

Relatório Final

Título do projeto de pesquisa: **Influência do Atlântico Tropical na precipitação do CLA em anos neutros no Pacífico**

Bolsista: Rodolfo Armando de Almeida Pereira

Orientador(a): Rosa de Fátima Cruz Marques

Período a que se refere o relatório: Agosto de 2013 a Julho de 2014

Resumo: O intuito deste trabalho foi avaliar a influência do gradiente da anomalia de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) entre o Atlântico Tropical Norte (ATN) e Atlântico Tropical Sul (ATS), na taxa de precipitação no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). O presente estudo avalia a tendência apenas em anos neutros, anos que não ocorreram os fenômenos El Niño e La Niña, durante os meses mais chuvosos no norte do Nordeste Brasileiro (NNEB), de janeiro a junho. Para isso foi escolhido um período de 1982 a 2013 e selecionados os anos neutros. Assim, para cada ano utilizou-se os dados mensais de precipitação, de TSM e a componente meridional do vento. O ano de 2009 foi o que se obteve o maior valor de precipitação acumulado de janeiro a junho, 2108 mm, e o maior valor negativo de gradiente de anomalia de TSM acumulado, $-4,58^{\circ}\text{C}$. Nesse mesmo ano ocorreu um caso atípico, o mês de maio apresentou um acumulado de precipitação bem acima da média, 513 mm, sendo que a média para esse mês é entorno de 200 mm, e o gradiente de anomalia da TSM foi de $-1,12^{\circ}\text{C}$. Para o cenário com os menores valores acumulados de precipitação, o ano de 2012 apresentou o menor valor, 1002 mm (janeiro a junho) e um dos maiores valores de gradiente de anomalia de TSM positivo de todos os anos neutros analisados, $2,79^{\circ}\text{C}$ (janeiro a junho). A mudança de sinal da componente meridional do vento (de negativo para positivo ou vice-versa) foi para localizar e ver a influência da anomalia de TSM sobre a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e essa sobre a precipitação. A ZCIT em maio de 2009, mês do evento atípico, ficou próxima do CLA, ou seja, mais ao sul do que a normal climatológica. Nos meses de baixa precipitação acumulada, como março de 1990, a ZCIT não se mostrou bem definida. Conclui-se que o gradiente de anomalia da TSM negativo, águas mais quentes no ATS, proporciona a permanência da ZCIT durante mais tempo no ATS e conseqüentemente favorece a precipitação no CLA.

1. Introdução

O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) está localizado no Nordeste Brasileiro (NEB), latitude 02°33'S e longitude 44°42'W. Esta localização é propícia a lançamentos de veículos espaciais, devido à economia de combustíveis, deixando o custo final de uma operação de lançamento mais barato. Entretanto, esses veículos não estão livres de sofrerem danos causados por eventos meteorológicos, sendo que tais danos podem ser provenientes de descargas elétricas, eventos extremos, rajadas, entre outros fatores atmosféricos, motivando assim, o estudo sobre as condições e fenômenos atmosféricos. A Divisão de Ciências Atmosféricas (ACA) é responsável por pesquisas relacionadas à Meteorologia Aeroespacial, tanto para o CLA, quanto para o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno que está localizado em Natal-RN (Marques e Fisch, 2005).

O NEB não mostra uma característica, em relação à precipitação típica de áreas equatoriais, entretanto mostra três tipos de clima com variação de precipitação entre 300 a 2000 mm (Kayano e Andreoli, pg213). A localização do CLA faz com que sua característica seja tropical, sendo mais que 60% da precipitação, nessa região, ocorrem durante três meses, fevereiro a abril (Kayano e Andreoli, pg215).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é uma das principais fontes de condições favoráveis à precipitação na região do CLA (Marques e Baungartner, 2008), esse sistema é um conjunto de nuvens convectivas, que se estende na faixa equatorial, responsável por precipitações que ocorrem nos continentes Africano, Sul-Americano e Asiático. Além da influência da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Tropical, a ZCIT sofre influência do oceano Pacífico, quando ocorrem os fenômenos El Niño e La Niña (Andreoli e Kayana, 2007). Existem muitos trabalhos que relacionam o impacto desses dois eventos que acontecem no Pacífico, mas o que poucos sabem é o que ocorre nos períodos neutros, sem ocorrência desses fenômenos. Assim, o objetivo deste trabalho é mostrar a importância do Oceano Atlântico Tropical na precipitação do CLA.

2. Material e Métodos

Para a pesquisa foi selecionado uma série de dados de precipitação e TSM, numa grade de 2,5° X 2,5° (latitude X longitude), que tem início em 1982 até 2013, nesse período

foram escolhidos os meses considerados chuvosos, que vão de janeiro a junho, no CLA. Entretanto, apenas os anos em que não ocorreram os fenômenos El Niño e La Niña, foram estudados. Esses dados são provenientes do Global Precipitation Climatology Project (GPCP), precipitação, e do National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) os dados de TSM. Para a escolha dos anos em que não ocorreram os fenômenos El Niño e La Niña, foram verificados as anomalias de temperatura do Pacífico nos meses de janeiro a junho de 1982 a 2013, sendo esses valores de anomalia disponíveis no site da NOAA (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>), assim em anos em que houve pouca variação de TSM, nos meses estudados, foram considerados anos neutros.

A fim de se obter as variações de TSM no Atlântico Tropical Sul (ATS) e Norte (ATN), calculou-se a anomalia média nas respectivas áreas. A anomalia para o ATN foi calculada na área de grade, $50^{\circ}\text{W}-20^{\circ}\text{W} / 2.5^{\circ}\text{N}-17, 5^{\circ}\text{N}$, e para a ATS a área utilizada foi de $30^{\circ}\text{W}-0^{\circ}\text{E} / 17,5^{\circ}\text{S} - 2,5^{\circ}\text{S}$ (Souza et al., 2004). Em seguida fez-se a média de anomalia do ATN menos a média de anomalia do ATS.

Para comparar os resultados obtidos em relação à localização da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), foi avaliado o comportamento de algumas variáveis relacionadas a esse sistema. As variáveis são: componente meridional do vento (v), velocidade vertical (ω) e a altura geopotencial (hgt) (Uvo, 1989). São dados mensais dessas componentes, obtidos do National Centers Environmental Prediction (NCEP/Reanalysis2).

3. Resultados

O perfil de precipitação na costa litorânea do Maranhão (CLA) é dividido em dois períodos, estação chuvosa que persiste nos meses de janeiro a junho e o período seco que começa no mês de julho e termina em dezembro. Os dois meses com maior precipitação, março e abril, apresentam precipitação superior a 300 mm (Marques e Baungartner, 2008), e os meses mais secos, outubro e novembro, a precipitação é inferior a 5 mm (Marques e Baungartner, 2008). Segundo essas autoras, a média do acumulado de precipitação de 1993 a 2003 mostra que os maiores valores de precipitação ocorreram em março, 420 mm, e abril 393 mm.

Segundo Souza e Nobre (1998), o gradiente da TSM no Atlântico influencia no posicionamento da ZCIT. O deslocamento, de maneira geral, da ZCIT se dá mais para o sul quando as águas do ATS estão mais quentes, mostrando assim um gradiente negativo, e o inverso para o norte quando as águas do ATN estão mais quentes, caracterizando assim um gradiente positivo. Durante o período de março e abril, meses que ocorrem os maiores valores de precipitação, a posição da ZCIT é a mais ao sul possível (Uvo, 1989).

A tabela 1 apresenta os valores obtidos do gradiente de anomalia de TSM de cada mês, o acumulado mensal de precipitação e o total no período considerado chuvoso no CLA. Nota-se que nos meses em que a precipitação acumulada foi maior que a climatologia do mês, o gradiente de anomalia de TSM, na maioria das vezes, se manteve negativo. Enquanto que em meses onde o valor de acumulado de precipitação esteve abaixo da média climatológica, o gradiente de anomalia de TSM ficou positivo.

Tabela 1. Valores mensais do acumulado de precipitação para o CLA, e do gradiente de anomalia da TSM do Atlântico Tropical.

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Acumulado	
1982	279	337	291	301	81	36	1324	mm
	0,05	0,14	0,25	0,12	0,37	0,10	1,02	°C
1986	195	373	544	510	204	123	1949	mm
	-0,59	-0,67	-0,69	-0,71	-0,82	-0,77	-4,24	°C
1990	161	285	204	224	118	46	1038	mm
	0,29	0,13	0,04	0,20	0,36	-0,23	0,79	°C
1994	274	273	404	377	214	164	1707	mm
	-0,88	-0,74	-0,83	-0,66	-0,65	-0,52	-4,28	°C
1997	268	128	381	329	194	8	1309	mm
	0,79	0,99	0,85	1,07	1,15	0,88	5,71	°C
2001	230	292	336	504	121	130	1613	mm
	-0,16	0,01	0,23	0,08	-0,30	-0,12	-0,27	°C
2002	392	120	320	358	189	95	1475	mm
	0,92	1,01	0,71	-0,08	-0,29	-0,19	2,08	°C
2003	210	406	383	303	164	111	1578	mm
	-0,26	-0,57	-0,57	-0,30	-0,17	0,02	-1,85	°C
2004	411	393	382	335	139	85	1746	mm
	0,18	0,26	0,41	0,73	0,49	0,40	2,47	°C
2006	139	251	373	503	306	71	1644	mm
	0,85	0,25	-0,10	0,21	0,04	-0,19	1,07	°C
2009	209	305	382	589	513	109	2108	mm

	-0,07	-0,73	-0,86	-0,96	-1,12	-0,84	-4,58	°C
2012	171	215	340	137	63	74	1002	mm
	0,59	0,56	0,00	0,14	0,23	1,28	2,79	°C
2013	126	242	285	286	126	78	1142	mm
	0,34	0,41	0,72	0,33	0,35	1,23	3,38	°C

A componente meridional do vento foi utilizada na localização da ZCIT. Alguns autores estimam o posicionamento desse sistema (Servain e Picaut, 1985; Xavier et al., 1998) a partir da região onde a componente v muda de sinal (positivo para negativo e vice-versa).

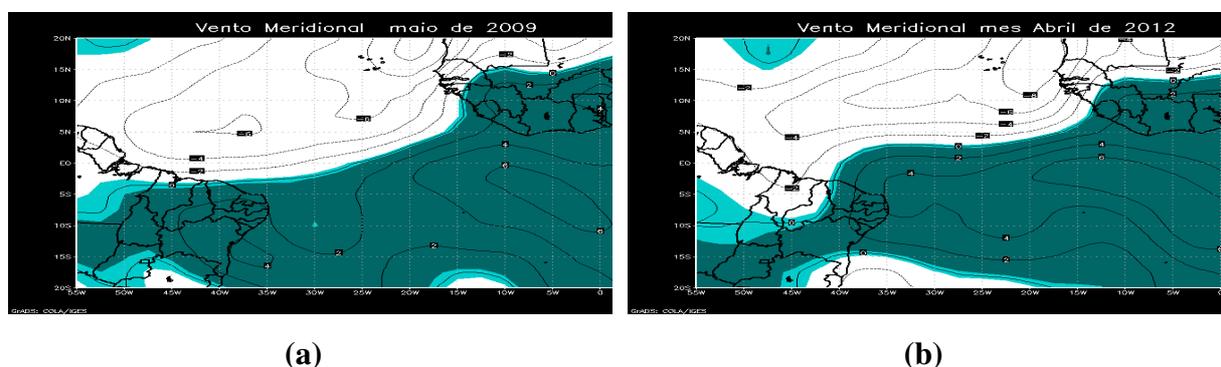
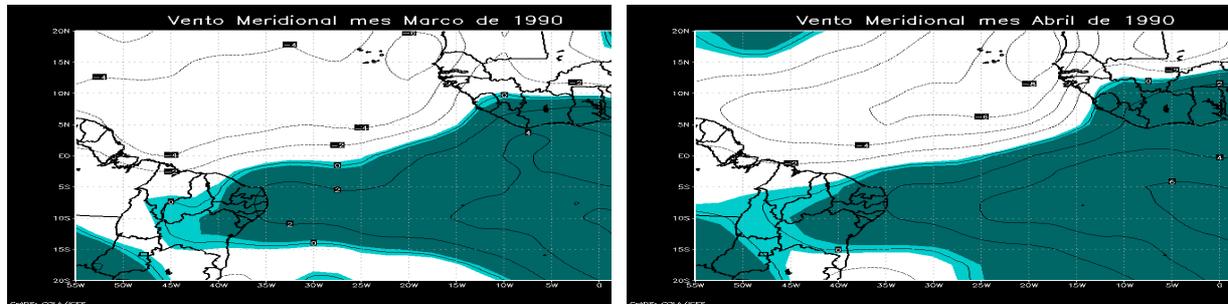


Figura 1. Componente do vento meridional, média mensal, para casos de acumulado de precipitação acima (maio de 2009) (fig.1a) e abaixo (abril de 2012) (fig.1b) da média climatológica no CLA.

A figura 1a, mostra o posicionamento da ZCIT em maio de 2009. Esse foi o ano em que se registrou o maior acumulado de precipitação no período chuvoso (tabela 1). O mês de maio a precipitação acumulada foi de 513 mm, um caso atípico já que a média acumulada de precipitação nesse mês é em torno dos 200 mm. A figura 1a mostra que a faixa onde a componente meridional é nula passa muito próximo ao CLA, justificando assim a precipitação. Assim, anomalia do gradiente de TSM negativo proporciona a permanência da ZCIT no ATS e conseqüentemente mais precipitação no CLA. Como mostra a tabela 1, de janeiro a junho de 2009, o gradiente acumulado foi de $-4,58^{\circ}\text{C}$, e no evento de maio o gradiente de anomalia de TSM também foi negativo, $-1,12^{\circ}\text{C}$.

Por outro lado, na tabela 1, o mês de abril de 2012 teve seu nível precipitação acumulado abaixo da média, registrando 137 mm, 150 mm aproximadamente inferior a climatologia. E esse ano foi o que registrou a menor precipitação acumulada, 1002 mm (janeiro a junho). Na figura 1b observa-se que a linha zero da componente v está próximo do litoral do Ceara. Para esse cenário de baixa acumulado de precipitação, o gradiente de

anomalia da TSM teve valores positivos, tanto no acumulado do período chuvoso quanto para o mês de abril, 2,79 e 0,14°C, respectivamente.



(a)

(b)

Figura 2. Campo da componente meridional do vento para os meses de março (fig. 2a) e abril (fig. 2b) que tiveram os menores acumulados de precipitação.

As figuras 2a e 2b mostram os casos em que se registraram, durante todo o período de estudo, os menores valores de precipitação para os meses de março e abril, considerados os meses mais chuvosos. Em ambos os casos a ZCIT não está bem definida e se mostra mais intensa no lado leste do Atlântico, além disso, apresenta-se longe do CLA. O gradiente da anomalia de TSM para esses casos foram de 0,04 e 0,2°C, respectivamente.

4. Conclusões

De acordo com os resultados apresentados pode-se concluir que o gradiente de anomalia da TSM negativo, águas mais quentes no ATS, proporciona a permanência da ZCIT durante mais tempo no ATS e conseqüentemente favorece a precipitação no CLA.

Referências Bibliográfica

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, p. 63-74, 2007.

CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCANTARA, Disponível em: <<http://www.cla.aer.mil.br/>> Acesso em: 07 de fevereiro de 2014.

CLIMATE PREDICTION CENTER, Disponível em: <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>> Acesso em: 17 de outubro de 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, Disponível em: <http://www.inpe.br/crc/estacoes/alcantara/index.ph/> Acesso em: 07 de fevereiro de 2014.

KAYANO, M.T.; ANDREOLI, R.V. Clima da Região Nordeste do Brasil, 13. CAVALCANTI, F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; DIAS, M.A.F.S. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2009, p.213-213.

MARQUES, R.F.C.; FISCH, G.F. As atividades de Meteorologia Aeroespacial no Centro Técnico Aeroespacial (CTA). A Meteorologia e a Aeronáutica. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia. Vol.29, n.3, Nov.2005.

MARQUES, R.F.C.; BAUNGARTNER, C. “As influências da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA)”. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008.

MELO, A.B.C.; CAVALCANTI, I.F.A.; SOUZA, P.P. “Zona de Convergência Intertropical do Atlântico”, 2. CAVALCANTI, F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; DIAS, M.A.F.S. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2009, p.34.

SERVAIN, J. PICAUT, J. “Interannual and seasonal variability in the tropical Atlantic Ocean depicted by sixteen years of sea-surface temperature and stress”, 1985.

SOUZA, E.B.; KAYANO, M.T.; AMBRIZZI, T. The Regional Precipitation over The Eastern Amazon/Northeast Brazil Modulated by tropical Pacific and Atlantic SST Anomalies on Weekly Timescale. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, p.113-122, 2004.

SOUZA, E.B.; NOBRE, P. Uma revisão sobre o Padrão de Dipolo no Atlântico Tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.13, p.31-44, 1998.

UVO, C.B. “Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na Região Norte do Nordeste Brasileiro”. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE. São José dos Campos, SP. 1989.