

Sistemas meteorológicos atuantes durante o experimento GoAmazon2014/5 e impactos no conjunto de dados coletados

Paola Gimenes Bueno



Maior floresta tropical

Ampla biodiversidade

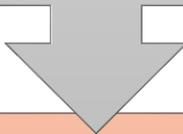
Regulador térmico global



Clima tropical: predominantemente quente e úmido

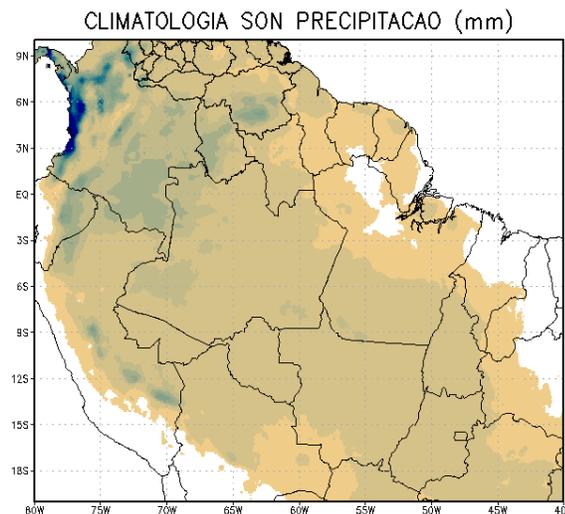
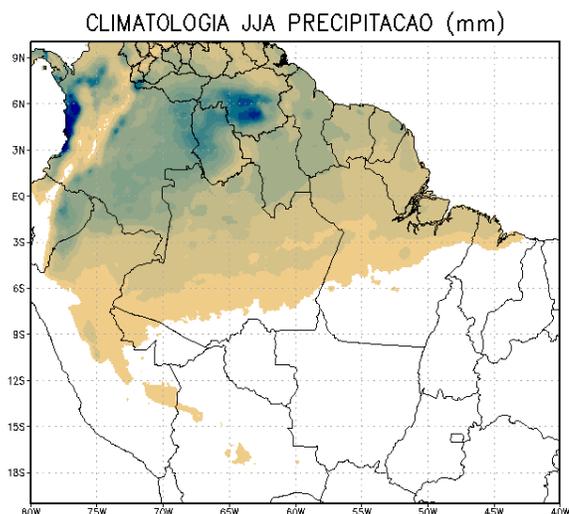
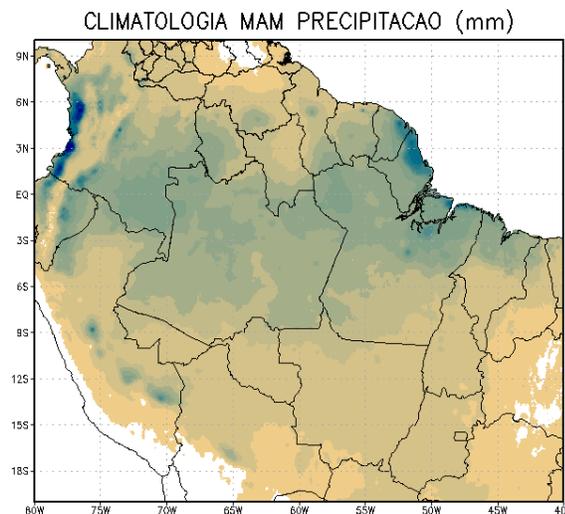
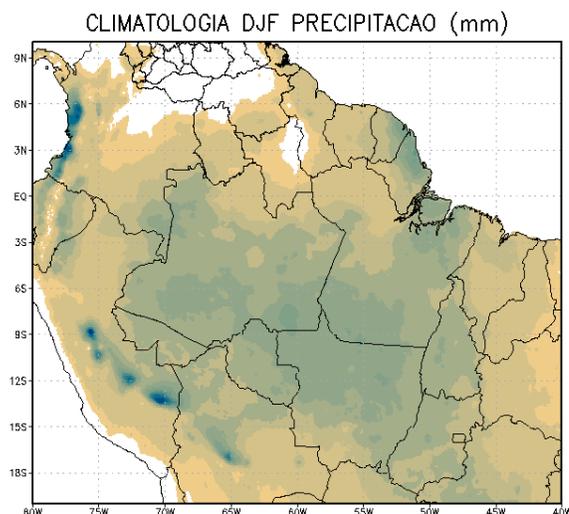


Nebulosidade e precipitação determinam o clima amazônico, influenciando o comportamento das outras variáveis meteorológicas



Regime de precipitação é resultado da combinação de processos físicos e dinâmicos

Média Anual: 2300 mm/ano



- Cerca de 70% ocorre nos meses de novembro a abril (Oliveira et al., 2013)
- Defasagem de 6 meses entre os máximos de precipitação da porção norte e sul (Marengo e Nobre, 2009)

Principais sistemas meteorológicos que atuam na região amazônica:

Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

- Influencia as porções norte, nordeste e central da bacia amazônica;
- Contribui com os máximos de precipitação no outono austral.

Alta da Bolívia (AB)

- Atua principalmente durante os meses de verão austral;
- Localizada a sudoeste da região de máxima precipitação.

Sistemas Frontais

- Interagem com a convecção tropical nos meses de outubro a maio (Oliveira, 1986);
- No inverno austral produzem as chamadas “friagens”.

Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

- Atua principalmente na porção sudoeste e sul durante o verão austral;
- Acoplada com a ZCIT, pode causar intensa precipitação sobre a porção central e leste.

Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs)

- Clusters convectivos formados pelo aquecimento radiativo ou sistemas organizados, como as Linhas de Instabilidade (LIs);
- LIs : Normalmente formadas na costa norte e nordeste, e eventualmente se propagam para o interior do continente;

Brisa Fluvial

- Mais evidente nas margens e confluências dos grandes rios;
- Durante a tarde a convergência ocorre sobre o continente e durante a noite/manhã sobre os rios.

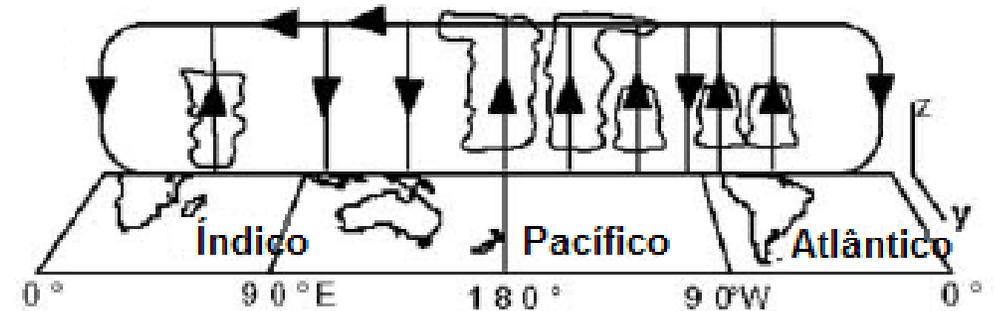
O clima amazônico também é influenciado por alguns fenômenos atmosféricos de baixa frequência:

El – Niño Oscilação Sul (ENOS)

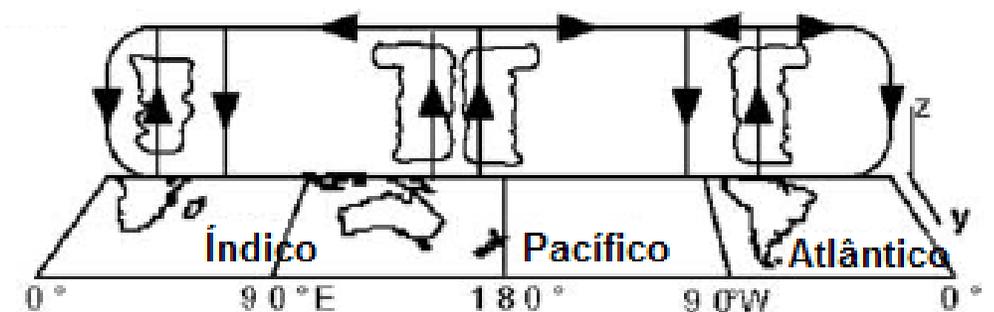
Fase positiva (El Niño) → déficit de precipitação

Fase negativa (La Niña) → excesso de precipitação

(a) El Niño



(b) La Niña

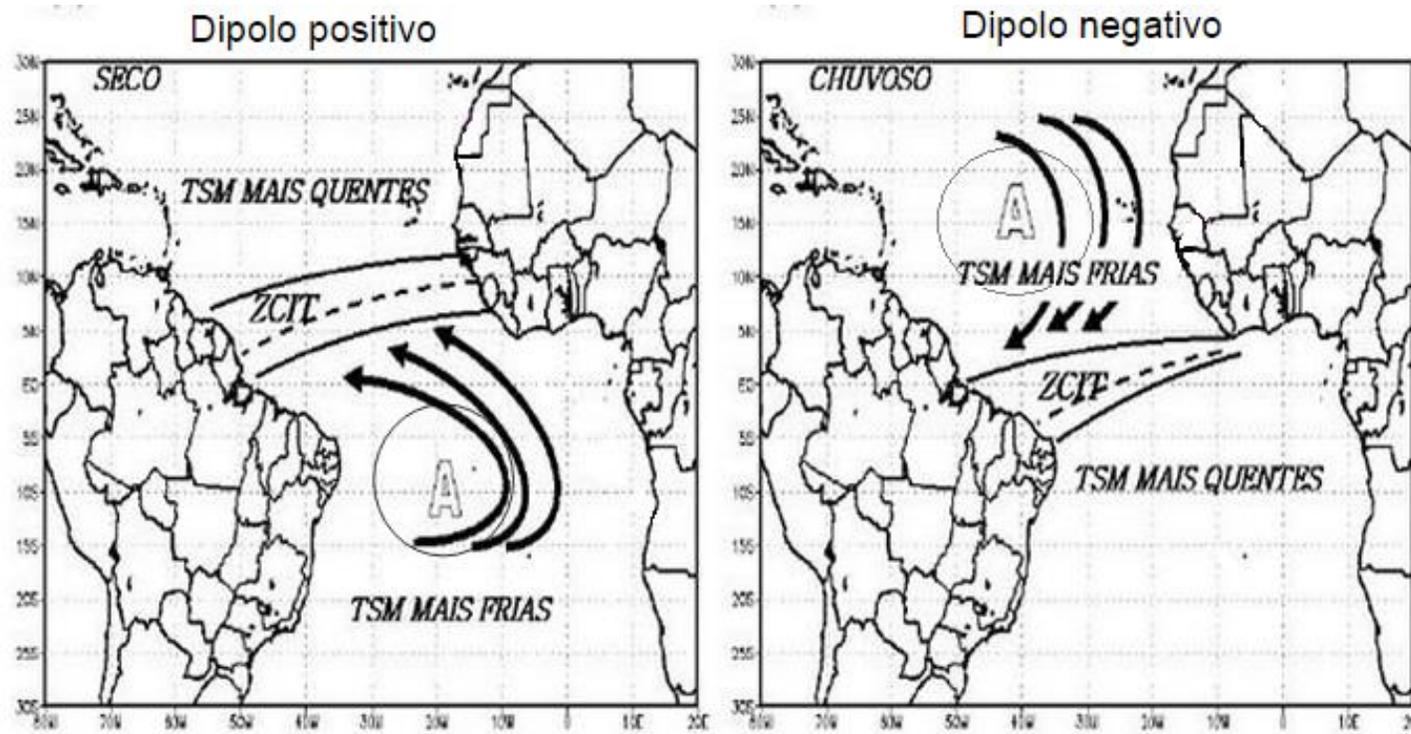


(Adaptado de Foley et al., 2002)

Dipolo meridional do Atlântico Tropical

Dipolo positivo → déficit de precipitação

Dipolo negativo → excesso de precipitação



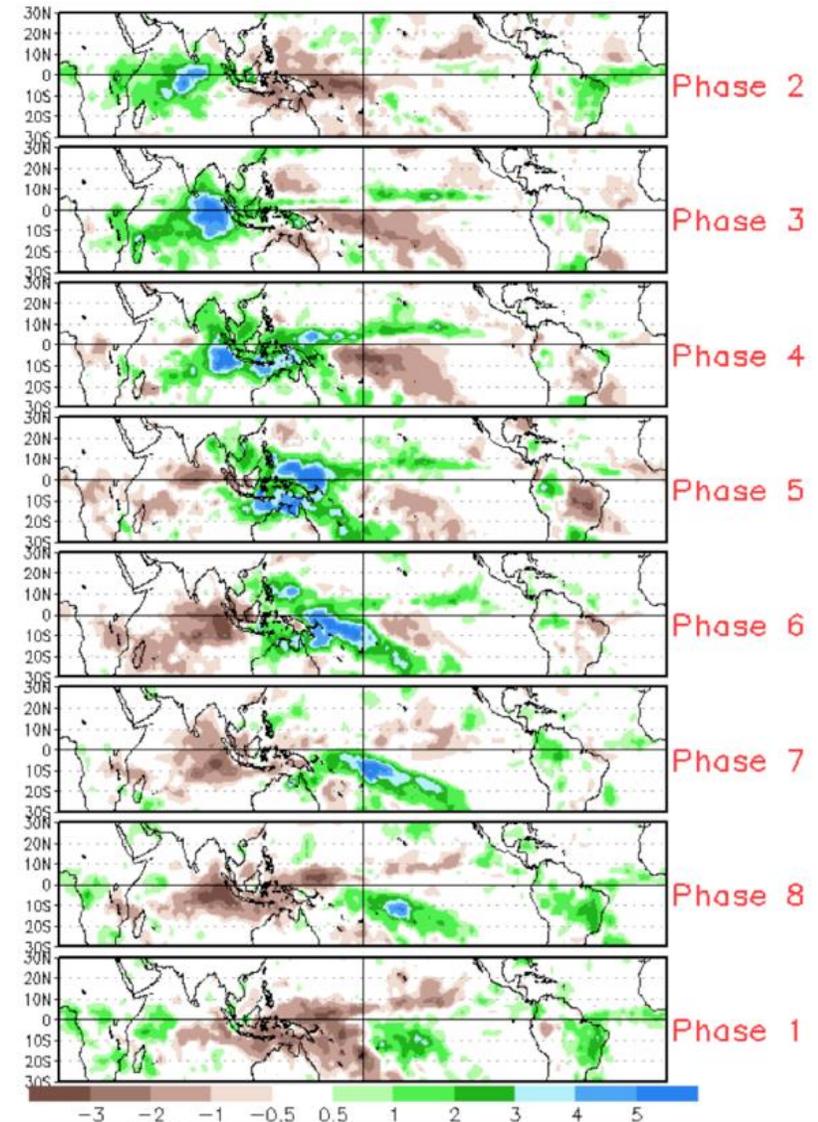
(Adaptado de Uvo, 1998).

Em escala intrasazonal (30 a 90 dias)

Oscilação de Madden – Julian (OMJ)

Fases 8,1 e 2 → favorecimento da convecção

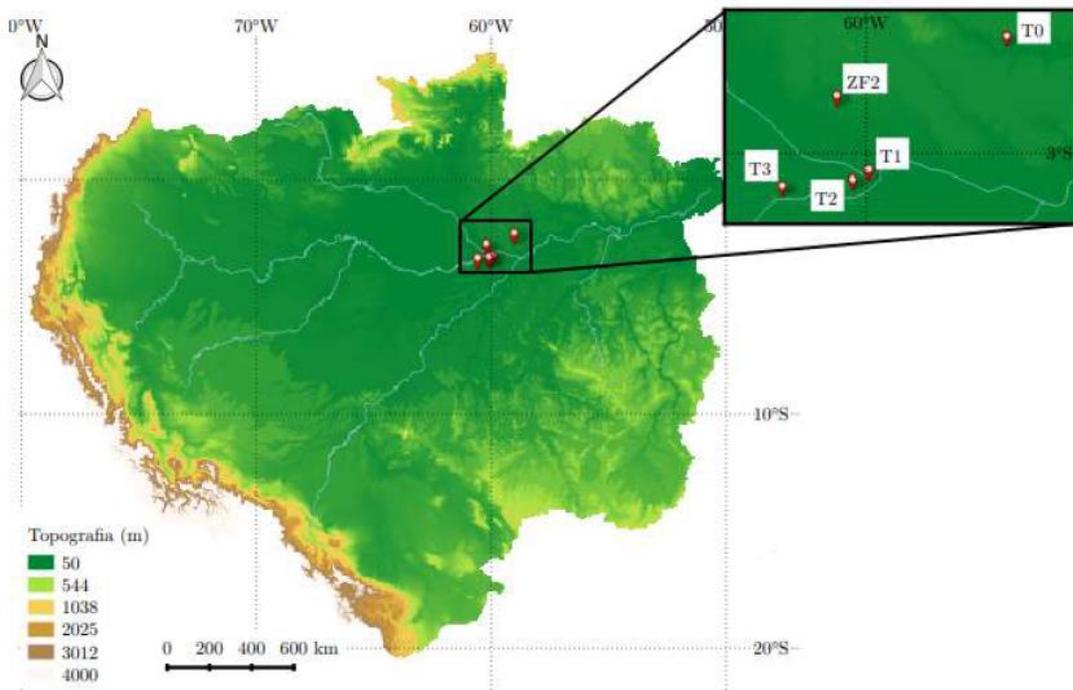
Fases 3,4 e 5 → desfavorecimento da convecção



Fonte: NOAA

Green Ocean Amazon 2014/5 (GoAmazon 2014/5)

Missão: Avançar no entendimento da influência de processos superfície-atmosfera no clima e ciclo hidrológico da Amazônia.



Janeiro de 2014 a Dezembro de 2015

Sítios de observações:

- **T0** – Observatório Torre Alta da Amazônia (ATTO)
- **T1** – Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas (INPA)
- **T2** – Iranduba
- **T3** – Manacapuru (MAO)
- **ZF2** – Reserva do Cuieiras

Fonte: Rehbein (2016).

Objetivos

Através dos dados meteorológicos obtidos pelos 5 sítios de observações do projeto GOAmazon em 2014 e 2015, avaliar e identificar a atuação dos sistemas meteorológicos na Amazônia, citados anteriormente, através das anomalias encontradas nesses dados.

E, com isso, determinar o impacto desses sistemas no conjunto de dados coletados.

Dados

Dados meteorológicos das estações :

ATTO

Resolução temporal de 1min
Período: 01/01/2014 a 31/12/2015

Manacapuru (MAO)

Resolução temporal de 1s
Período: 12/2013 a 30/11/2015

Irاندuba (T2)

Resolução temporal de 5min
Período:23/02/2014 a 12/08/2014; 03/09/2014 a 04/03/2015

Reserva do Cuieiras (K34)

Resolução temporal de 30min
Período:01/01/2014 a 01/01/2015

INPA

Resolução temporal de 5min
Período:13/10/2013 a 16/05/2015; 27/07/2015 a 13/08/2015;
09/10/2015 e 19/12/2015

INMET

Dados diários e horários
Período:01/01/2014 a 31/12/2015

Dados

Outros dados:

CHIRPS

Dados de acumulados diários (1981-2015)
Resolução espacial de 0.05°

GFS

Resolução temporal de 6h
Resolução espacial de 0.5°

NOAA OI SST V2

Dados de anomalia de TSM diário
Resolução espacial de 0.25°

Índices

Niño 3.4, TNA, TSA, SOI, ONI, OMJ (fase e amplitude diários)

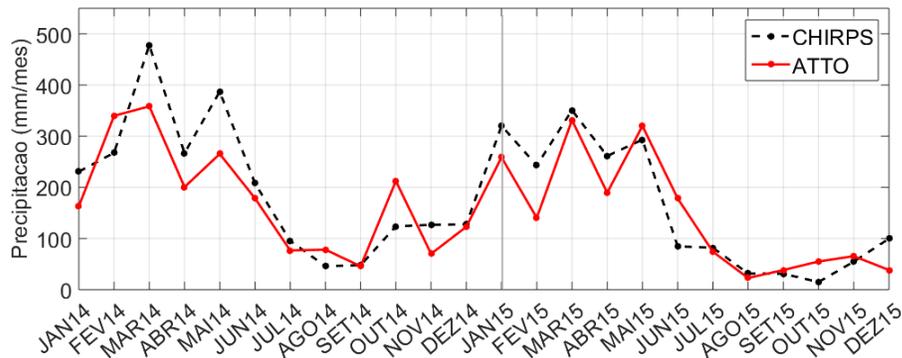
Imagens de Satélite

Composição de imagens do infravermelho (Janowiak et al., 2001)
Resolução temporal de 30min
Resolução espacial de 4km

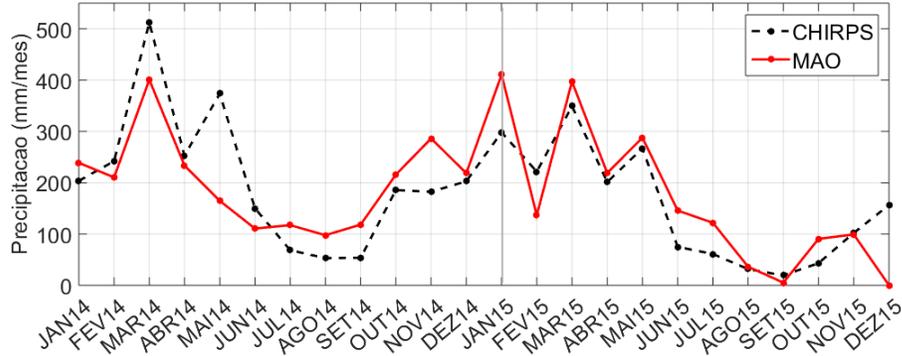
Verificação dos dados de precipitação

Resultados

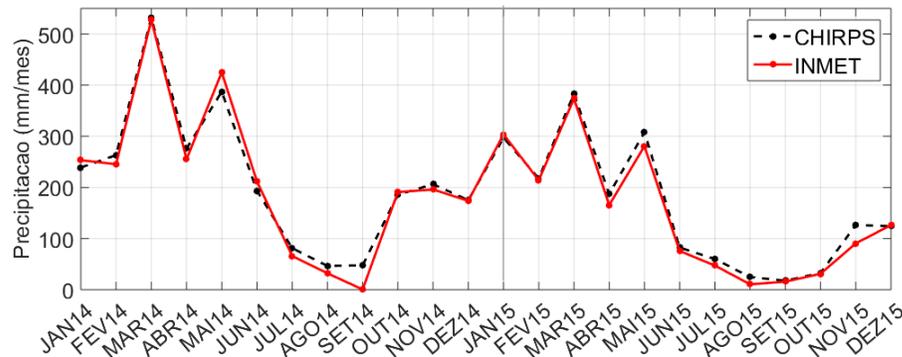
ATTO



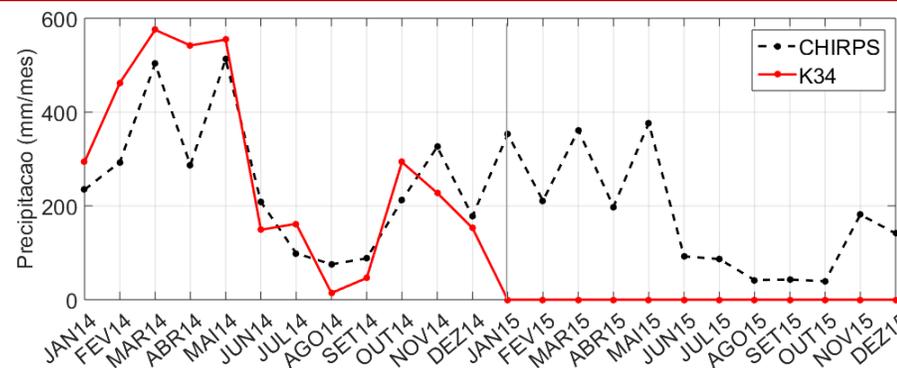
MAO



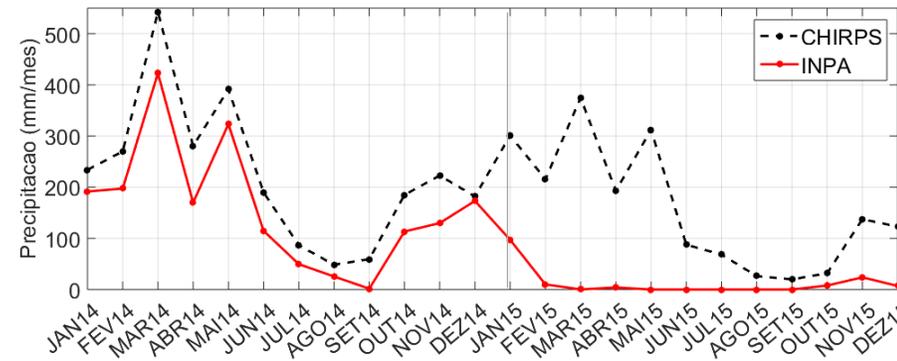
INMET



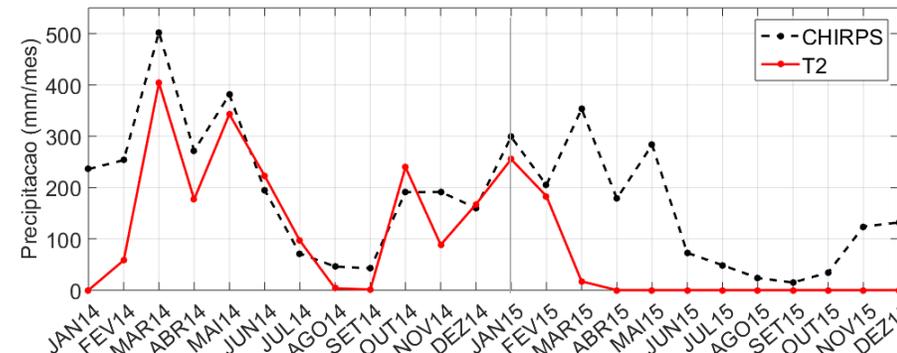
K34



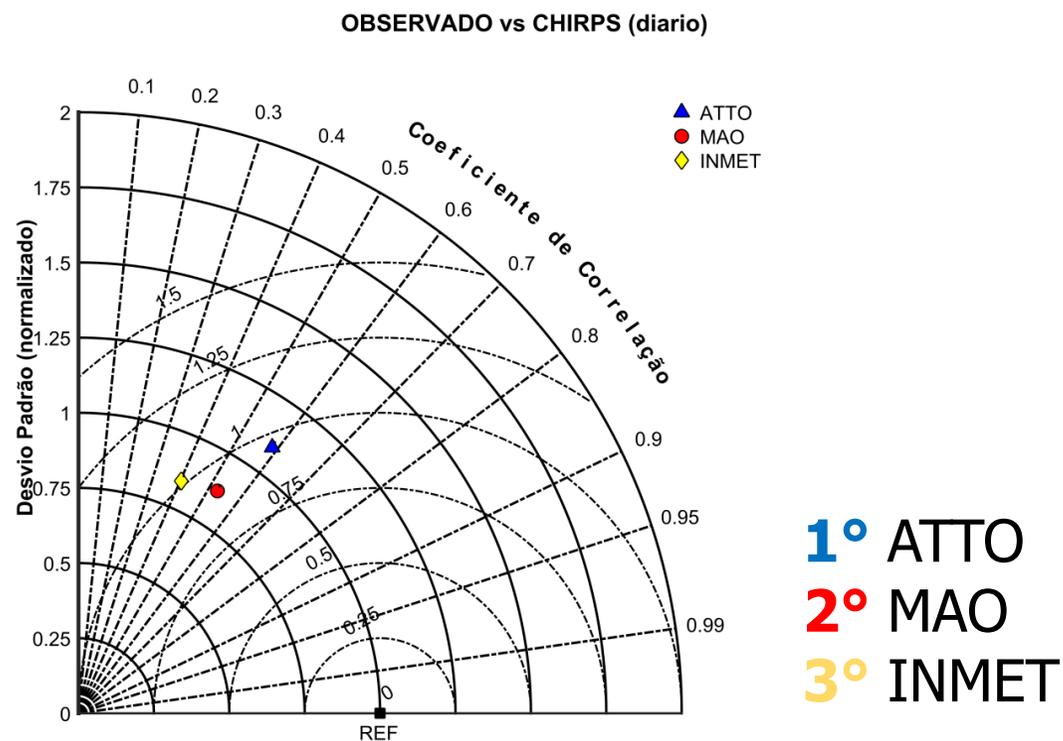
INPA



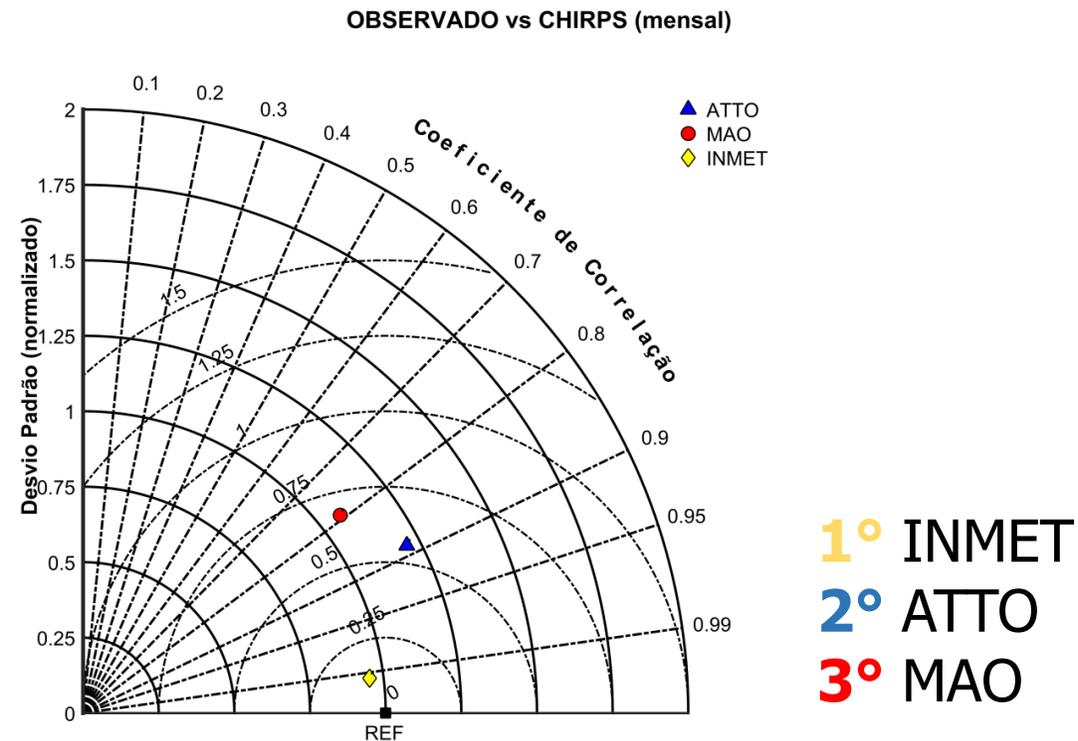
T2



Estimativa CHIRPS acumulados diários:



Estimativa CHIRPS acumulados mensais:



Estações vs. CHIRPS

Resultados

ATTO

Confusion Matrix

CHIRPS	$p=0$	$0 < p \leq 10$	$10 < p \leq 50$	$50 < p \leq 100$	$p > 100$	
$p=0$	249 34.1%	149 20.4%	22 3.0%	0 0.0%	0 0.0%	59.3% 40.7%
$0 < p \leq 10$	37 5.1%	88 12.1%	28 3.8%	1 0.1%	0 0.0%	57.1% 42.9%
$10 < p \leq 50$	13 1.8%	71 9.7%	60 8.2%	4 0.5%	0 0.0%	40.5% 59.5%
$50 < p \leq 100$	0 0.0%	1 0.1%	5 0.7%	2 0.3%	0 0.0%	25.0% 75.0%
$p > 100$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	NaN% NaN%
	83.3% 16.7%	28.5% 71.5%	52.2% 47.8%	28.6% 71.4%	NaN% NaN%	54.7% 45.3%
	$p=0$	$0 < p \leq 10$	$10 < p \leq 50$	$50 < p \leq 100$	$p > 100$	
						ATTO

MAO

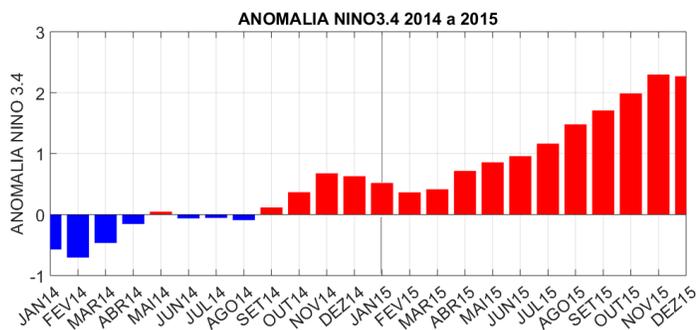
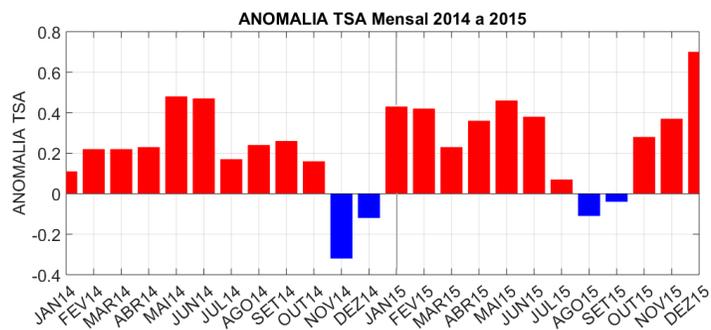
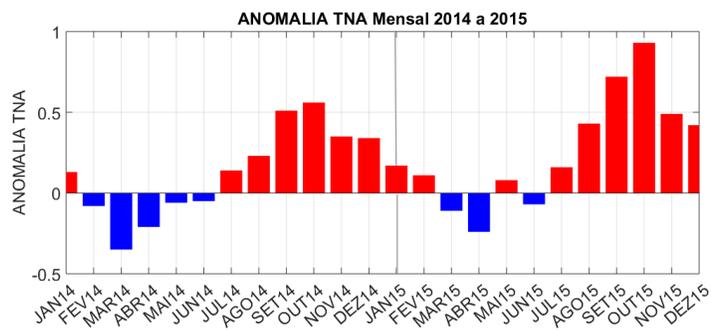
Confusion Matrix

CHIRPS	$p=0$	$0 < p \leq 10$	$10 < p \leq 50$	$50 < p \leq 100$	$p > 100$	
$p=0$	185 26.5%	163 23.3%	13 1.9%	0 0.0%	0 0.0%	51.2% 48.8%
$0 < p \leq 10$	29 4.1%	105 15.0%	43 6.2%	1 0.1%	0 0.0%	59.0% 41.0%
$10 < p \leq 50$	6 0.9%	65 9.3%	77 11.0%	7 1.0%	1 0.1%	49.4% 50.6%
$50 < p \leq 100$	0 0.0%	1 0.1%	2 0.3%	0 0.0%	0 0.0%	0.0% 100%
$p > 100$	0 0.0%	0 0.0%	1 0.1%	0 0.0%	0 0.0%	0.0% 100%
	84.1% 15.9%	31.4% 68.6%	56.6% 43.4%	0.0% 100%	0.0% 100%	52.5% 47.5%
	$p=0$	$0 < p \leq 10$	$10 < p \leq 50$	$50 < p \leq 100$	$p > 100$	
						Manacapuru

INMET

Confusion Matrix

CHIRPS	$p=0$	$0 < p \leq 10$	$10 < p \leq 50$	$50 < p \leq 100$	$p > 100$	
$p=0$	262 35.9%	91 12.5%	33 4.5%	5 0.7%	0 0.0%	67.0% 33.0%
$0 < p \leq 10$	79 10.8%	71 9.7%	28 3.8%	1 0.1%	0 0.0%	39.7% 60.3%
$10 < p \leq 50$	48 6.6%	53 7.3%	47 6.4%	5 0.7%	0 0.0%	30.7% 69.3%
$50 < p \leq 100$	2 0.3%	2 0.3%	0 0.0%	1 0.1%	1 0.1%	16.7% 83.3%
$p > 100$	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 0.1%	100% 0.0%
	67.0% 33.0%	32.7% 67.3%	43.5% 56.5%	8.3% 91.7%	50.0% 50.0%	52.3% 47.7%
	$p=0$	$0 < p \leq 10$	$10 < p \leq 50$	$50 < p \leq 100$	$p > 100$	
						INMET



→ Os anos de 2014 e 2015 não tiveram a ocorrência de um dipolo no Atlântico Tropical;

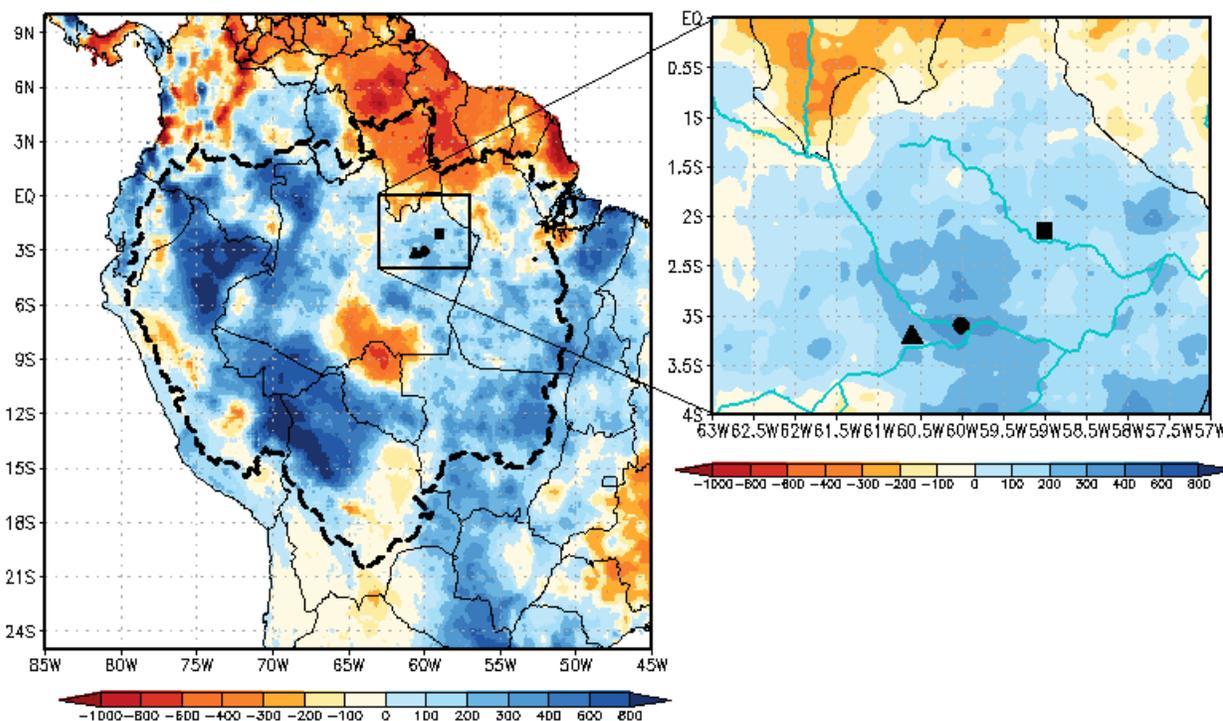
→ El Niño começa a dar indícios em 2014, mas se estabelece em 2015

El Niño mais intenso e mais longo já registrado

(Zhou e Shao, 2017)

Anomalia precipitação 2014

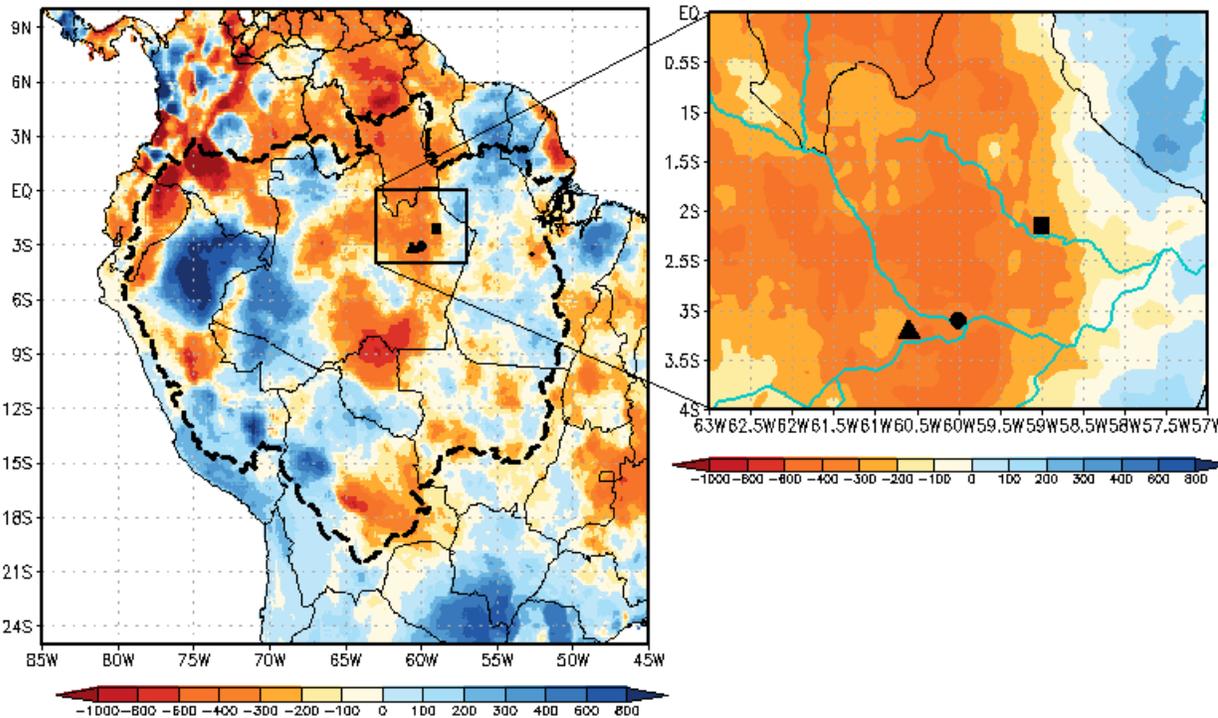
PRECIP. 2014 – CLIMATOLOGIA NEUTROS



- Inundações históricas no sudoeste da Amazônia;
- Anomalias quentes do Pacífico oeste e gradiente de TSM no Atlântico Sul (Espinoza et al., 2014).

Anomalia precipitação 2015

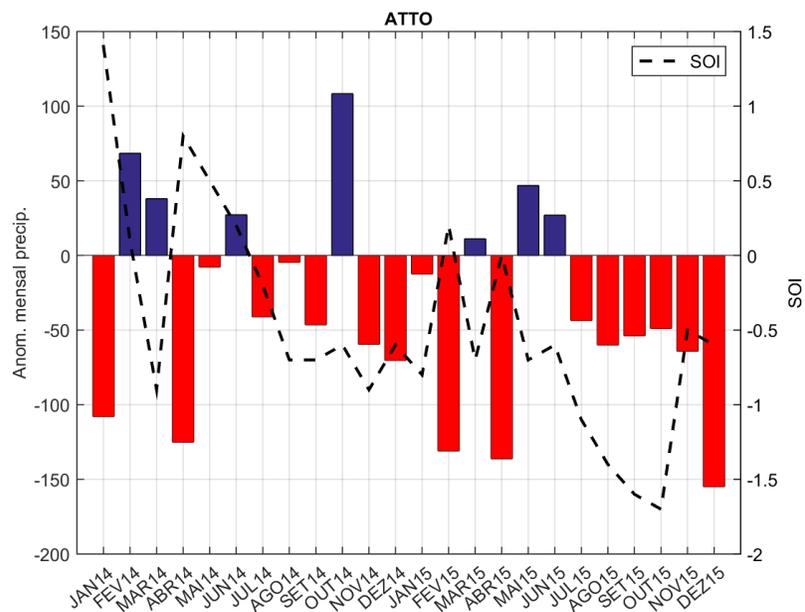
PRECIP. 2015 — CLIMATOLOGIA NINOS



- Dipolo de anomalia de precipitação entre o nordeste e sudoeste da Amazônia;
- Intensas anomalias positivas no Pacífico central e leste (Jiménez-Muñoz et al., 2016).

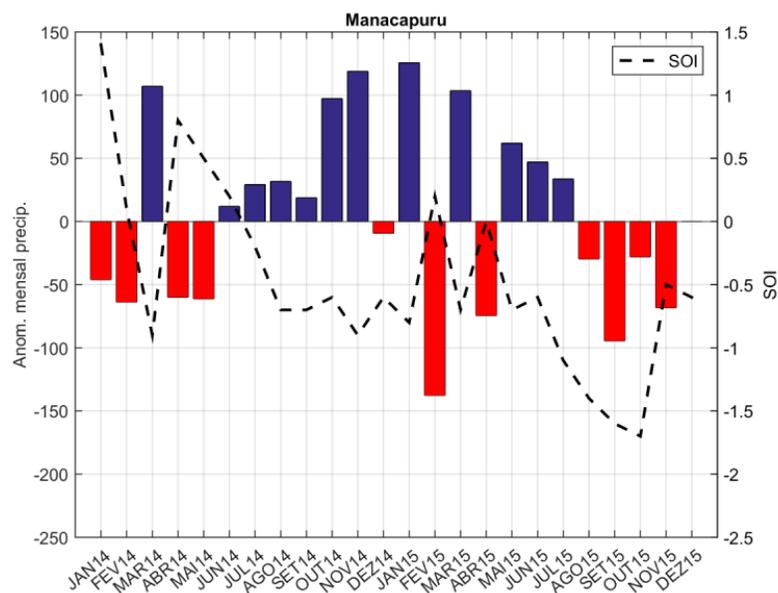
ATTO

2014: -220 mm
2015: -620 mm



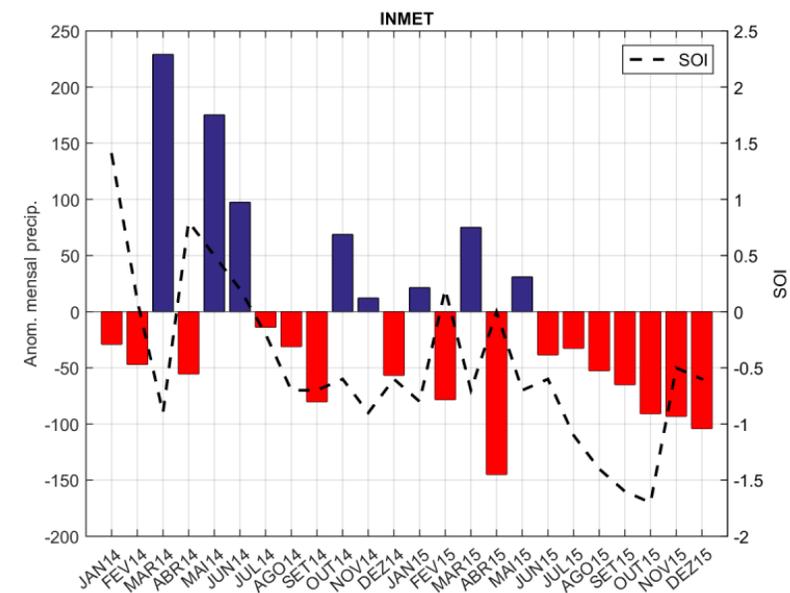
MAO

2014: 174 mm
2015: -288 mm



INMET

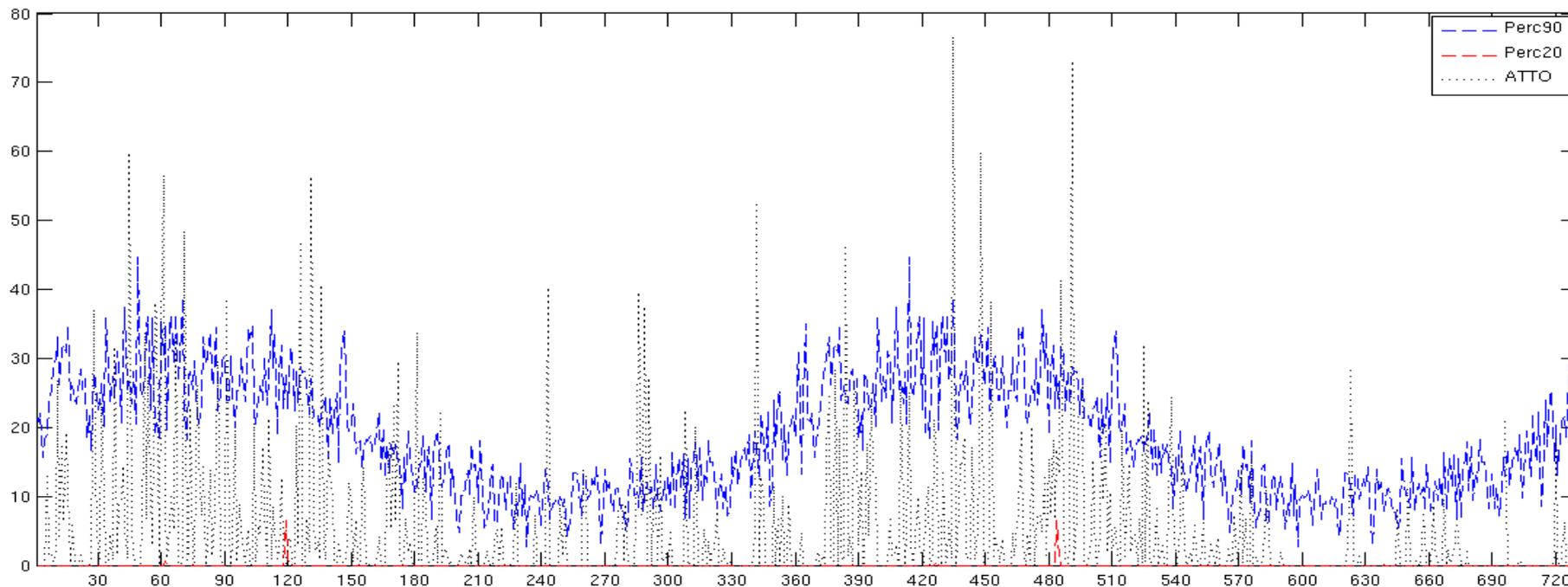
2014: 270 mm
2015: -573 mm



Identificação eventos chuvosos e secos

Método do Percentis Variáveis (MPV): a partir da climatologia diária de precipitação de 1981 a 2013 do CHIRPS, foram encontrados os percentis diários secos (20%) e chuvosos (90%).

↳ Identificação dos eventos chuvosos (precip. \geq percentil de 90%) e eventos secos (precip. \leq percentil de 20%) nas série de 2014 e 2015 das estações e do CHIRPS.



Identificação eventos chuvosos e secos

Resultados

Nº Eventos	Chuvosos	Secos
ATTO	2014: 38 dias	2014: 134 dias
	2015: 22 dias	2015: 166 dias

CHIRPS	2014: 43 dias	2014: 197 dias
	2015: 25 dias	2015: 223 dias

ATTO e CHIRPS	2014: 17 dias	2014: 109 dias
	2015: 11 dias	2015: 141 dias

Nº Eventos	Chuvosos	Secos
INMET	2014: 44 dias	2014: 179 dias
	2015: 29 dias	2015: 216 dias

CHIRPS	2014: 47 dias	2014: 180 dias
	2015: 30 dias	2015: 211 dias

INMET e CHIRPS	2014: 14 dias	2014: 113 dias
	2015: 6 dias	2015: 152 dias

Nº Eventos	Chuvosos	Secos
MAO	2014: 58 dias	2014: 110 dias
	2015: 29 dias	2015: 141 dias

CHIRPS	2014: 47 dias	2014: 175 dias
	2015: 26 dias	2015: 203 dias

MAO e CHIRPS	2014: 24 dias	2014: 89 dias
	2015: 11 dias	2015: 113 dias

65 eventos chuvosos
327 eventos secos

Composições de campos sinóticos

- Campos de composição dos eventos chuvosos e secos identificados nas séries das estações e do CHIRPS, nos anos de 2014 e 2015

$$\bar{\Phi}(x, y, z) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \Phi(x, y, z, j)$$

Período chuvoso (meses: 11, 12, 1, 2, 3, 4)

Período seco (meses: 5, 6, 7, 8, 9, 10)

- Teste-t de significância estatística:

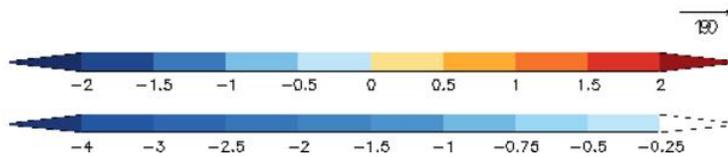
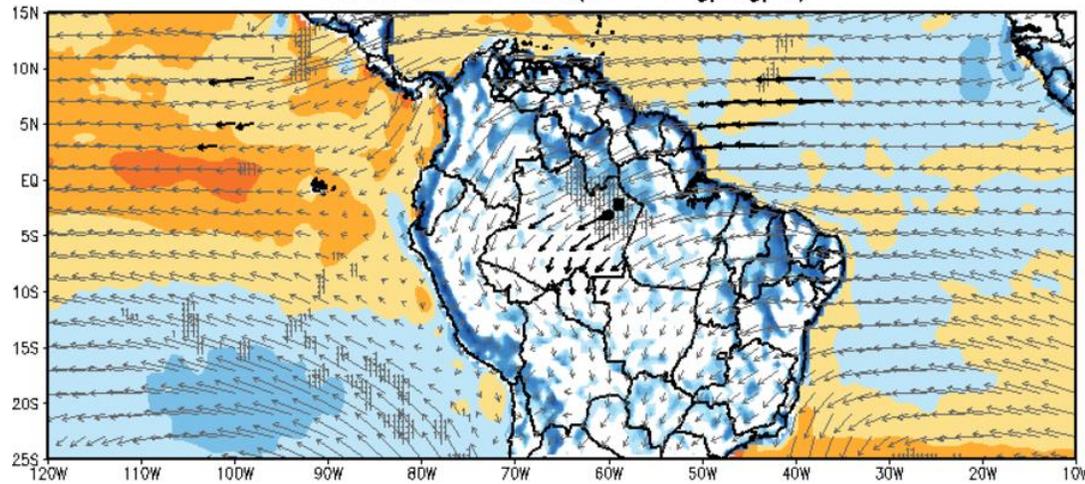
$$t = \frac{\bar{\Phi} - \mu}{\left[\frac{s^2}{N} \right]^{1/2}}, \text{ nível de significância de 90 \%}$$

Onde μ é a média da variável para os anos de 2014 e 2015, s é o desvio padrão e N o número de membros da composição.

Composições eventos chuvosos

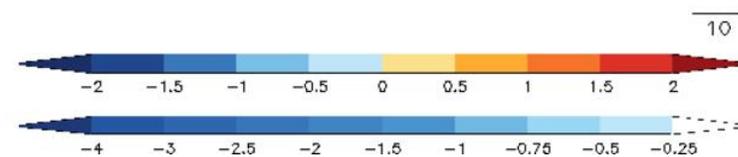
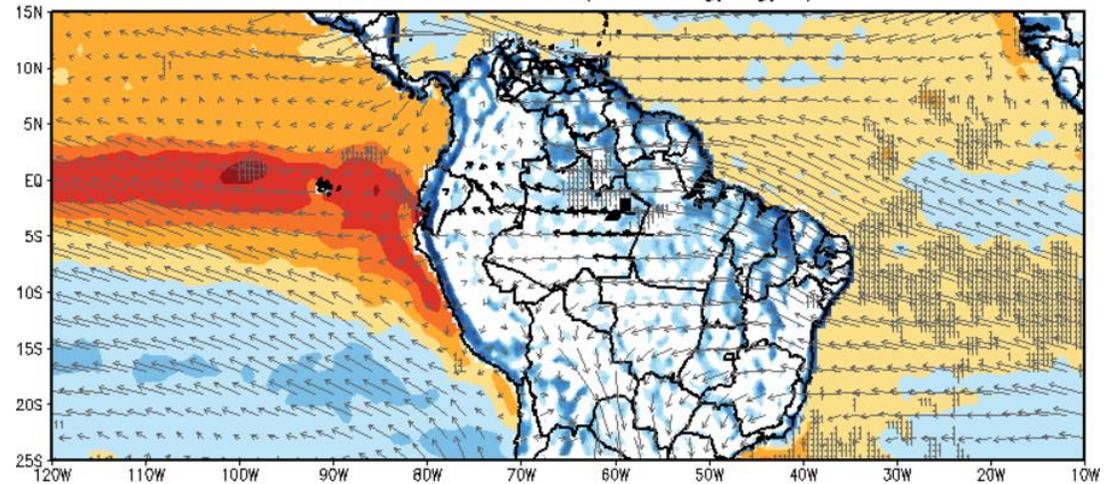
Período chuvoso

ANOM. TSM($^{\circ}$ C), VENTO 850hPa(m/s) e
CONV. UMID. SUP.(10^{-4} g/kg/s)



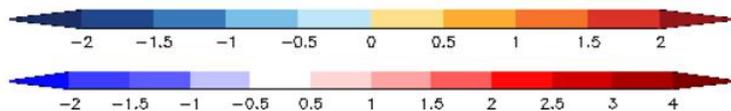
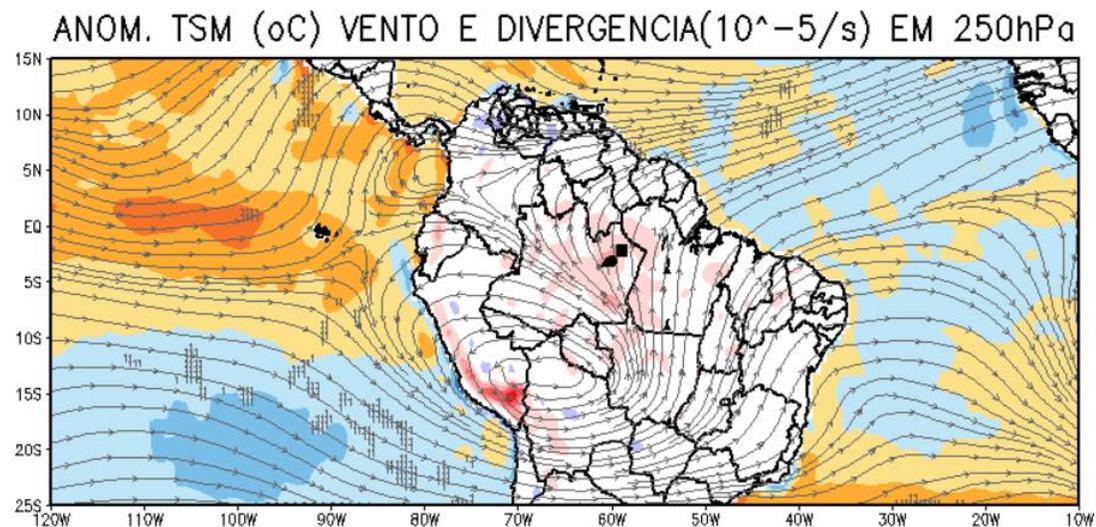
Período seco

ANOM. TSM($^{\circ}$ C), VENTO 850hPa(m/s) e
CONV. UMID. SUP.(10^{-4} g/kg/s)

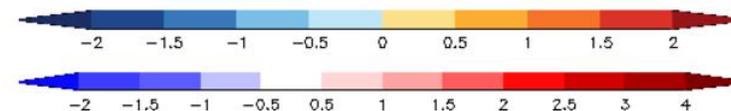
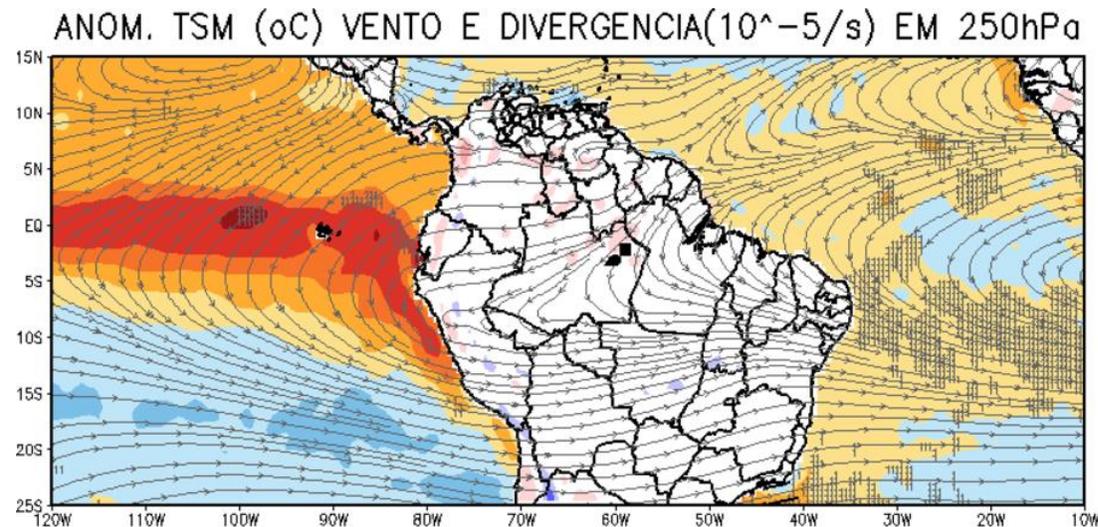


Composições eventos chuvosos

Período chuvoso



Período seco

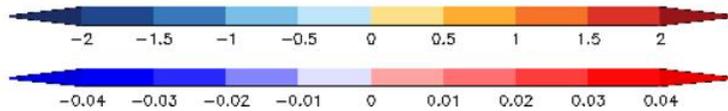
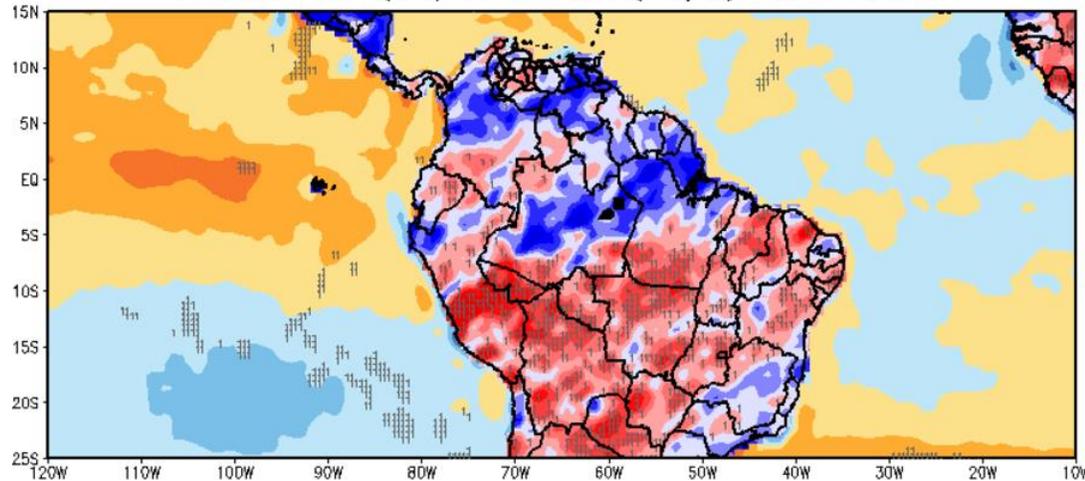


Composições eventos chuvosos

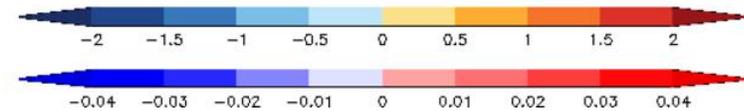
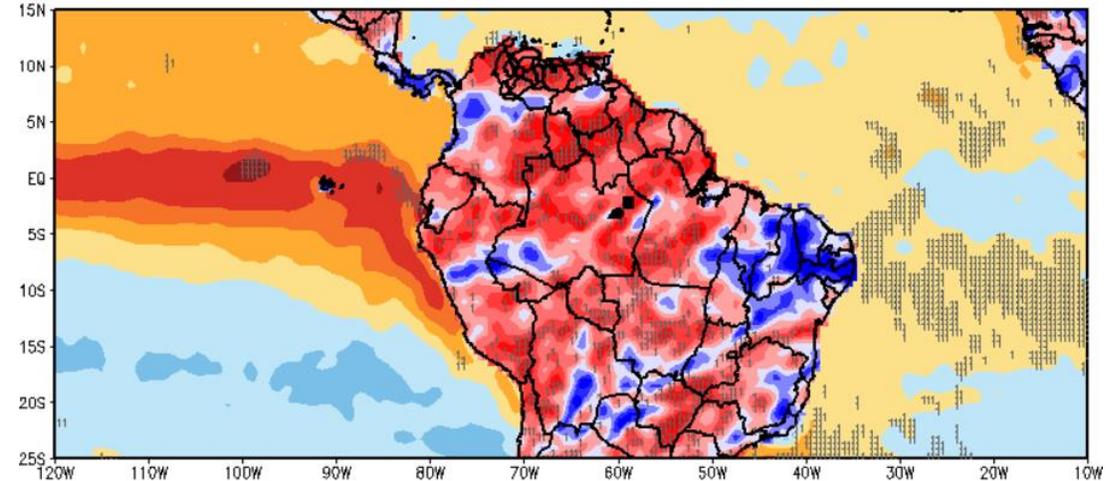
Período chuvoso

Período seco

ANOM. TSM (oC) E OMEGA (Pa/s) EM 500hPa



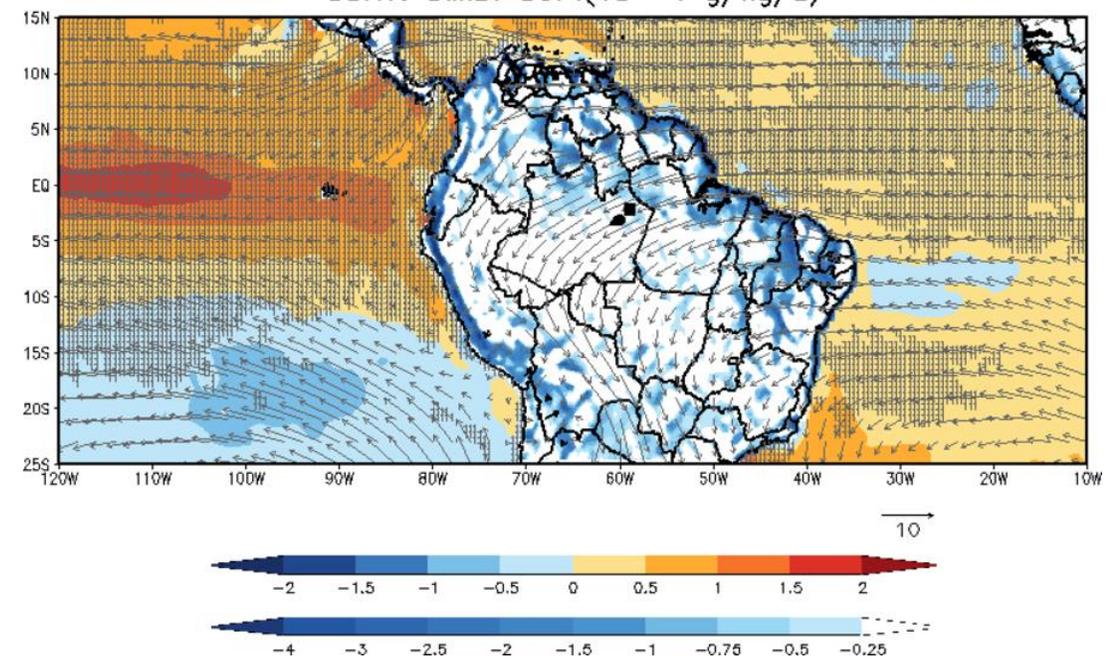
ANOM. TSM (oC) E OMEGA (Pa/s) EM 500hPa



Composições eventos secos

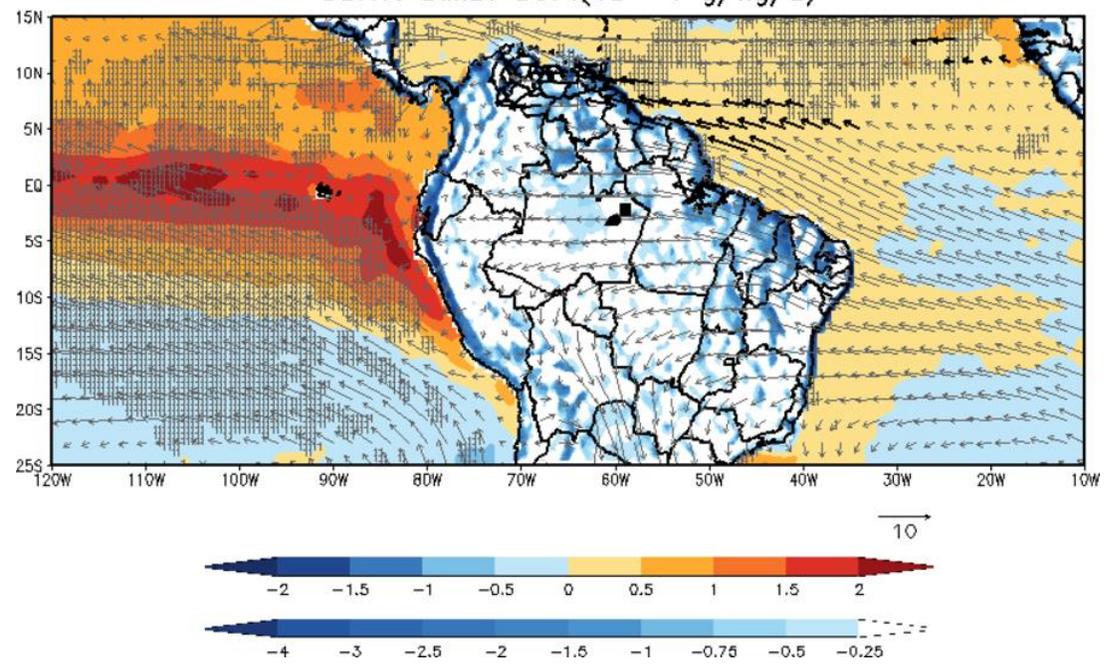
Período chuvoso

ANOM. TSM($^{\circ}$ C), VENTO 850hPa(m/s) e
CONV. UMID. SUP.(10^{-4} g/kg/s)



Período seco

ANOM. TSM($^{\circ}$ C), VENTO 850hPa(m/s) e
CONV. UMID. SUP.(10^{-4} g/kg/s)

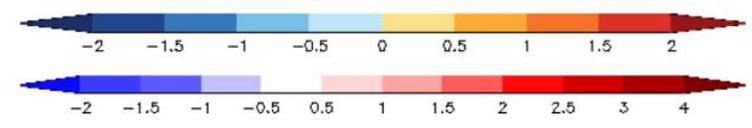
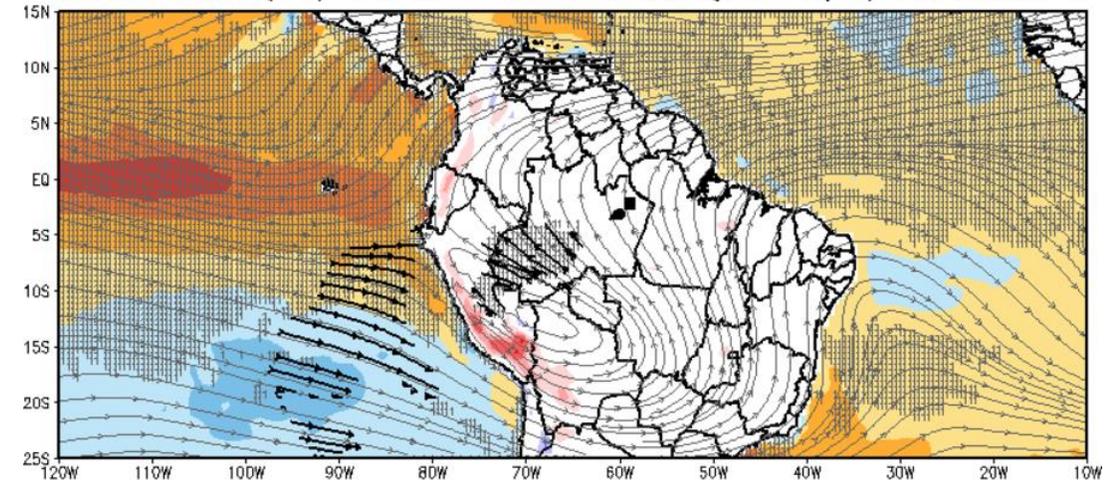


Composições eventos secos

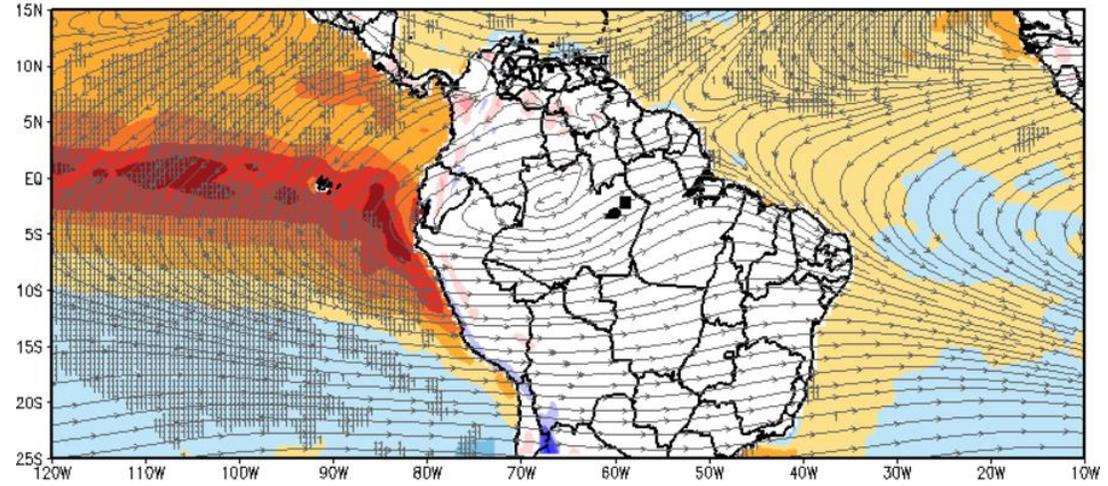
Período chuvoso

Período seco

ANOM. TSM ($^{\circ}\text{C}$) VENTO E DIVERGENCIA ($10^{-5}/\text{s}$) EM 250hPa

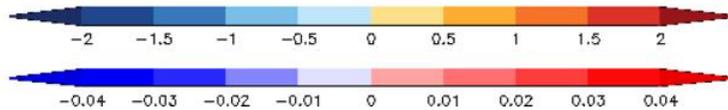
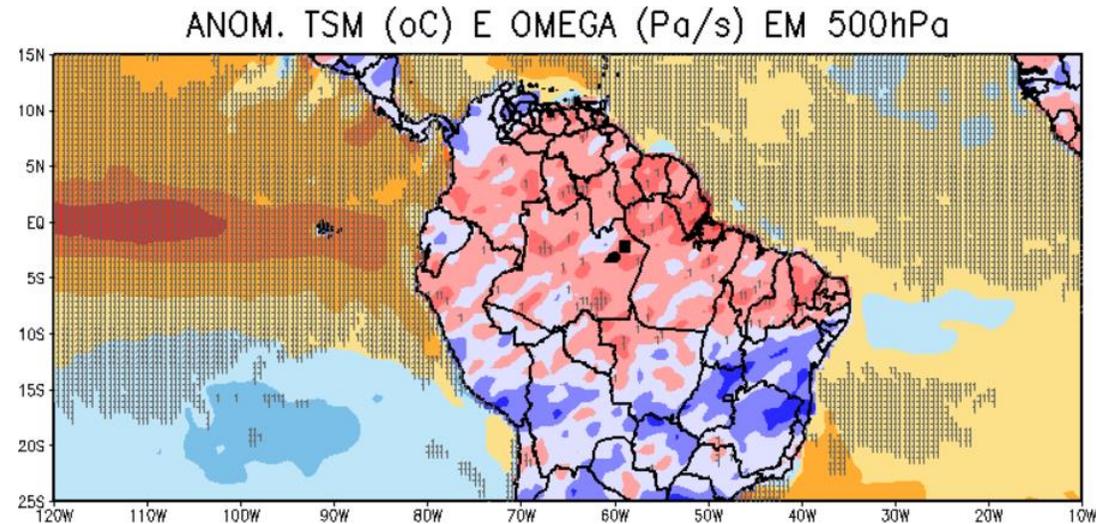


ANOM. TSM ($^{\circ}\text{C}$) VENTO E DIVERGENCIA ($10^{-5}/\text{s}$) EM 250hPa

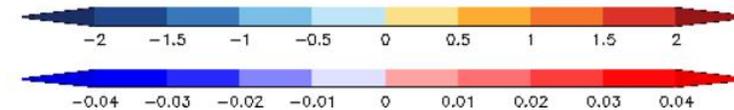
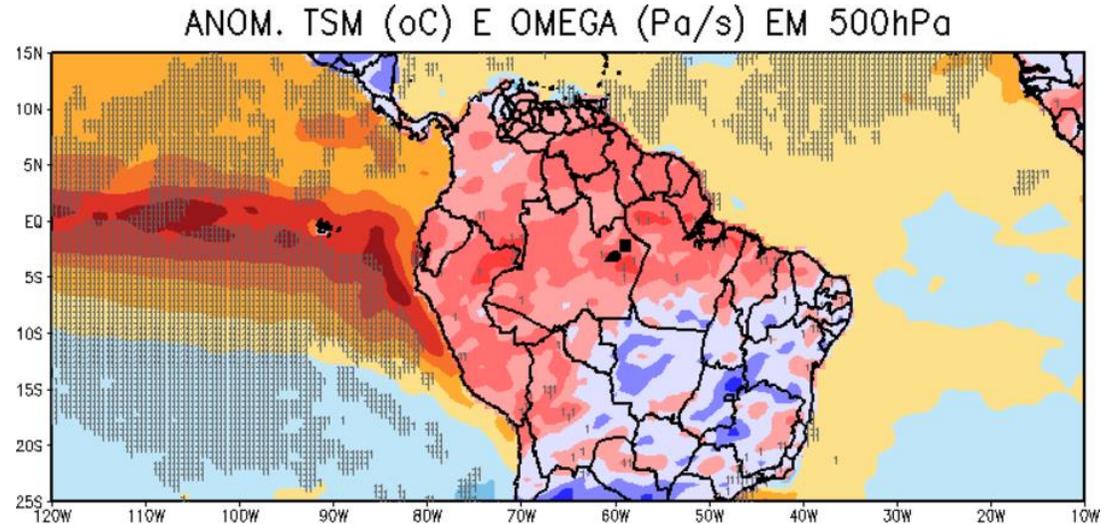


Composições eventos secos

Período chuvoso

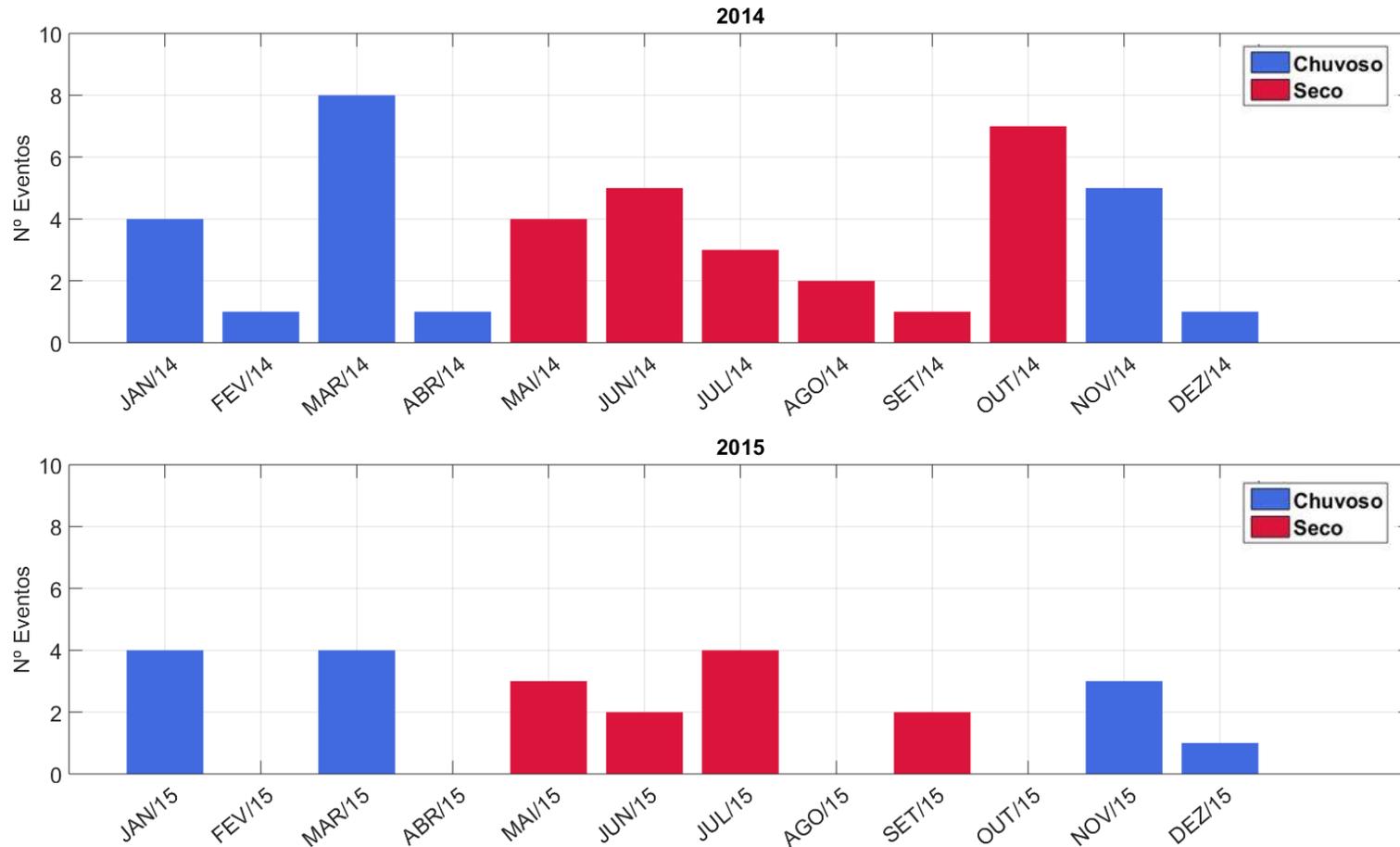


Período seco



Identificação sistemas meteorológicos

Resultados



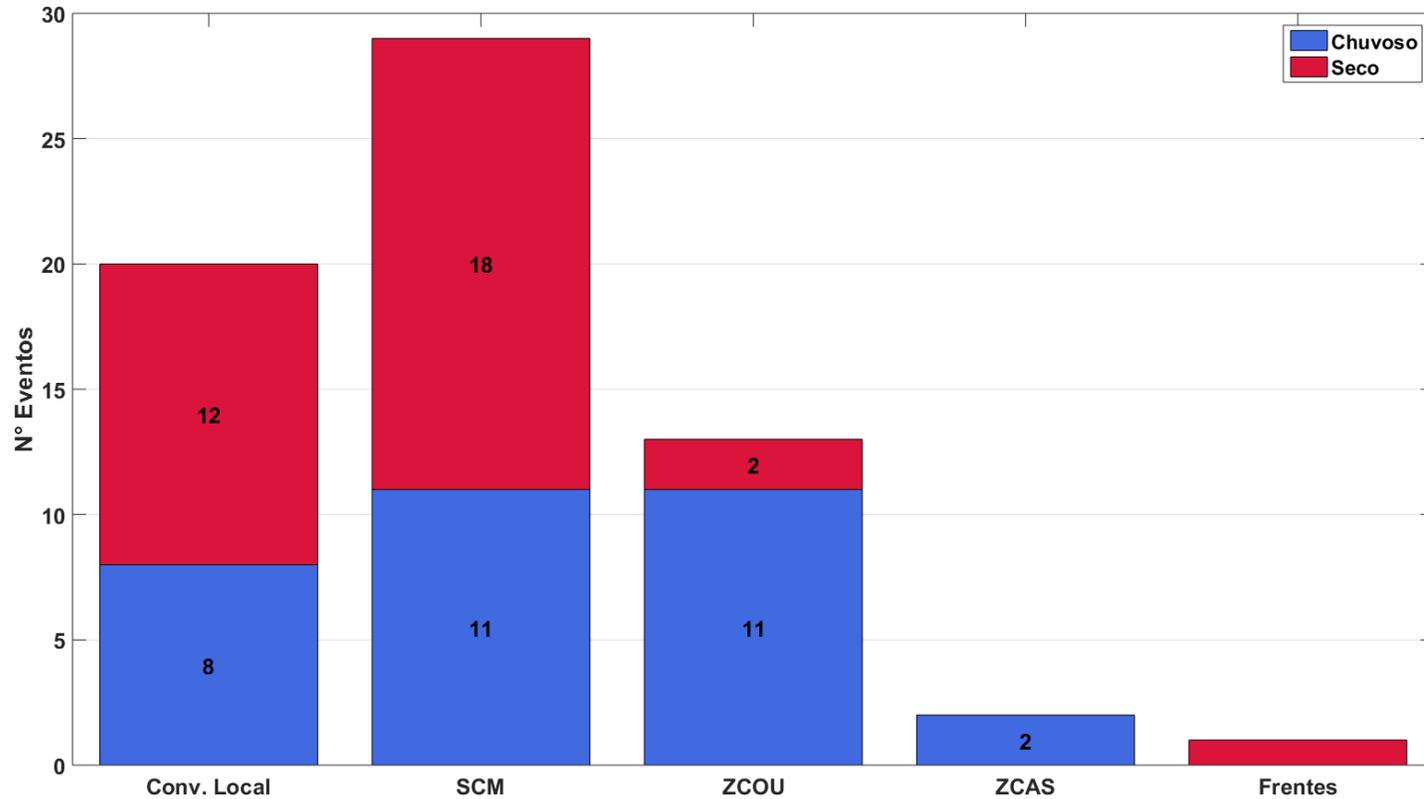
65 eventos chuvosos:

2014 → 42 eventos

2015 → 23 eventos

Março 2014 → 5 dos 10 eventos mais intensos

Março 2015 → 3 dos 10 eventos mais intensos



SCMs :

14 LIs no período seco

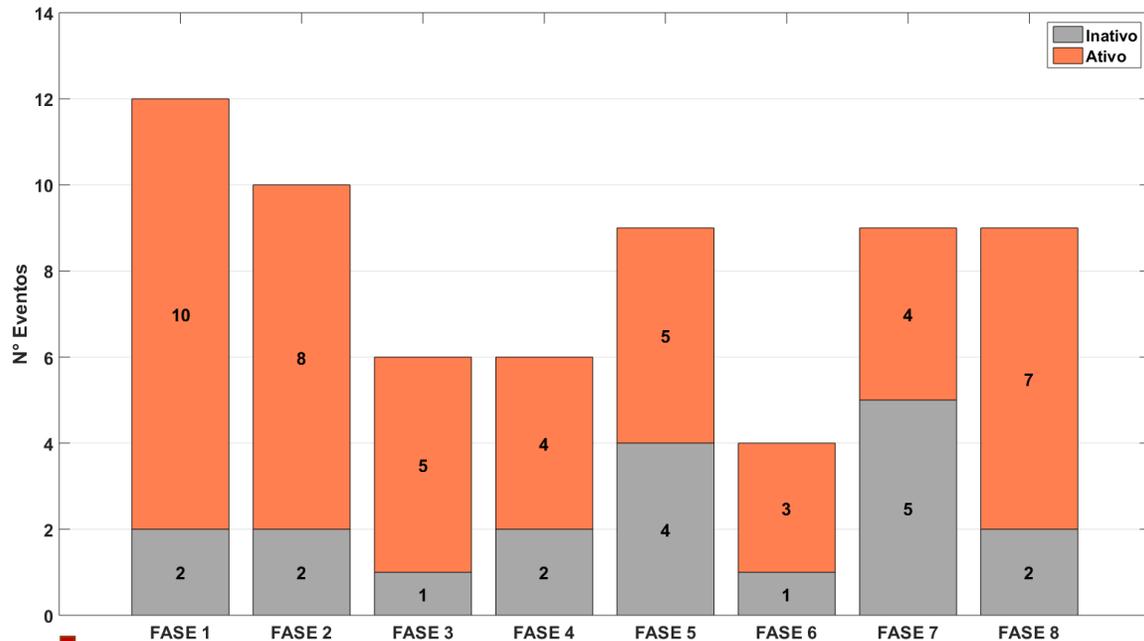
4 LIs no período chuvoso

ZCAS/ZCOU :

6 dos 10 eventos mais

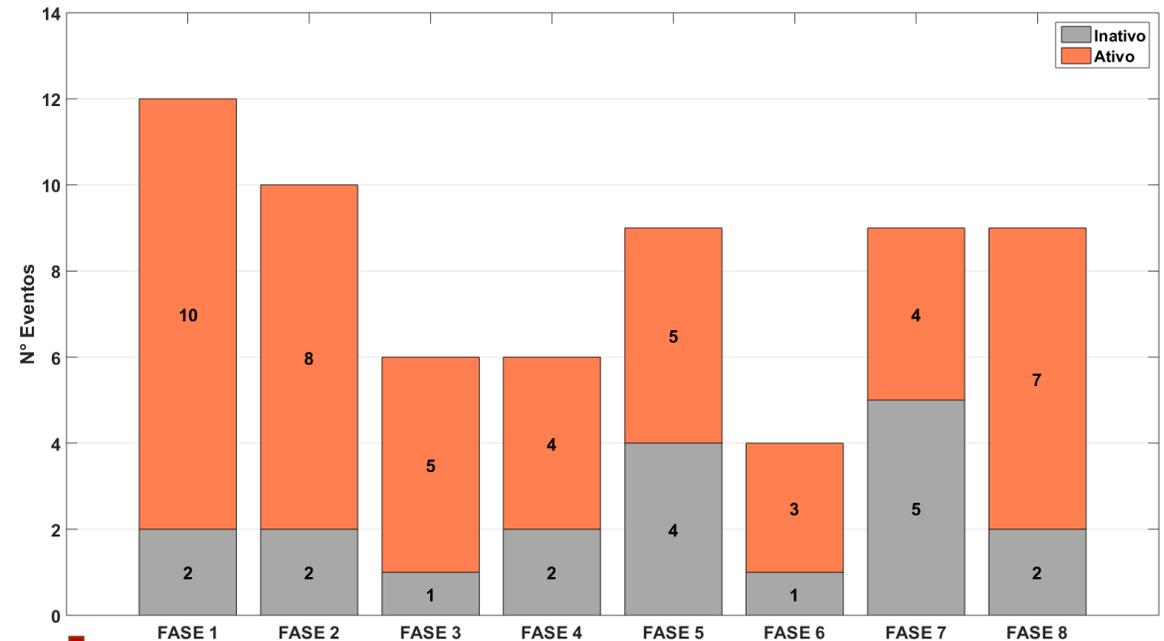
chuvosos de 2014 e 2015

Eventos Chuvosos



60% nas fases 1,2,7 e 8
40% nas fases 3,4,5 e 6

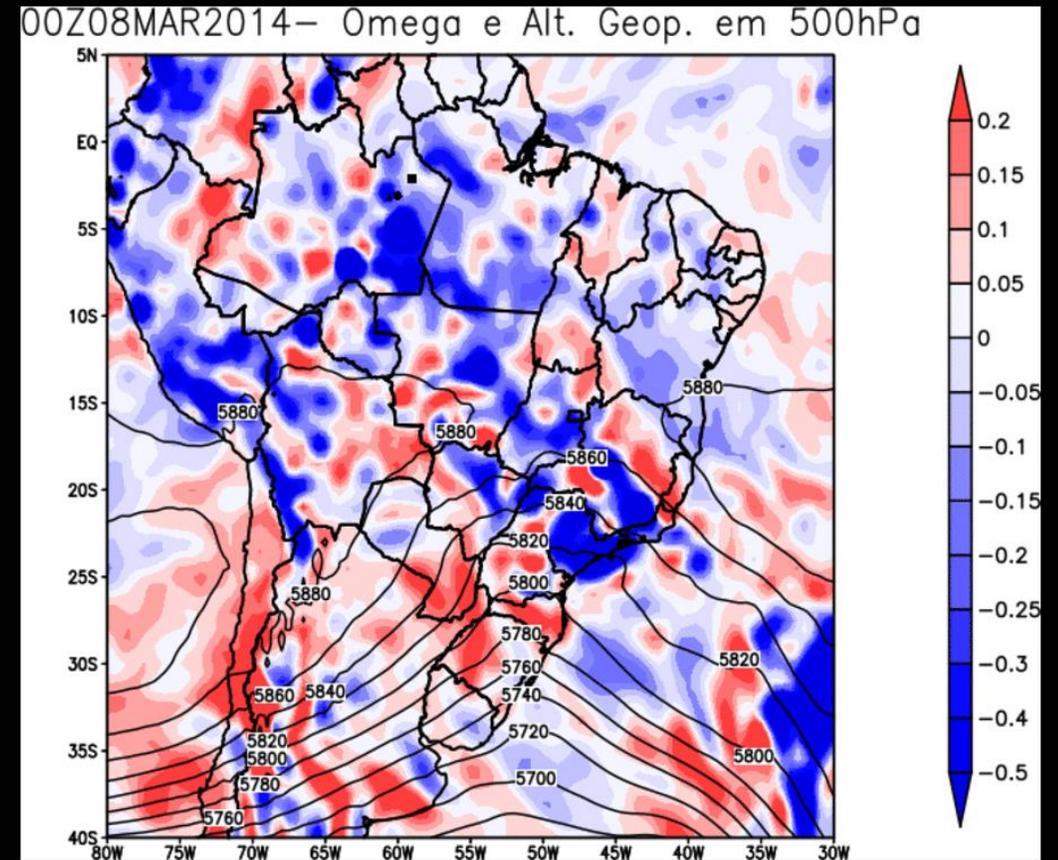
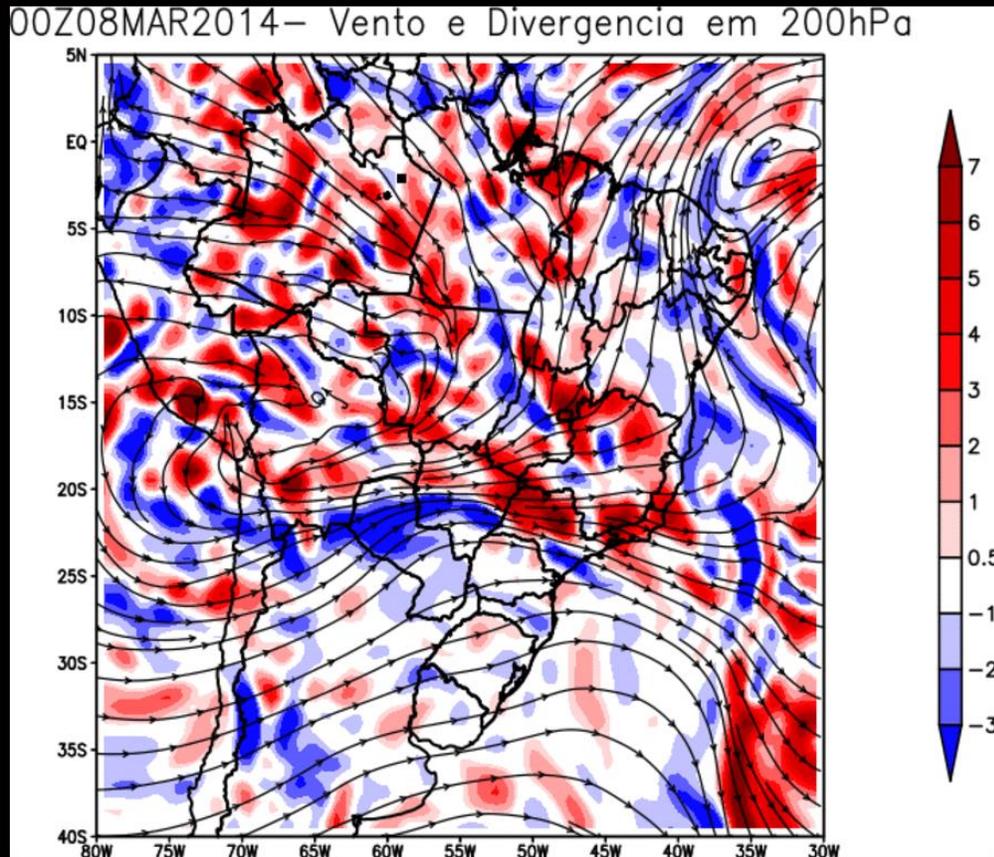
Eventos Secos



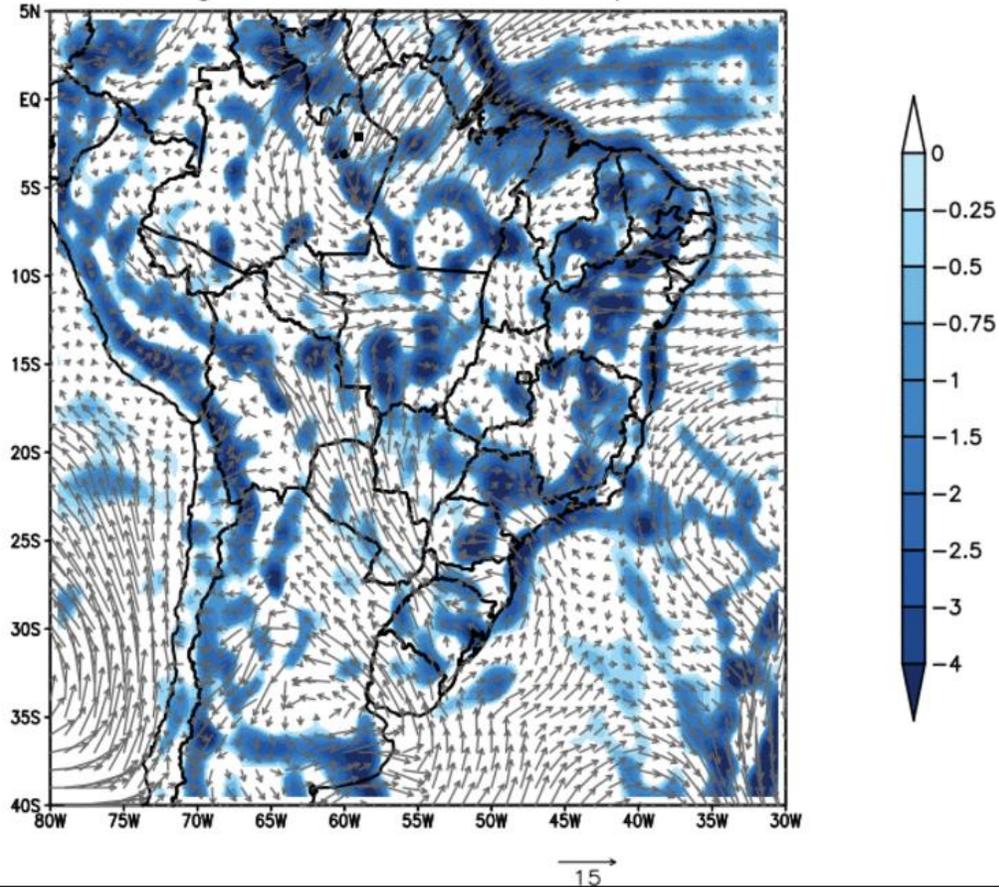
45.5% nas fases 1,2,7 e 8
54.5% nas fases 3,4,5 e 6

Análises individuais dos eventos chuvosos:

Dia 08/03/2014 : Evento mais intenso de 2014 e 2015 → **ZCOU**



00Z08MAR2014–Divergencia umidade em sup. e Vento em 850hPa



00Z08MAR2014– Temperatura, PRNM e Vento em 1000hPa

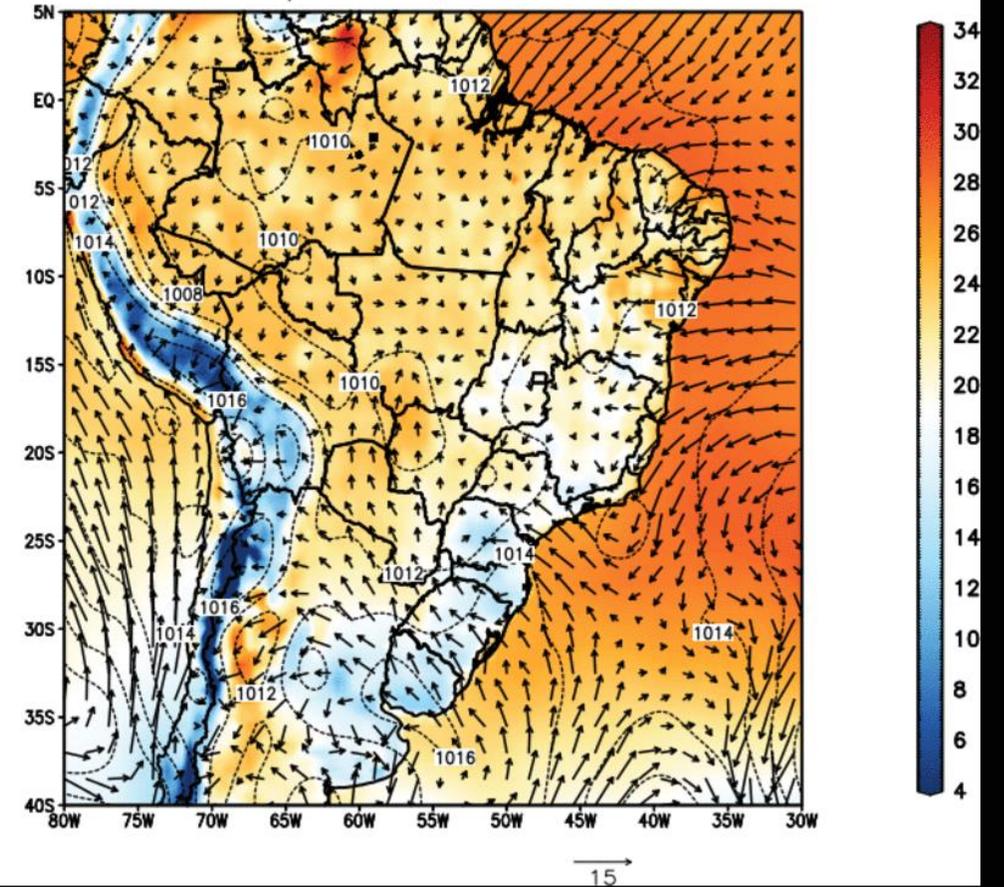
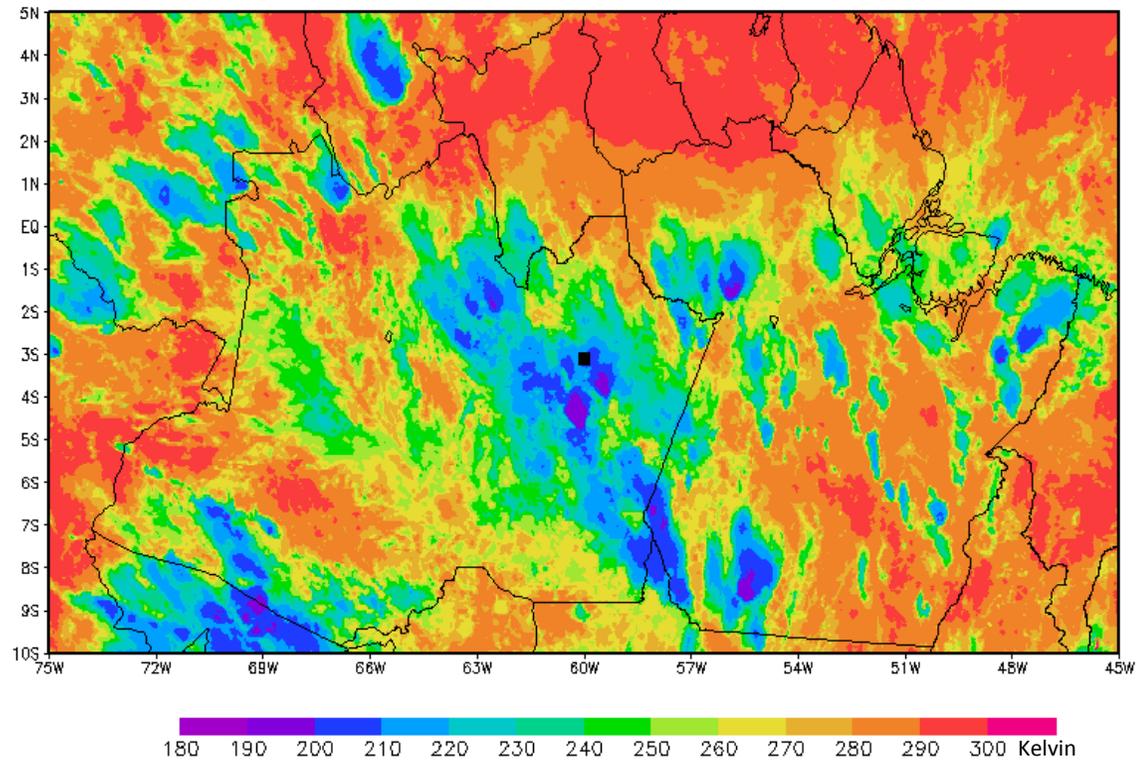
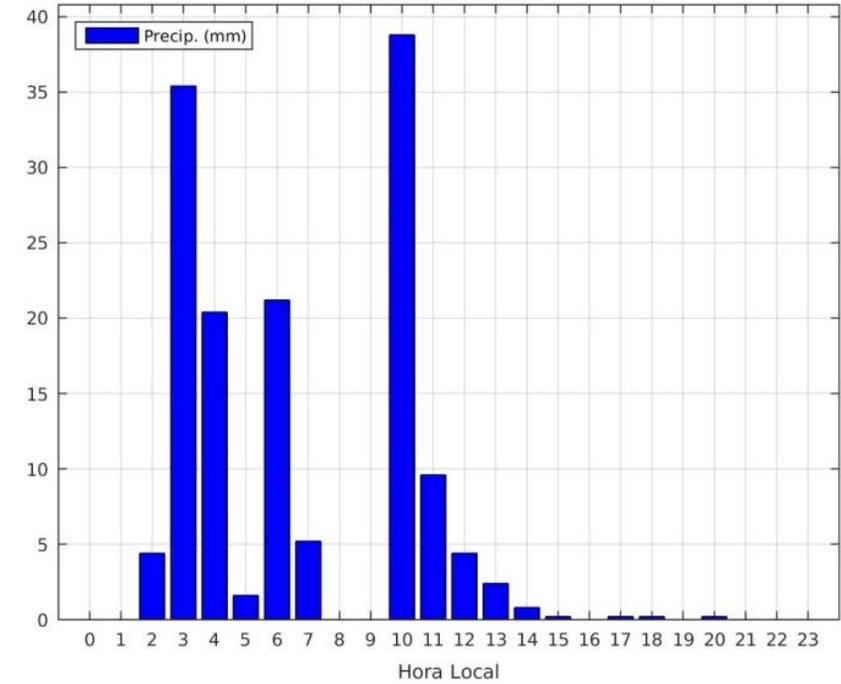


Imagem de satélite do infravermelho

00Z08MAR2014

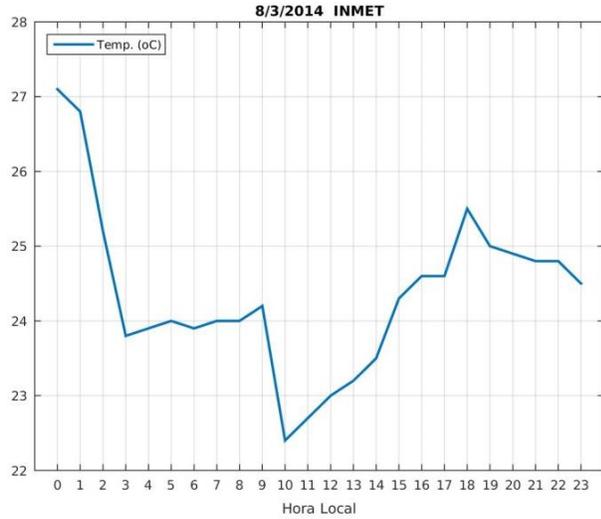


8/3/2014 INMET

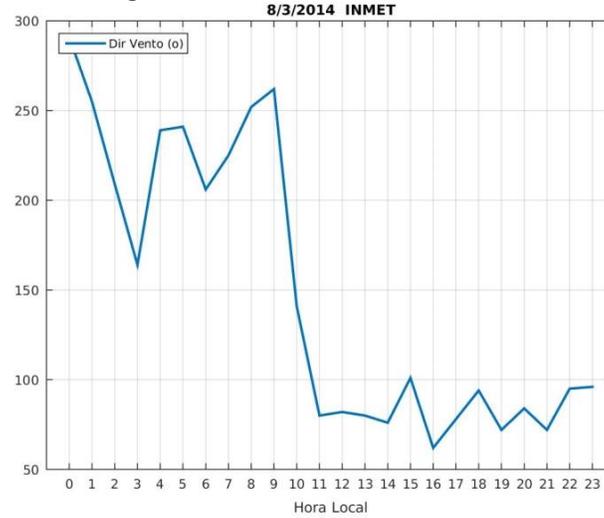


Atuação dos sistemas meteorológicos

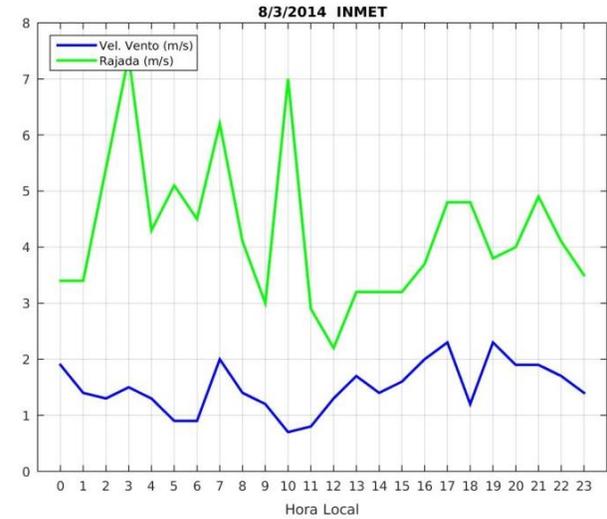
Temperatura



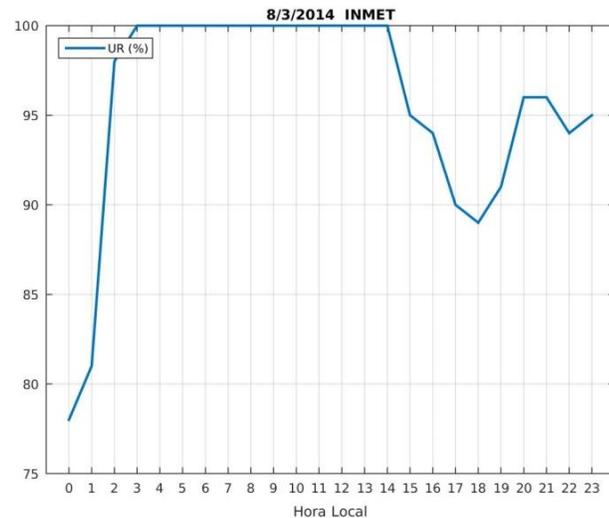
Direção do Vento



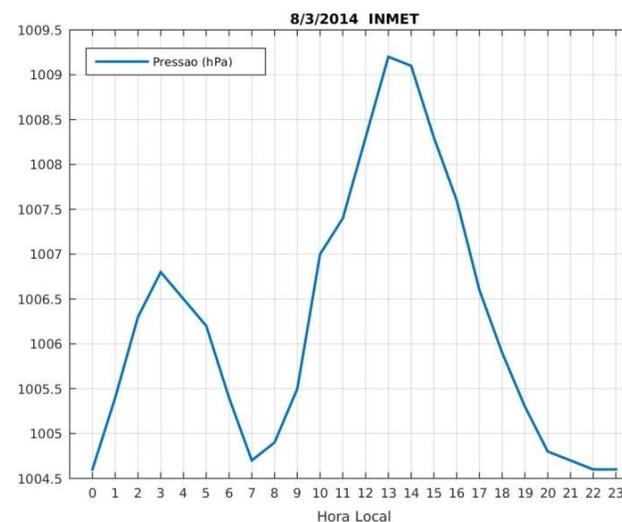
Velocidade do Vento



Umidade Relativa



Pressão



Conclusões

- Nem todas as estações do GoAmazon2014/5 apresentaram uma boa continuidade na coleta de dados durante os dois anos (2014 e 2015);
- Os anos de 2014 e 2015 foram opostos em relação à distribuição de precipitação:
 - 2014 → anomalias positivas → TSM quente no Pacífico Oeste e Atlântico Subtropical
 - 2015 → anomalias negativas → El Niño
- Os padrões sinóticos associados a ocorrência dos eventos chuvosos e secos, nos períodos chuvoso e seco, são os mesmos, diferindo somente em relação a sua intensidade e posição;
- Os sistemas meteorológicos responsáveis pela ocorrência dos eventos chuvosos foram:
 - 1°** - SCMs; **2°** - Convecção Local; **3°** - ZCOU/ZCAS; **4°** - Sistemas Frontais (1 evento)
- A variabilidade dos dados meteorológicos em um dia não é resultado da atuação do sistemas meteorológico atuante sozinha, mas é uma combinação da atuação do sistema, o escoamento de larga escala e de circulações locais.

Obrigada



Referências

ESPINOZA, J. C. et al. "The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient." *Environmental Research Letters* 9.12 (2014): 124007.

FOLEY, J. A et al. "El Niño–Southern oscillation and the climate, ecosystems and rivers of Amazonia." *Global Biogeochemical Cycles* 16.4 (2002): 79-1.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C. et al. "Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015–2016." *Scientific reports*, 6 (2016): 33130.

MARENGO, J. A.; e C. NOBRE. "Clima da região amazônica." *Tempo e Clima no Brasil*. Editores: Iracema Fonseca de Albuquerque Cavalcanti; Nelson Jesus Ferreira; Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva; Maria Assunção Faus da Silva Dias. *Oficina de Textos* (2009): 179-212.

OLIVEIRA, A. S. de. "Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia". Dissertação de mestrado. INPE, (1986).

OLIVEIRA, S. V.; SATYAMURTY, P.; e ANDREOLI, R. V. "On the South Atlantic Convergence Zone affecting southern Amazonia in austral summer." *Atmospheric Science Letters*, 14.1 (2013): 1-6.

REHBEIN, A. "Sistemas convectivos de mesoescala observados na bacia Amazônica durante o projeto GOAmazon". Dissertação (Mestrado) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, (2016).

UVO, C. R. B. "Influence of sea surface temperature on rainfall and runoff in northeastern South America: Analysis and modeling". Lund University, Lund Institute of Technology, Department of Water Resources Engineering, (1998).

ZHOU, B. e SHAO, X. "The 2015/16 "Super" El Niño Event and Its Climatic Impact." *Chinese Journal of Urban and Environmental Studies (CJUES)*, 5.03 (2017): 1-16.