, pois o F de significação foi inferior a 5% ou 0,05. Assim sendo, a equação pode ser usada para a previsão a chuva, principalmente na região norte do Nordeste brasileiro.

4. CONCLUSÕES

A abordagem principal deste trabalho foi verificar a influência do posicionamento da Zona de Convergência Intertropical e das Altas Subtropicais do Atlântico Sul e Pacífico Sul na precipitação do Nordeste do Brasil e, assim, obtêm-se as seguintes conclusões:

- (i) Os sistemas meteorológicos: ZCIT, ASAS e ASPs, evidenciaram um ciclo bem definido, principalmente na variação latitudinal dos três sistemas.
- (ii) As variações latitudinais das Altas Subtropicais apresentaram um comportamento sazonal em que alcançam latitudes mais ao sul nos meses de janeiro a março, sendo este último o mês com maior deslocamento da ASAS.
- (iii) As variações longitudinais das Altas Subtropicais não demonstraram um padrão no seu deslocamento comparada com a latitude. Porém, há uma predominância no posicionamento das ASAS mais para leste, em torno de 5°L , nos meses de março, abril e maio.
- (iv) As variações interanuais e sazonais da precipitação nos três regimes de chuva presente no NEB (norte, sudoeste e litoral) mostraram os períodos chuvoso e menos chuvoso, bem definidos. Na região norte do NEB verificou a relação de dependência com a Zona de convergência Intertropical, sendo assim considerado o principal sistema atmosférico precipitante na região.
- (v) O coeficiente de correlação de Pearson constatou uma relação entre a ZCIT e as latitudes das Altas Subtropicais do Atlântico Sul e Pacífico Sul de intensidade fraca a moderada, indicando que, por mais que seja considerada pouca (39%), o posicionamento latitudinal das ASAS e ASPs tem efeito no posicionamento da ZCIT.
- (vi) O modelo de regressão foi eficaz, dentre todas as três regiões, para a região norte do NEB onde apresentou maiores r e r^2 indicando que a ZCIT e a posição da ASAS têm influência forte na precipitação nessa região.

- (vii) A equação obtida pelo modelo de regressão se torna eficiente para prever os valores de chuva para cada região, principalmente para a região norte do NEB, sendo que o modelo foi significativo para todas as regiões.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ACEITUNO, P. Relation entre la position del anticiclone subtropical y la precipitación en Chile. **Relatório do Projeto no E.551.791** do Departamento de Geofísica da Universidade do Chile. 14p, 1980.

ALDAZ, L. **Caracterização parcial do regime de chuvas no Brasil**. Rio de Janeiro: DNMET, Sudene, DMM, 1971. (Publicação técnica, 14)

ALVES, J.M.B.; TEIXEIRA, R.F.B.; FERREIRA, A.G. Um intenso sistema convectivo de mesoescala no setor leste do Nordeste: O caso de 20 a 21 de maio de 1999. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 16, n.1, p. 19–31, 2001.

AMARO, T.R. **Análise dos ventos à superfície na América do Sul e adjacências no clima presente e futuro**. 121p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá (MG), 2015.

AZEVEDO, P.V de; SILVA, B.B da; RODRIGUES, M. F. G. Previsão estatística das chuvas de outono no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, n. 1, p. 19-30, 1998.

AZEVEDO, D. da C. **Chuvas do Brasil: regime, variabilidade e probabilidade de alturas mensais e anuais**. Dissertação em Hidrologia. Porto Alegre. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRS 41p, 1974.

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 332 p, 1983.

BARBOSA, R.L. **Interação das perturbações convectivas iniciadas na costa Norte do Brasil com distúrbios ondulatórios de leste**. 81 p. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Meteorologia — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2005.

BARRY, R.G.; CHORLEY, R.J. **Atmósfera, Tiempo y Clima**. Trad. Ana Maria Guilló. Editora Omega. 2ª. Ed. Barcelona, 1978.

CARVALHO, M.A.V. Variabilidade da largura e intensidade da Zona de Convergência Intertropical Atlântica: aspectos observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 28, n. 3, p.305-316, 2013.

COELHO, C.; CAVALCANTI, I.; ITO, R.; LUZ, G.; SANTOS, L.; NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; PEZZA, A. B. **As secas de 1998, 2005 e 2010, Análise climatológica, Secas na Amazônia: causas e consequências**. Cap.7. p.145-178. São Paulo. Oficina de Textos, 2013.

COHEN, J.C.; SILVA DIAS, M.A.F; NOBRE, C.A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. **Monthly Weather Review**. Boston. v. 123, n.11, p. 3163-3174, 1995.

CONTI, J.B. A questão climática do Nordeste brasileiro e os processos de desertificação. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 1, n. 1, p. 07-14. 2005.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. Análise multivariada: para os cursos de administração. **Ciências Contábeis e Economia**. 1ª Ed., São Paulo: Atlas, 2007.

COUTINHO, E.C.; FISCH, G. Distúrbios ondulatórios de leste na região do centro de lançamento de Alcântara- MA. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 22, n.2, p.193–203, 2007.

DEGOLA, T.S.D. **Impactos e variabilidade do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul sobre o Brasil no clima presente e em cenários futuros**. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 91, 2013.

ESPINOZA, E.S. **Distúrbios nos ventos de leste no atlântico tropical. 123 p. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Meteorologia**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1996.

FECHINE, J.A.L. Identificação de secas meteorológicas na região metropolitana de Fortaleza. usando o índice de precipitação padronizada (SPI). **Boletim de Geografia**. v. 33, n. 2, p. 18-33, 2015.

FEDOROVA, N. **Meteorologia Sinótica**. V2. 242 págs. Editora e gráfica Universitária UFPel, 2001.

FRIERSON, D.M.W.; HWANG, Y.; FUCKAR, N.S.; SEAGER, R.; KANG, S.M.; DONOHOE, A.; MAROON, E.A.; LIU, X.; BATTISTI, D.S. Contribution of ocean overturning circulation to tropical rainfall peak in the Northern Hemisphere. **Nature Geoscience**, v. 6, n. 11, p. 940, 2013.

FERREIRA, N. S. **Zona de convergência intertropical**. Boletim do Climanálise Especial - Comemoração dos 10 anos, São Paulo, 1996. Disponível em: http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/zcit_1. Acesso em: 25 de maio de 2018.

FERREIRA, A.G.; DA SILVA MELLO, N.G. 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.

FIGUEIREDO FILHO, D.B.; SILVA JÚNIOR, J.A. (2009) Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 46-115, 2009.

FOLTZ, G.R.; MCPHADEN, M. J.; LUMPKIN, R. A strong Atlantic meridional mode event in 2009: The role of mixed layer dynamics. **Journal of Climate**. v. 25, n. 1, p. 363-380, 2012.

GAN, M.A. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico sul e leste do Brasil**. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos. INPE, 1982.

GAN, M.A.; KOUSKY, V.E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no Oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 1, n. 92.651, p. 19-28, 1986.

GARSON, G. D. Statnotes: Topics in Multivariate Analysis. Disponível em: <http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/statnote.htm>, 2009.

GARREAUD, R.D.; FALVEY, M. The coastal winds off western subtropical South America in future climate scenarios. **International Journal of Climatology**. Hoboken. v. 29, n. 4, p. 543-554, 2009.

HASTENRATH, S. *Climate and Circulation of the Tropics*. D. **Reidel Publish. Co.**. 455 pp. 1985.

HASTERNRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Quarterly Journal of Research Meteorological Society**, v. 103, n. 435, p. 77-92. 1977.

HASTENRATH, S. **Climate Dynamics of the Tropics**. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. Netherlands. 488 p., 1991.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acessado em 24 de maio de 2018.

ITO, E.R.K.; AMBRIZZI, T. **Um estudo Climatológico do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e sua influência em Sistemas Frontais**. 1999. 126. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

KOUSKY, V.E. Frontal influences on northeast Brazil. **Monthly Weather Review**. v. 107, n. 9, p. 1140-1153, 1979.

KOUSKY, V.E. Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**. v.108, n. 4, p.488-498, 1980.

KOUSKY, V.E.; GAN, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**. v. 33, n. 6, p. 538-551, 1981.

LUTGENS, F.K.; TARBUCK, E.J. **The Atmosphere: An Introduction to Meteorology** (Prentice Hall. Inc.. New Jersey). 6th ed, 1995.

LOURENÇO, M.C.M. **Vórtices ciclônicos em altos níveis que atuam no sul da América do Sul**. 77p. (INPE-10462-TDI/929). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 1996.

MACHADO, L.A.T.; LAURENT, H.; DESSAY, N.; MIRANDA, I. Seasonal and diurnal variability of convection over the Amazonia: A comparison of different vegetation types and large scale forcing. **Theoretical and applied climatology**. v. 78, n. 1, p. 61–77, 2004.

MÄCHEL, H.; KAPALA, A.; FLOHN, H. Behaviour of the Centres of Action Above the Atlantic since 1881. Part I: Characteristics of Seasonal and Interannual Variability. **International Journal of Climatology**, v. 18, n. 1, p. 1-22, 1998.

MARENGO, J.A.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R.P.; ALVES, M.L.; CUANDRA, 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**. v. 35, n. 6, p. 1073-1097, 2010.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; BESERRA, E.A.; LACERDA, F.F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. In: Medeiros S.S. Gheyi H.R. Galvão C.O. Paz V.P.S. Organizadores: Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido; p.384-422, 2011.

MARTINS, F.R.; GUARNIERI, R.A.; PEREIRA, E.B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 30, n. 1, p. 1304, 2008.

MELO, A.B.C.; CAVALCANTI, I.F.A.; SOUZA, P.P. **Zona de convergência intertropical do Atlântico**. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos. Cap. 2. p. 25-41. ISBN 978-85-86238-92-5, 2009.

MELO, M.L. Paisagens do Nordeste em Pernambuco e Paraíba. Guia de Excursão n.º 7 do **XVIII Congresso Internacional de Geografia**. Rio de Janeiro. Conselho Nacional de Geografia, 1958.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto. 206p, 2007.

MOLION, L.C.B. Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 2, n. 1, p. 107-117, 1987.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O.; OLIVEIRA, C.P. **Variabilidade da Circulação da Grande Escala Sobre o Atlântico Subtropical**. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 2004. Fortaleza. Anais. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia. 2004.

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

MORAIS, M.D.C. **Vórtice Ciclônico de Altos Níveis no Nordeste do Brasil: Estudo Observacional e Numérico**. Tese (Doutorado). São José dos Campos. INPE. 2016.

MORAN, J. M.; MORGAN, M. D. **Meteorology - The Atmosphere and the Science of Weather**. Macmillan Publish. Co.. 4th ed.. 520 pp, 1994.

MOREIRA, A.A.M. **A influência da circulação de marco-escala sobre o clima de Belo Horizonte – Estudo sobre as possíveis influências do Fenômeno El Niño sobre o clima local**. 1999. 189 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, IGC, Belo Horizonte, MG. 1999.

MOREIRA, J.L.B. **Estudo da Distribuição Espacial das Chuvas em Belo Horizonte e em seu entorno**. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) – Universidade Federal de Minas Gerais. IGC. Belo Horizonte. 2002.

MONTEIRO, C.A.F. **On the Desertification in the Northeast Brazil and Man's Rule in this Process**. Tsukuba (Japan): The University of Tsukuba, Latin American Studies, n. 9, 1988.

MOURA, M. do N.; AIMOLA, L.A.L. A Influência da Circulação de Revolvimento Meridional do Atlântico na Definição da Posição Média da ZCIT ao Norte do Equador. Uma Revisão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 555-563, 2016.

MOURA, A.D.; SHUKLA, J. Sobre a dinâmica das secas no nordeste do Brasil: observações. Teoria e experimentos numéricos com um modelo de circulação geral. **Jornal das ciências atmosféricas**. v. 38, n. 12, p. 2653-2675, 1981.

MOSCATI, M.C.L. **Variabilidade da Precipitação no Litoral Leste da Região Nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. INPE-5283-TDI/453. 1991.

MUSK, L. **Weather Systems**. Cambridge University Press, 1988.

NOBRE, C.A.; MOLION, L.C.B. The Climatology of Droughts and Drought Prediction. In: The Impact of Climatic Variations on Agriculture. Part III – Section 2. Eds.: M. L. Parry. T. R. Carter. **Kluwer Academic Publishers**, v. 2, p. 305-323, 1988.

OLIVEIRA, L.L.; VIANELLO, R.L.; FERREIRA, N.J. **Meteorologia fundamental**. Erechim: EdiFAPES, 432 p, 2001.

ORLANSKI, I. A rational subdivision of scales for atmospheric processes. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 56, p. 527-530, 1975.

PEREIRA, M.D.B. Eventos pluviométricos extremos na cidade de João Pessoa: análise dos eventos dos dias 16 e 17 de Abril de 2016. **Revista de Geociências do Nordeste**. v. 2, p. 575-584, 27 out, 2016.

PHILANDER, S.G.H.; GU, D.; HALPERN, D.; LAMBERT, G.; LAU, N. C.; Li, T.; PACANOWSKI, R. C. Why the ITCZ is mostly north of the equator. **Journal of Climate**. v. 9, n. 12, p. 2958-2972. 1996.

RAMIREZ, M.C.V. **Padrões climáticos dos vórtices ciclônicos em altos níveis no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos, INPE, 1997.

RAMIREZ, M.C.V.; KAYANO, M.T.; FERREIRA, N.J. Statistical analysis of upper tropospheric vortices in the vicinity of northeast Brazil during the 1980-1989. **Atmosfera**. v. 12, n. 2, p. 75-88, 1999.

RATISBONA, L.R. **The climate of Brazil**. World Survey of Climatology, Vol. 12, W. Schwerdtfeger, Ed., Elsevier, p. 219-269, 1976.

REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; da ROCHA, R.P.; Ambrizzi, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

REBOITA, M.S.; CAMPOS, B.; SANTOS, T.; GAN, M.A.; CARVALHO, V. Análise sinótica e numérica de um VCAN no Nordeste do Brasil (Synoptic and numerical analysis of a VCAN in the Brazilian Northeast). **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.10, n. 1, p. 041-059, 2017.

ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M.S. Precipitation Patterns Associated with the High Index Phase of the Southern Oscillation. **Journal of Climate**. v. 2, p. 268-284, 1989.

ROWNTREE, D. **Statistics without tears**. London: Penguin. 1991.

SATYAMURTY, P.; NOBRE, C.A.; SILVA DIAS, P.L. South America. In: Meteorology of the Southern Hemisphere. Eds. Karoly D. J.; Vicent, D. G. American Meteorological Society, **Meteorological Monographs**, v. 27, n. 49, p. 119-139, 1998.

SILVA DIAS, M.A.F. VIANELLO, L.R.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Editora UFV. p. 1-446, 1991.

SILVA, V.P.R. On climate variability in Northeast of Brazil. **Journal of Arid Environments**. v. 58, n. 4, p. 575–596, 2004.

SILVA, V.P.; PEREIRA, E. R.; AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. D. A.; SOUSA, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 15, n. 2, 2011.

STRANG, D.M.G. **Análise climatológica pluviométrica do Nordeste brasileiro**. Relatório IAE-M-02/72. Centro Técnico Aeroespacial. São José dos Campos. 70p. 1972.

TEISSERENC DE BORT, L. P. Etude sur l'hiver de 1879–80 et recherches sur l'influence de la position des grands centres d'action de l'atmosphère dans les hivers anormaux. **Annales de la société Météore de France**, v. 31, p. 70-79, 1883.

UVO, C.B. **A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte do nordeste brasileiro**. Dissertação de Mestrado. INPE. São José dos Campos. 99p, 1989.

UVO, C.R.B.; BERNDTSSON, R. Regionalization and Spatial Properties of Ceará Staté Rainfall in Northeast Brazil. **Journal of Geophysical Research**. vol. 101. no. D2. 4221-4233. 1996.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital. Recife. PE. Brasil. 2005.

VIANELLO, R.L.; MAIA, L.F.P.G. **Estudo Preliminar da Climatologia Dinâmica do Estado de Minas Gerais**. In: I CONGRESSO INTERAMERICANO DE METEOROLOGIA. Brasília. Anais I. p. 185-194. 1986.

VIANELLO, R.L. e ALVES, R.A. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa. UFV. Impr. Univ. 1991.

XAVIER, T.M.B.S. **Tempo de Chuva: Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**. Cap.3e 6 / Cap.11. ABC Editora. Fortaleza-Ceará. 478 p. 2001.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; SILVA-DIAS, M. A. F.; SILVA-DIAS, P. L. Inter-relações entre Eventos ENOS (ENSO) e a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a Chuva nas Bacias Hidrográficas do Ceará. **Revista Brasileira Recursos Hídricos**. v. 8, n. 2, p. 111-126, 2003.

APÊNDICE

Série Temporal da precipitação da região norte do NEB

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1988	263,0	253,6	369,5	432,5	217,7	92,9	28,4	18,5	6,2	9,4	24,6	148,2
1989	164,9	162,9	351,9	472,2	319,3	73,9	80,6	26,2	16,6	27,9	44,4	254,1
1990	93,7	282,6	187,9	204,7	110,4	43,7	70,6	6,9	21,6	11,9	46,3	51,4
1991	223,8	198,8	347,6	227,4	176,6	36,2	14,8	3,8	1,8	9,4	12,1	7,2
1992	177,8	203,2	258,7	137,7	39,6	24,2	16,6	3,5	3,4	1,0	18,5	31,6
1993	123,7	222,2	232,2	184,7	98,3	27,2	27,8	10,5	16,8	21,1	33,1	104,9
1994	252,4	266,0	349,5	359,3	188,5	144,0	46,5	12,4	5,2	9,8	17,0	89,1
1995	112,7	375,3	275,6	454,7	298,8	61,5	34,3	3,1	2,5	31,2	33,9	46,1
1996	217,9	257,0	423,8	433,4	154,7	44,3	36,3	23,3	5,6	20,8	39,1	32,6
1997	209,7	109,0	331,2	301,5	153,2	5,05	7,7	8,0	6,5	20,5	40,4	77,2
1998	292,2	113,0	284,4	139,7	75,4	29,9	22,5	12,9	6,5	10,1	45,7	73,7
1999	161,8	274,5	379,8	287,9	254,2	47,1	23,3	5,6	10,1	25,1	59,4	141,8
2000	196,9	329,4	329,3	383,4	172,5	82,9	72,6	24,3	17,1	4,8	6,7	59,3
2001	183,7	322,9	265,5	466,2	93,4	104,8	29,8	4,1	6,4	5,1	19,1	48,8
2002	396,5	114,4	301,6	312,5	165,6	80,4	30,5	5,4	13,5	9,9	18,7	71,3
2003	193,7	417,2	358,0	277,7	140,8	93,1	21,8	18,5	11,2	4,2	28,8	60,1
2004	461,7	399,4	322,8	281,3	108,6	90,3	63,0	26,9	12,4	6,6	19,4	26,5
2005	155,0	235,9	359,8	208,8	161,3	79,6	52,2	7,2	4,0	10,9	24,2	128,2
2006	104,9	286,6	343,2	453,3	271,2	76,6	23,9	30,0	14,9	11,6	40,8	58,3
2007	64,0	471,9	278,6	319,7	122,5	35,5	35,5	10,5	8,4	15,5	10,3	78,3
2008	252,8	228,8	498,2	401,1	250,1	77,0	30,9	28,7	6,5	8,5	10,5	80,4
2009	189,2	300,5	359,8	569,4	479,9	103,6	54,8	14,1	4,6	9,1	7,1	84,3
2010	162,5	124,6	189,4	275,8	136,7	100,0	40,0	10,5	5,8	41,1	29,0	118,9
2011	290,8	335,7	276,7	428,7	243,0	53,8	62,8	24,8	6,1	80,6	48,3	13,2
2012	141,3	226,1	302,9	136,0	48,4	51,1	20,5	11,6	8,5	6,4	22,5	55,0
2013	120,4	227,1	245,7	270,5	113,6	69,2	60,5	9,7	10,4	9,7	77,0	50,2
2014	193,8	261,2	219,3	307,5	302,4	58,3	16,3	8,8	15,3	14,8	45,2	48,2
2015	58,1	243,7	296,8	244,9	123,7	71,6	40,9	3,2	8,8	5,1	5,9	40,5
2016	261,9	166,0	293,9	198,1	110,4	47,0	18,1	2,4	17,1	10,9	12,4	83,6
2017	227,2	363,2	367,5	291,9	154,7	43,8	43,0	10,4	4,3	11,2	19,2	80,4
MÉDIA	198,2	259,1	313,4	315,4	176,2	64,9	37,6	12,9	9,3	15,5	28,7	74,8

Série Temporal da precipitação da região sul-sudoeste do NEB

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1988	103,0	103,7	185,3	65,1	1,7	1,3	0,6	0,8	2,6	73,0	90,8	259,4
1989	56,3	102,6	129,9	38,6	13,6	15,4	3,3	1,4	25,1	39,2	212,7	519,7
1990	31,7	179,3	33,4	20,8	9,4	1,1	2,2	2,9	10,7	81,6	100,0	114,8
1991	190,5	105,1	147,1	65,4	3,0	1,2	0,9	1,0	16,0	11,1	250,0	150,1
1992	422,2	255,3	17,6	35,6	4,5	3,9	2,6	2,4	22,6	87,8	179,6	260,0
1993	77,2	115,7	14,1	58,9	10,9	2,4	1,2	1,7	14,8	54,5	68,5	143,1
1994	162,4	149,4	232,1	89,3	4,7	13,0	2,4	0,4	0,9	21,6	117,2	85,0
1995	93,7	196,3	153,2	79,8	51,6	2,0	4,6	0,7	0,1	69,3	222,6	264,9
1996	34,5	88,1	97,0	71,6	24,8	2,1	0,6	3,4	1,5	81,5	219,6	99,8
1997	188,5	112,9	353,4	106,7	15,2	6,9	2,9	0,5	6,6	91,7	80,6	121,1
1998	157,4	158,3	66,92	14,1	9,5	2,4	1,1	1,3	0,3	45,6	278,5	154,5
1999	88,3	159,3	140,9	17,0	16,9	1,2	3,4	3,2	29,5	109,2	270,8	231,4
2000	155,3	179,4	109,6	56,8	7,1	3,3	4,8	3,1	28,0	37,1	228,8	313,2
2001	45,5	79,0	125,0	32,8	18,0	6,6	4,6	4,8	8,9	97,5	140,0	142,4
2002	257,4	112,1	48,3	39,1	21,5	5,2	4,1	4,5	49,9	19,0	100,1	222,0
2003	157,6	76,9	140,3	43,6	26,6	4,1	4,0	17,6	8,3	20,9	102,2	77,2
2004	361,9	184,9	191,0	37,3	6,2	5,8	3,2	4,0	1,4	61,1	144,8	94,6
2005	193,6	248,6	128,5	71,3	36,7	16,4	7,9	8,3	10,3	15,3	162,7	192,9
2006	21,2	121,2	235,7	146,2	25,5	12,9	4,1	5,0	25,5	131,1	168,9	129,6
2007	59,4	353,9	28,6	38,2	5,9	6,8	2,5	4,6	6,2	10,8	131,8	117,7
2008	146,6	144,3	157,6	117,2	6,4	10,6	5,0	1,8	18,9	4,4	152,6	181,2
2009	126,2	92,5	142,4	167,9	52,3	21,4	6,0	6,2	5,7	191,0	65,8	175,3
2010	74,7	86,6	195,3	131,8	14,0	4,0	17,7	3,5	5,5	77,7	187,6	183,4
2011	139,3	16,6	224,9	62,8	9,3	0,6	3,9	0,3	0,7	101,5	200,1	183,3
2012	120,2	60,3	51,8	8,6	17,0	3,8	3,7	10,5	1,0	14,0	288,3	33,7
2013	223,5	41,9	102,0	83,9	5,3	12,8	11,9	6,8	3,0	56,9	154,2	309,1
2014	38,0	87,6	119,2	76,3	9,7	8,7	9,0	0,9	3,8	43,8	196,0	164,5
2015	48,4	166,6	92,9	135,5	30,1	14,2	3,6	3,9	0,4	19,0	98,7	23,5
2016	481,3	29,7	29,4	13,0	1,5	3,3	3,8	3,6	29,6	51,4	163,1	92,4
2017	56,6	190,7	123,3	46,5	12,4	10,5	13,9	2,0	4,0	17,7	127,7	151,3
MÉDIA	143,7	138,3	127,2	65,7	15,7	6,8	4,6	3,7	11,4	57,9	163,5	173,0

Série Temporal da precipitação da região litoral leste do NEB

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1988	95,01	61,0	121,1	161,8	94,9	159,7	123,2	82,4	50,9	74,1	95,1	162,7
1989	45,0	22,2	145,5	140,3	209,2	106,9	84,4	103,7	49,9	69,8	87,5	415,7
1990	54,8	55,8	46,1	63,2	77,7	104,7	68,6	100,2	72,8	115,2	72,9	78,6
1991	53,3	52,2	110,0	77,4	141,3	150,1	78,2	95,8	38,7	44,7	138,6	54,6
1992	238,2	200,7	78,2	48,7	43,1	162,6	119,9	58,6	73,6	35,9	73,2	110,3
1993	39,3	40,0	13,8	51,4	73,3	90,3	53,5	75,1	32,0	70,9	60,3	31,3
1994	32,1	97,8	108,7	137,3	106,2	119,9	138,3	56,4	77,5	43,2	45,5	23,8
1995	30,	30,9	85,5	129,1	113,6	94,2	116,8	50,0	53,9	19,9	174,0	90,5
1996	34,2	38,4	46,1	146,1	57,9	104,4	64,2	75,8	75,3	32,4	180,5	26,8
1997	77,2	161,3	299,5	135,1	128,8	67,2	93,2	39,0	16,2	52,6	47,4	58,8
1998	66,5	43,3	47,7	65,1	74,0	122,2	89,0	74,2	43,7	43,3	120,2	53,5
1999	73,8	98,6	64,7	113,2	141,2	99,4	131,8	157,5	76,9	111,9	109,6	158,7
2000	96,3	121,9	116,8	150,1	101,9	122,2	96,7	71,1	111,4	25,4	148,2	136,2
2001	51,6	34,8	104,9	57,0	73,4	132,4	94,3	101,1	79,3	92,7	18,7	130,1
2002	269,6	127,0	56,2	49,2	104,3	99,8	76,9	74,3	82,5	18,7	36,7	104,1
2003	35,9	52,6	89,3	59,9	138,8	96,9	104,0	79,9	69,7	40,7	93,5	25,6
2004	306,7	135,2	105,7	65,4	88,3	87,0	72,1	33,2	31,7	39,6	122,9	12,0
2005	83,5	164,0	70,1	161,8	129,6	130,8	89,0	70,3	26,5	10,5	96,1	65,3
2006	23,0	16,6	117,9	174,4	91,1	157,7	48,3	44,5	59,4	121,3	113,1	28,7
2007	23,5	308,4	50,9	44,8	60,0	48,0	62,9	48,7	55,4	38,9	64,6	66,7
2008	26,8	114,5	106,2	37,5	55,4	64,0	61,9	37,0	24,4	14,0	44,9	97,5
2009	46,9	80,2	26,3	171,1	175,0	34,8	68,0	70,0	23,5	131,9	17,0	42,07
2010	70,5	50,4	124,2	208,7	36,5	57,9	148,6	52,6	33,3	75,8	28,8	89,2
2011	74,6	41,1	126,0	116,6	63,3	48,7	41,5	29,1	23,5	81,1	105,9	59,9
2012	28,3	54,1	13,8	4,6	77,5	40,2	53,7	66,5	20,5	34,5	92,3	6,0
2013	97,7	27,4	14,3	73,3	55,6	106,0	77,9	79,1	59,3	57,5	101,3	123,8
2014	31,6	81,3	68,0	72,3	78,5	80,2	114,2	43,5	48,7	42,1	94,4	132,7
2015	30,5	111,7	30,3	113,0	161,7	154,9	92,4	65,6	21,5	21,6	13,6	11,8
2016	233,2	37,2	26,3	32,6	68,9	63,7	47,3	58,6	38,4	67,1	55,1	32,5
2017	9,8	69,4	64,2	98,9	98,0	87,7	103,9	32,7	100,1	27,4	74,0	90,1
MÉDIA	79,3	84,3	82,6	98,7	97,3	99,8	87,2	67,6	52,3	55,2	84,2	84,0

Série Temporal do posicionamento latitudinal da ZCIT na longitude de 20°W

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1988	-0,548	0,062	0,062	0,877	2,912	5,354	10,443	10,647	9,832	6,372	5,762	3,116
1989	1,080	0,469	0,062	-0,345	1,691	6,169	9,222	11,054	8,815	7,797	4,947	3,523
1990	1,487	2,301	1,691	2,098	3,726	6,372	8,815	10,240	8,611	7,390	6,372	3,930
1991	1,691	1,894	-0,141	1,487	2,098	5,762	8,815	10,036	9,018	9,425	6,169	4,744
1992	2,505	0,469	1,487	2,505	-0,955	0,877	9,629	10,240	9,018	6,779	5,151	4,744
1993	1,487	1,284	1,894	1,691	3,116	5,558	8,815	9,629	8,204	7,186	3,930	2,912
1994	1,080	1,691	-0,141	0,266	2,505	6,372	9,629	10,036	9,629	7,797	5,354	3,319
1995	1,080	0,266	-0,345	-0,141	3,116	5,965	10,036	10,647	9,629	7,797	6,372	2,708
1996	2,301	1,691	0,266	1,080	2,708	4,744	9,018	10,240	8,815	7,593	6,372	4,337
1997	3,319	4,337	2,505	1,691	4,337	7,797	9,629	9,629	9,629	7,186	5,151	2,912
1998	1,894	2,301	2,708	1,284	3,319	5,965	9,629	10,850	10,443	7,390	7,390	4,947
1999	2,098	1,080	0,469	2,301	2,912	6,372	10,036	11,664	11,257	8,204	6,779	4,337
2000	2,912	2,098	3,116	2,505	2,912	7,186	10,036	10,850	10,036	8,001	7,186	3,930
2001	3,523	2,098	2,505	3,116	3,319	7,797	10,036	11,461	10,647	8,204	7,593	5,762
2002	3,523	3,726	1,691	0,469	2,912	6,983	8,815	9,832	10,443	9,018	6,372	4,540
2003	1,284	0,266	0,469	2,505	4,947	7,593	10,443	10,647	10,647	8,204	6,983	4,540
2004	1,487	2,301	1,691	2,301	4,947	8,001	10,647	11,054	10,036	7,593	7,797	4,540
2005	3,116	1,284	3,523	3,319	6,372	8,001	9,832	11,054	8,815	7,593	6,372	6,576
2006	2,912	1,487	3,319	3,726	3,116	6,983	8,611	10,240	9,222	6,576	6,576	4,337
2007	2,301	1,894	1,691	3,602	4,133	7,186	9,425	10,240	8,815	6,576	4,540	4,337
2008	3,523	2,098	2,098	4,715	3,523	5,965	8,815	10,036	8,408	6,576	5,762	4,540
2009	1,284	0,877	-0,752	-0,141	2,301	5,558	9,629	10,647	8,408	7,186	5,762	4,337
2010	2,912	3,319	2,912	1,894	3,930	6,372	9,222	10,240	11,257	6,576	5,558	4,337
2011	3,319	1,284	0,673	1,284	3,319	6,779	8,408	9,425	8,815	6,169	4,540	2,912
2012	2,505	0,877	2,301	2,301	4,337	6,576	9,222	10,850	9,018	7,390	6,372	4,337
2013	3,116	2,912	2,708	3,116	4,337	7,593	9,425	9,425	10,036	6,779	4,947	4,337
2014	2,098	1,894	1,080	1,691	2,708	6,372	8,001	9,222	8,815	5,965	5,354	4,540
2015	1,894	2,308	1,284	1,487	5,354	7,186	9,018	9,629	8,611	7,390	5,354	3,475
2016	-0,246	0,062	0,266	3,319	3,523	6,983	8,815	8,815	8,611	7,186	5,965	3,930
2017	3,930	1,487	2,098	2,098	4,133	5,965	9,018	10,443	7,390	6,983	6,779	4,133

Série Temporal do posicionamento latitudinal da ZCIT na longitude de 40°W

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1988	-8,283	-4,212	-6,858	-7,265	-5,026	-0,345	5,151	8,815	7,390	3,116	-0,548	-1,363
1989	-2,584	-3,398	-7,469	-6,248	-4,823	0,266	4,947	7,390	6,372	3,726	0,877	-0,752
1990	-0,345	-1,566	-2,177	-1,770	-1,566	1,080	4,744	8,611	8,815	5,558	0,469	1,284
1991	-1,770	-5,230	-7,672	-6,451	-3,805	0,469	4,337	7,390	6,576	6,169	0,877	-0,752
1992	-1,973	-3,398	-6,248	-2,787	-0,955	7,390	9,018	6,779	7,593	4,337	0,877	-0,955
1993	-0,752	-1,973	-5,026	-7,265	-1,159	2,505	6,169	6,983	4,947	1,284	1,284	-1,770
1994	-5,026	-5,026	-7,876	-5,841	-5,841	-4,416	-0,141	0,877	0,877	1,080	0,469	-1,363
1995	-2,584	-5,026	-7,062	-6,044	-5,434	-0,548	5,151	10,036	9,629	4,337	1,894	-0,752
1996	-2,991	-8,080	-6,248	-5,230	-1,973	-0,141	4,744	7,593	7,186	0,062	1,284	-0,345
1997	-1,973	-3,805	-6,044	-5,841	-1,363	-0,548	3,930	8,204	5,965	0,673	-0,141	-2,380
1998	-3,602	-7,469	-7,672	-3,398	-1,973	1,487	5,558	7,593	7,593	2,505	-0,548	-1,159
1999	-3,195	-4,619	-7,265	-3,195	-3,195	0,266	5,558	8,815	6,779	2,098	0,673	-0,752
2000	-3,602	-6,655	-5,841	-4,212	-1,363	0,062	2,301	8,408	6,779	5,151	0,673	-0,955
2001	-2,177	-7,469	-6,655	-3,805	-1,566	0,877	6,169	8,611	8,204	5,354	2,708	-0,141
2002	-4,009	-7,265	-4,009	-3,602	-0,955	0,469	5,558	7,186	9,222	2,708	-0,345	-1,770
2003	-5,841	-7,672	-6,858	-6,248	-2,380	1,487	6,983	10,240	10,443	8,204	0,062	-1,159
2004	-7,672	-4,619	-6,248	-6,248	-0,752	2,098	5,151	7,797	10,240	7,390	6,372	0,062
2005	-2,380	-4,823	-7,062	-4,416	0,877	3,726	8,204	10,036	9,629	5,965	2,912	-0,955
2006	-1,632	-2,991	-5,026	-5,841	-0,752	2,098	6,576	10,647	10,850	9,832	5,558	-1,363
2007	-0,345	-7,265	-3,805	1,691	-0,141	0,266	6,169	8,611	7,593	4,947	-0,345	-0,548
2008	-2,584	-5,026	-6,044	-1,770	-1,363	2,505	6,983	10,240	9,832	9,222	5,965	-0,141
2009	-3,602	-6,858	-8,283	-6,451	-4,823	-1,973	6,169	10,240	10,443	8,001	1,894	-0,752
2010	-5,026	-4,416	-6,655	-3,398	-0,141	1,487	7,186	10,850	11,868	7,186	1,080	-1,973
2011	-6,248	-5,434	-7,876	-3,195	-0,548	2,708	6,169	9,629	9,425	11,054	2,505	1,691
2012	-1,566	-4,823	-7,469	-2,991	0,877	2,912	8,408	11,868	10,443	10,240	2,098	-0,345
2013	-4,009	-5,841	-8,283	-3,805	-1,770	0,266	6,372	9,425	9,222	5,354	2,912	-0,548
2014	-1,566	-4,823	-7,062	-4,416	-1,770	1,284	5,354	9,222	9,629	8,815	4,337	2,912
2015	-0,752	-4,212	-6,655	-7,876	-1,566	-0,548	6,169	9,832	10,647	9,425	1,284	-1,363
2016	-8,283	-5,230	-7,265	-2,177	-1,363	2,098	6,779	8,611	10,036	8,611	4,744	-0,141
2017	-2,177	-5,434	-7,672	-3,805	-2,584	3,116	7,797	10,443	10,443	6,576	3,523	-0,141

Série Temporal do posicionamento latitudinal da ASAS

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1988	-31,01	-38,41	-28,55	-33,79	-27,32	-29,47	-29,47	-29,78	-29,47	-32,86	-31,94	-32,55
1989	-31,63	-29,78	-33,17	-33,48	-27,32	-32,86	-27,63	-29,78	-28,86	-31,63	-30,71	-31,32
1990	-29,47	-38,10	-36,25	-29,78	-30,09	-32,25	-27,93	-31,63	-36,25	-31,94	-32,86	-29,78
1991	-34,09	-28,55	-34,40	-30,40	-27,63	-29,47	-29,47	-30,40	-27,93	-32,55	-31,01	-28,55
1992	-32,55	-31,01	-30,71	-30,09	-31,01	-28,24	-27,01	-32,86	-32,86	-29,47	-31,63	-30,09
1993	-32,55	-34,71	-31,63	-32,86	-35,02	-31,01	-26,40	-32,25	-30,71	-29,78	-32,55	-32,86
1994	-31,94	-35,94	-34,71	-34,40	-29,78	-27,93	-32,25	-34,40	-29,78	-30,09	-29,17	-30,09
1995	-31,63	-32,55	-35,94	-35,94	-33,79	-28,24	-29,47	-26,70	-28,86	-29,47	-33,48	-25,78
1996	-32,25	-34,09	-36,25	-30,40	-26,70	-26,70	-30,71	-25,78	-30,09	-33,17	-31,01	-31,63
1997	-32,25	-33,48	-33,79	-34,40	-28,55	-28,55	-34,09	-29,78	-33,17	-33,17	-29,17	-30,09
1998	-32,25	-31,94	-34,71	-31,94	-24,24	-29,17	-31,94	-31,01	-31,63	-33,48	-32,25	-31,01
1999	-29,47	-33,79	-30,40	-35,63	-31,63	-30,40	-26,40	-27,93	-30,09	-34,09	-31,94	-32,86
2000	-34,71	-35,63	-42,41	-36,25	-29,17	-27,01	-30,09	-28,24	-31,32	-34,71	-30,09	-36,56
2001	-31,94	-35,33	-31,32	-35,33	-26,70	-26,70	-29,17	-33,48	-29,78	-30,09	-33,48	-30,71
2002	-27,63	-33,79	-31,01	-30,09	-27,93	-29,47	-27,63	-28,55	-33,48	-27,63	-32,25	-31,94
2003	-30,71	-31,32	-31,63	-32,25	-32,86	-32,55	-30,40	-27,93	-29,17	-32,86	-32,25	-32,86
2004	-34,40	-31,01	-31,94	-31,01	-33,17	-27,93	-34,71	-28,86	-32,55	-31,63	-29,17	-28,55
2005	-30,40	-31,63	-33,48	-31,32	-31,01	-28,86	-30,71	-29,78	-28,55	-29,78	-32,25	-33,48
2006	-30,71	-31,94	-38,71	-33,79	-30,40	-32,86	-28,55	-28,86	-33,48	-32,55	-29,47	-30,71
2007	-30,71	-31,32	-34,71	-29,47	-31,32	-26,09	-28,55	-29,47	-27,93	-34,40	-35,63	-32,25
2008	-35,33	-33,79	-37,79	-32,25	-24,86	-30,71	-26,09	-29,17	-27,01	-32,25	-32,25	-31,01
2009	-32,55	-35,94	-37,17	-34,71	-26,70	-30,40	-31,63	-27,32	-29,17	-36,25	-28,24	-35,33
2010	-34,71	-33,17	-33,79	-34,40	-29,17	-30,71	-29,47	-24,55	-28,55	-33,17	-34,40	-35,33
2011	-33,79	-30,71	-35,63	-34,40	-31,32	-30,40	-37,48	-27,32	-31,94	-33,17	-35,63	-31,63
2012	-27,93	-30,09	-32,55	-34,71	-33,48	-31,63	-31,94	-31,01	-30,09	-35,02	-30,40	-32,86
2013	-33,17	-34,40	-35,33	-32,86	-29,78	-31,94	-29,47	-25,47	-29,78	-34,71	-33,17	-34,40
2014	-31,94	-33,79	-35,33	-35,33	-27,63	-32,25	-32,25	-26,70	-23,62	-31,32	-36,25	-35,02
2015	-27,32	-37,17	-36,56	-34,71	-28,55	-30,40	-37,79	-31,01	-31,32	-27,63	-31,01	-32,25
2016	-33,17	-30,40	-29,17	-30,09	-30,71	-28,86	-31,63	-28,24	-32,55	-31,01	-34,09	-27,32
2017	-32,86	-34,71	-31,94	-35,63	-32,25	-29,47	-30,09	-35,02	-31,32	-33,17	-35,02	-35,94

Série Temporal do posicionamento longitudinal da ASAS

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1988	0,82	-17,66	1,19	-0,66	-0,66	1,56	1,19	-13,60	3,41	-5,83	-3,98	0,08
1989	-1,76	-10,27	2,30	0,82	-0,29	-3,24	-1,03	-20,25	3,04	-2,50	-0,29	-12,49
1990	-9,16	3,41	5,63	-20,25	3,41	-1,76	-10,27	0,45	-1,76	-9,90	0,08	-7,31
1991	-13,23	-10,86	-12,86	5,26	1,19	-16,92	-9,53	-12,86	-5,09	-2,50	-1,76	-3,61
1992	-4,72	-23,58	-25,06	3,04	-2,87	-6,57	-9,16	1,19	-16,55	-6,57	1,56	-8,05
1993	4,52	-23,95	4,52	-21,73	-17,66	4,52	-4,35	4,89	7,85	-0,29	-6,57	-5,46
1994	-4,72	-15,08	2,67	0,08	-9,90	-5,83	-1,40	6,37	-30,61	3,04	-8,05	-3,61
1995	-6,57	-9,16	-3,61	2,30	0,08	-8,42	-12,86	-4,72	-5,46	-6,20	0,08	-2,87
1996	-13,23	-3,98	6,37	1,56	3,04	-6,20	1,93	2,30	-17,29	-2,87	-5,09	-0,29
1997	-3,24	-14,34	-1,40	-0,29	2,30	4,89	8,22	-0,66	6,74	3,78	-2,13	-0,66
1998	-3,24	-2,13	-0,66	8,22	-3,61	6,00	-6,94	-0,29	-3,61	-0,66	-1,76	-2,87
1999	-4,35	-4,35	-0,66	1,93	-3,61	9,70	-8,05	-8,79	-6,94	1,56	-8,05	-6,20
2000	2,67	-10,27	-18,77	4,15	-0,29	-3,24	-7,68	-3,61	-12,12	1,93	-4,72	3,41
2001	-10,64	0,45	-10,64	6,00	0,08	-11,38	-8,05	-28,02	-4,72	4,52	-0,29	-6,94
2002	-5,83	0,82	4,15	6,74	-7,31	-6,94	3,78	-15,08	7,48	-15,08	0,45	4,52
2003	-3,98	-20,25	-0,29	9,70	4,52	7,11	5,26	-9,16	0,45	-16,18	-8,42	-4,72
2004	-5,09	-6,20	-8,05	-6,57	6,74	-6,94	-4,35	-2,87	1,93	-2,13	-5,09	-7,68
2005	-2,87	-8,05	-3,61	-5,46	-12,86	-16,18	8,22	-17,29	-6,20	-5,09	-2,87	-2,87
2006	-8,42	0,82	-5,46	-4,72	3,04	7,48	4,15	1,93	0,45	0,45	-8,05	-1,40
2007	0,45	-10,27	0,08	-2,13	8,59	-6,57	-6,20	-17,29	-3,24	1,19	-4,72	-5,09
2008	-3,24	-1,03	5,26	4,15	-10,64	4,15	-11,75	-15,45	-3,61	0,82	-1,03	-2,50
2009	-3,61	-0,66	0,82	3,41	-1,40	-11,01	-5,09	-0,29	-2,13	7,11	0,82	-15,45
2010	-12,86	-9,53	-4,72	0,45	-3,98	4,52	-22,10	-18,77	-20,62	4,52	-8,79	-1,03
2011	-2,50	-1,76	-12,49	-9,90	-3,61	0,82	6,74	-3,61	0,45	-13,60	-13,23	-9,90
2012	-16,55	-16,55	-9,90	0,82	7,85	-6,94	-3,24	-20,62	-3,24	-3,24	-0,29	-7,31
2013	-5,83	-11,75	-4,72	8,22	-3,61	-11,01	-8,42	-10,64	-9,53	-5,83	0,08	0,08
2014	-5,31	-13,60	-13,23	7,48	1,19	-9,53	-8,79	-5,09	-4,35	0,08	-6,57	-8,05
2015	-18,40	-9,90	-14,71	5,26	0,82	-3,24	-8,42	-26,17	-3,61	-2,50	-1,03	3,41
2016	-2,50	-13,23	-16,55	-15,08	2,30	0,82	3,41	-0,29	-10,27	4,52	3,78	-9,90
2017	-12,12	-10,64	-1,03	0,08	7,48	-17,66	7,85	-3,24	-23,21	-14,71	-8,05	-10,03

Série Temporal do posicionamento latitudinal da ASPS

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1988	-35,02	-36,87	-29,17	-33,79	-33,17	-30,71	-28,55	-27,63	-33,48	-33,79	-33,17	-35,94
1989	-34,09	-32,86	-40,56	-33,17	-29,17	-31,32	-26,09	-28,24	-35,94	-35,02	-31,32	-35,33
1990	-37,79	-36,56	-35,02	-31,32	-31,32	-31,32	-29,78	-27,32	-28,86	-32,55	-36,25	-34,09
1991	-38,10	-32,86	-35,94	-32,86	-28,55	-27,63	-28,86	-35,02	-28,86	-34,40	-30,09	-31,94
1992	-34,09	-33,48	-29,47	-32,86	-25,16	-26,09	-33,17	-27,63	-32,55	-33,17	-30,40	-34,40
1993	-32,55	-34,09	-30,40	-31,32	-29,17	-26,70	-31,94	-34,40	-33,79	-31,32	-33,79	-33,48
1994	-34,09	-36,56	-34,09	-33,79	-29,47	-30,09	-27,93	-32,55	-28,24	-31,32	-32,55	-34,09
1995	-33,79	-36,56	-36,56	-29,17	-31,01	-27,63	-25,47	-29,17	-30,40	-31,01	-34,09	-32,86
1996	-38,10	-36,87	-31,94	-31,32	-31,94	-27,32	-26,40	-31,01	-34,71	-31,63	-30,71	-35,63
1997	-29,78	-35,02	-36,56	-29,47	-24,55	-29,17	-25,47	-27,01	-36,56	-31,63	-31,94	-34,40
1998	-38,41	-40,25	-32,25	-30,40	-26,09	-33,48	-31,01	-33,48	-34,40	-34,09	-37,17	-35,33
1999	-35,33	-37,17	-36,87	-36,56	-35,94	-26,40	-34,40	-29,78	-31,01	-36,25	-31,63	-37,17
2000	-33,48	-39,33	-35,02	-35,94	-30,40	-25,78	-30,40	-33,79	-27,32	-33,79	-30,09	-33,48
2001	-33,48	-39,02	-35,63	-38,10	-29,47	-31,01	-26,40	-27,93	-32,86	-36,56	-37,17	-32,25
2002	-31,63	-34,40	-33,48	-36,25	-26,70	-36,25	-30,09	-27,32	-28,55	-33,79	-33,48	-32,25
2003	-31,32	-34,71	-36,56	-31,01	-31,63	-25,16	-34,71	-30,09	-28,24	-31,63	-31,32	-35,94
2004	-34,71	-35,63	-36,56	-34,40	-32,86	-27,63	-28,55	-32,25	-31,94	-31,63	-31,63	-30,40
2005	-37,48	-31,01	-32,25	-35,63	-29,47	-23,62	-27,93	-27,01	-31,01	-32,55	-29,78	-38,71
2006	-30,71	-38,41	-37,48	-33,17	-30,40	-24,24	-26,70	-31,94	-30,09	-28,55	-33,79	-35,63
2007	-35,02	-41,18	-33,48	-39,02	-39,02	-40,56	-34,40	-33,79	-32,55	-27,63	-33,79	-34,40
2008	-28,86	-30,40	-33,79	-40,87	-29,78	-32,25	-25,78	-28,55	-29,78	-32,86	-36,56	-35,63
2009	-35,02	-34,71	-30,40	-31,94	-29,78	-27,01	-31,94	-27,93	-33,79	-31,63	-28,24	-38,71
2010	-33,79	-33,79	-30,09	-34,40	-32,55	-31,63	-31,63	-29,78	-31,32	-29,47	-34,40	-35,02
2011	-28,86	-28,24	-35,33	-32,55	-32,86	-30,09	-31,01	-26,70	-28,86	-34,71	-33,17	-34,09
2012	-39,33	-28,86	-34,40	-35,94	-28,55	-42,41	-36,87	-29,47	-30,71	-30,71	-30,71	-31,94
2013	-36,56	-34,40	-34,09	-28,86	-28,55	-32,25	-33,17	-31,63	-26,40	-31,63	-36,87	-35,02
2014	-39,64	-40,25	-38,10	-32,55	-29,17	-27,01	-27,32	-25,78	-31,01	-34,09	-35,33	-33,17
2015	-35,94	-39,64	-34,71	-31,94	-27,93	-32,86	-26,40	-25,47	-23,01	-31,32	-35,33	-32,55
2016	-33,48	-38,71	-36,25	-29,47	-23,01	-34,71	-24,86	-30,40	-34,40	-29,47	-32,55	-33,17
2017	-32,55	-31,94	-36,25	-30,40	-32,55	-32,86	-33,79	-30,40	-32,25	-33,79	-36,87	-33,48

Série Temporal do posicionamento longitudinal da ASPS

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1988	-94,94	-94,57	-99,01	-98,27	-84,96	-108,25	-111,21	-87,18	-103,45	-95,31	-99,38	-96,79
1989	-100,12	-87,55	-123,78	-92,72	-84,22	-108,99	-107,51	-91,98	-91,24	-89,76	-87,18	-123,04
1990	-112,32	-115,65	-96,05	-93,09	-86,44	-87,18	-91,98	-82,74	-90,50	-99,75	-100,12	-101,60
1991	-116,02	-91,24	-86,44	-95,31	-80,52	-85,33	-101,97	-105,29	-93,83	-88,66	-99,01	-96,05
1992	-97,90	-100,49	-95,68	-104,56	-82,74	-99,01	-88,66	-88,29	-89,40	-95,68	-89,40	-113,06
1993	-92,72	-87,92	-84,59	-92,72	-98,27	-84,59	-88,66	-83,48	-88,66	-86,44	-106,03	-96,79
1994	-91,24	-98,27	-82,74	-83,48	-84,96	-89,03	-90,50	-94,57	-80,89	-90,50	-114,17	-119,71
1995	-97,90	-91,98	-91,24	-93,46	-84,59	-88,66	-78,67	-107,51	-96,42	-88,29	-100,86	-87,92
1996	-109,36	-102,71	-94,57	-96,05	-85,33	-85,33	-80,89	-101,60	-90,13	-95,31	-91,61	-100,49
1997	-116,39	-111,58	-90,87	-86,81	-84,96	-104,92	-89,40	-85,33	-100,86	-102,34	-105,66	-108,25
1998	-114,54	-87,18	-93,09	-92,72	-89,76	-116,76	-117,50	-99,01	-93,83	-94,20	-100,12	-91,98
1999	-95,31	-102,34	-99,75	-87,18	-96,05	-102,34	-87,92	-80,15	-104,56	-101,60	-91,24	-91,24
2000	-89,76	-134,86	-98,64	-100,86	-99,75	-105,29	-89,40	-114,17	-95,31	-88,66	-89,03	-95,31
2001	-118,98	-127,85	-100,49	-95,68	-99,38	-86,07	-83,48	-88,29	-94,57	-79,78	-116,39	-91,61
2002	-102,34	-91,24	-117,13	-102,34	-81,26	-88,29	-88,29	-93,09	-93,83	-112,69	-95,31	-100,12
2003	-88,66	-110,10	-84,96	-102,34	-101,23	-83,48	-89,03	-84,59	-87,55	-91,98	-89,40	-100,12
2004	-90,50	-89,40	-108,99	-99,01	-85,33	-94,57	-94,20	-94,20	-87,55	-100,49	-86,44	-90,50
2005	-102,71	-104,56	-105,66	-84,59	-101,60	-84,22	-87,18	-88,29	-93,83	-96,42	-104,92	-91,98
2006	-99,01	-101,60	-113,06	-86,44	-82,37	-91,24	-86,07	-104,56	-84,96	-103,08	-100,86	-116,39
2007	-109,73	-102,34	-97,90	-113,43	-108,99	-120,45	-91,61	-101,23	-101,23	-97,16	-95,31	-99,01
2008	-110,84	-99,01	-114,17	-93,09	-80,89	-95,68	-116,02	-86,44	-99,38	-98,64	-130,81	-93,83
2009	-87,55	-100,86	-90,87	-87,55	-86,44	-78,30	-95,68	-86,07	-90,87	-85,70	-79,41	-117,87
2010	-97,53	-104,92	-94,20	-94,57	-114,17	-112,69	-95,68	-121,56	-86,07	-98,27	-96,42	-113,43
2011	-108,99	-111,21	-118,98	-95,68	-86,44	-104,19	-96,79	-107,14	-87,55	-110,47	-119,71	-89,76
2012	-125,26	-94,94	-108,62	-101,97	-77,93	-120,08	-99,01	-97,53	-107,51	-106,03	-90,50	-106,77
2013	-91,61	-86,07	-90,13	-86,81	-106,77	-91,98	-97,16	-90,87	-83,85	-98,64	-108,25	-95,31
2014	-126,37	-111,58	-101,23	-92,72	-94,20	-86,07	-87,18	-86,44	-108,99	-121,19	-88,66	-111,58
2015	-90,50	-89,40	-82,00	-85,70	-82,37	-86,07	-84,22	-89,03	-85,70	-102,71	-96,05	-90,13
2016	-111,58	-109,36	-109,36	-97,53	-83,48	-88,29	-86,81	-87,92	-83,85	-94,20	-89,76	-96,79
2017	-87,92	-107,51	-102,34	-93,09	-106,03	-100,86	-117,87	-102,34	-94,57	-95,31	-103,45	-95,31