



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL:
CLIMATOLOGIA E ANÁLISE SINÓTICA**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

João Pedro Rodrigues da Silva

Itajubá, MG, Brasil

2018

ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL: CLIMATOLOGIA E ANÁLISE SINÓTICA

por

João Pedro Rodrigues da Silva

Monografia apresentada à comissão examinadora Programa de
Graduação em Ciências Atmosféricas da Universidade Federal
Itajubá (UNIFEI, MG), como requisito parcial para obtenção do grau
de
Bacharel em Ciências Atmosféricas.

Orientador: Michelle Simões Reboita

Coorientador: Gustavo Carlos Juan Escobar

**Itajubá, MG, Brasil
2018**

**Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Recursos Naturais
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Monografia

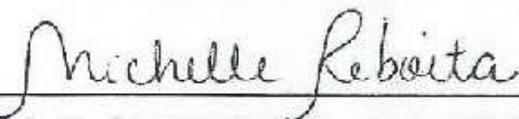
**ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL: CLIMATOLOGIA
E ANÁLISE SINÓTICA**

elaborada por

João Pedro Rodrigues da Silva

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atmosféricas

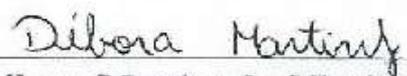
Comissão Examinadora:



Michelle Simões Reboita, Dr^ª. (UNIFEI)
(Presidente/Orientadora)



Gustavo Carlos Juan Escobar (UNIFEI)
(coorientador)



Débora Martins de Oliveira, Bel Met. (UNIFEI)

Itajubá, 16 de novembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais José Antonio e Maria Bernadete e meus irmãos Lucas e Victor pelo incentivo, dedicação, companheirismo durante toda minha vida, que ajudaram na formação da minha educação e evolução como ser humano.

A todos os professores do curso de Ciências Atmosféricas, pela dedicação em ensinar e pelo amor à profissão, fatores que colaboraram com a minha formação. Um agradecimento especial a minha orientadora Michelle Simões Reboita por todos os ensinamentos, conversas, oportunidades e amizade criada nesses quatro anos de graduação. A gratidão é enorme, por tudo.

À minha namorada, Ana Clara, a pessoa que mais me dá forças para enfrentar todos os obstáculos e desafios. Agradeço pelas conversas, conselhos, companheirismo, dedicação e amor. Tê-la por perto foi imprescindível em todos os instantes.

Aos meus colegas de sala e do curso, que sempre me ajudaram. À Ana Flávia pelas conversas, histórias e risadas, me ajudando nas disciplinas e tornando o ambiente acadêmico mais fácil de se viver. Um agradecimento especial ao Gabriel, que posso chamá-lo de amigo, e também de irmão. Obrigado pelos compartilhamentos de risadas, desabafos, comidas, histórias e disciplinas. A universidade se torna nossa segunda casa e adotamos assim, uma nova família. Obrigado a todos!

Dedico à minha família.

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos”.

Paulo Baleki

RESUMO

Monografia de Graduação
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil

ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL: CLIMATOLOGIA E ANÁLISE SINÓTICA.

AUTOR: JOÃO PEDRO RODRIGUES DA SILVA

ORIENTADOR: MICHELLE SIMÕES REBOITA

Local e Data da Defesa: Itajubá, 16 de novembro de 2018.

Um dos principais sistemas meteorológicos causadores de chuva na região Sudeste do Brasil, na estação do verão, é a Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que é caracterizada por uma banda persistente de nebulosidade e precipitação, orientada no sentido noroeste-sudeste, que se estende desde o sul e leste da Amazônia ao oceano Atlântico Sul. Diante deste contexto, os objetivos deste trabalho são apresentar a climatologia dos eventos de ZCAS ocorridos entre outubro de 2006 até dezembro de 2017 e descrever as características sinóticas de todos os eventos ocorridos nesse período, concomitantemente, fazer uma análise para os eventos que causaram elevadas taxas de precipitação no sul de Minas Gerais. Também identificaram-se os casos de ZCAS acoplados com sistemas de baixa pressão no oceano Atlântico Sul e as fontes de umidades desses ciclones. A climatologia de eventos de ZCAS foi obtida com os dados fornecidos pelo Grupo de Previsão do Tempo (GPT-CPTEC-INPE). Para a análise sinótica foi empregado a técnica de composições dos casos de ZCAS e anomalias (média dos casos de ZCAS menos a média climatológica) utilizando dados da reanálise ERA-Interim. Para analisar as fontes de umidade nos ciclones utilizou-se um modelo Lagrangeano denominado HYSPLIT e composições sinóticas. Através das composições foi possível mostrar as características dos campos meteorológicos na presença da ZCAS, tais como a banda de nebulosidade e precipitação, a convergência dos ventos e umidade em baixos níveis, cavados e cristas em médios e altos níveis, presença da alta da Bolívia e movimentos ascendentes na região do sistema. A umidade presente na região dos ciclones se deve tanto ao transporte advindo do interior do continente como também pelo transporte proveniente do oceano Atlântico, o qual está associado aos ventos provenientes da borda do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Esse estudo deixa como contribuição a caracterização da ZCAS em diferentes campos atmosféricos, o que fornece subsídios para auxiliar as práticas de previsão do tempo.

Palavras-chave: ZCAS. Variáveis Meteorológicas. Composições. Ciclones.

ABSTRACT

Graduation Monograph
Graduate Program in Atmospheric Sciences
Federal University of Itajubá, MG, Brazil

SOUTH ATLANTIC CONVERGENCE ZONE: CLIMATOLOGY AND SYNOPTIC ANALYSIS

AUTHOR: JOÃO PEDRO RODRIGUES DA SILVA

ADVISOR: MICHELLE SIMÕES REBOITA

Location and Date of Defense: Itajubá, November 16, 2018.

One of the main weather systems that cause rain in southeastern Brazil, in the summer season, is the South Atlantic convergence zone (SACZ), which is characterized by a persistent band of cloudiness and precipitation, oriented towards Northwest-Southeast, extending from the South and East of the Amazon to the South Atlantic Ocean. In this context, the aims of this work are to present the climatology of the SACZ events that occurred between October 2006 and December 2017 and to describe the synoptic characteristics of all the events that occurred during that period, concomitantly, to analyze the events that caused high rates of precipitation in the south of Minas Gerais. Also identified the SACZ cases coupled with low pressure systems in the South Atlantic Ocean and the sources of humidity of these cyclones. The SACZ event climatology was obtained with data provided by weather forecasting Group (GPT-CPTEC-INPE). Synoptic analysis was employed the technique of compositions of SACZ and anomalies (average of cases of SACZ less climatological average) using Reanalysis data ERA-Interim. To analyse the sources of moisture in a cyclone Lagrangeano model called HYSPLIT and synoptics compositions were used. Through the compositions it was possible to show the characteristics of the meteorological fields in the presence of the SACZ, such as the band of cloudiness and precipitation, the convergence of the winds and low humidity levels, troughs and crests in medium and high levels, the high presence of Bolivia and upward movements in the system. The moisture present in the region of cyclones is due both to the transport from the interior of the continent as well as the transport from the Atlantic Ocean, which is associated to the winds from the edge of the South Atlantic Subtropical Anticyclone. This study leaves as a contribution to characterization of the ZCAS in different fields which provides atmospheric, subsidies to aid weather forecasting practices.

Keywords: SACZ. Weather Variables. Composites. Cyclones.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Padrões da Atmosfera em: a) baixos níveis e b) altos níveis no verão.	2
Figura 2 - Porcentagem de eventos de ZCAS de outubro a abril entre 2006 e 2017.....	11
Figura 3 - Campos de pressão ao nível médio do mar (hPa) e vetores do vento em 10 metros de altura ($m s^{-1}$).....	13
Figura 4 - Campo de umidade específica ($g kg^{-1}$) e vetores do vento ($m s^{-1}$) no nível de 850 hPa	14
Figura 5 - Campo de ômega ($Pa s^{-1}$) e altura geopotencial (gpm) no nível de 500 hPa	15
Figura 6 - Campo de Divergência de massa ($1 s^{-1}$) e linhas de corrente ($m s^{-1}$) no nível de 300 hPa.....	16
Figura 7 - Campo de divergência do fluxo de umidade integrado na vertical ($kg m^{-1} s^{-1}$).....	17
Figura 8 - Campo de Precipitação ($mm dia^{-1}$) e vetores do vento ($m s^{-1}$) no nível de 850 hPa.....	18
Figura 9 - Cartas sinóticas de superfície dos dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017.	19
Figura 10 - Vetor do vento em 10 metros de altura ($m s^{-1}$) e Pressão a nível médio do mar (hPa) para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017.....	20
Figura 11 - Umidade específica ($g kg^{-1}$) e vetores do vento ($m s^{-1}$) no nível de 850 hPa para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017.	21
Figura 12 - Velocidade vertical (Ômega) ($Pa s^{-1}$) e altura geopotencial (gpm) no nível de 500 hPa para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017	22
Figura 13 - Divergência de massa ($1 s^{-1}$) e linhas de corrente ($m s^{-1}$) no nível de 300 hPa para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017.	23
Figura 14 - Temperatura de brilho no topo das nuvens ($^{\circ}C$) e vetores de vento (m/s) no nível de 850 hPa para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017.....	24
Figura 15 - Precipitação (mm) e vetores de vento ($m s^{-1}$) no nível de 850 hPa para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017.....	25
Figura 16 - Região de realização do perfil vertical de umidade.....	26
Figura 17 - Perfil vertical de umidade específica ($g kg^{-1}$) para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017.	26
Figura 18 - Trajetória das parcelas de ar em direção às latitudes centrais dos ciclones no oceano Atlântico Sul, propostas pelo modelo HYSPLIT.....	27
Figura 19 - Trajetória das parcelas de ar em direção às latitudes centrais dos ciclones no oceano Atlântico Sul, propostas pelo modelo HYSPLIT.....	28
Figura 20 - Trajetória das parcelas de ar em direção às latitudes centrais dos ciclones no oceano Atlântico Sul, propostas pelo modelo HYSPLIT.....	28
Figura 21 - Campo de divergência de massa ($1 s^{-1}$) e linhas de corrente ($m s^{-1}$) no nível de 300 hPa.....	29
Figura 22 - Campo de divergência do fluxo de umidade integrado na vertical ($kg m^{-1} s^{-1}$).....	30
Figura 23 - Campo de umidade específica ($g kg^{-1}$) e vetores do vento ($m s^{-1}$) no nível de 850 hPa.....	31
Figura 24 - Campo de Precipitação ($mm dia^{-1}$) e vetores do vento ($m s^{-1}$) no nível de 850 hPa.....	32
Figura 25 - Atmosfera em baixos, médios, altos níveis a) Climatologia; b) Eventos de ZCAS.....	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Variáveis Atmosféricas do ERA-Interim utilizadas e os respectivos níveis de pressão utilizados.....	6
TABELA 2 – Número de ocorrências de ZCAS de outubro a abril de 2006 a 2017.....	8

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AB – Alta da Bolívia
ANE – Ventos Alísios de nordeste
ASAS – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
ASE – Ventos Alísios de sudeste
ASPS – Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul
B – Baixa pressão
BC – Baixa do Chaco
BL – Bloqueios Atmosféricos
BNE – Baixas térmicas no noroeste argentino
CCM – Complexo Convectivo de Mesoescala
CNE – Cavado do nordeste do Brasil
FF – Frente fria
FQ – Frente quente
JBN – Jato de Baixos Níveis
JP – Jato Polar
JPN – Jato Polar norte
JS – Jato Subtropical
LI – Linha de instabilidade
LIP – Linha de instabilidade pré-frontal
MSA – Monção Sul Americana
MG – Minas Gerais
NV – Nuvem vírgula
Pa – Pascal
RC – Regiões Ciclogênicas
SCM – Sistemas Convectivos de Mesoescala
TSM – Temperatura da superfície do mar
VCAN – Vórtice Ciclônicos de Altos Níveis
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical
ZCPS – Zona de Convergência do Pacífico Sul

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA.....	6
2.1. OBJETIVO GERAL.....	6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
2.2. JUSTIFICATIVA.....	6
3. MATERIAIS E MÉTODOS	6
3.1. IDENTIFICAÇÃO DA ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL.....	6
3.2. CLIMATOLOGIA SINÓTICA.....	7
3.3. ESTUDO DE CASO.....	9
3.4. ANÁLISE DE CICLONES ASSOCIADOS A ZCAS.....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4.1. CLIMATOLOGIA DA ZCAS.....	11
4.2. CLIMATOLOGIA SINÓTICA.....	12
4.3. ESTUDO DE UM CASO DE ZCAS.....	18
4.4. ANÁLISE DE CICLONES ASSOCIADOS A ZCAS.....	27
5. CONCLUSÃO	33
6. REFERÊNCIAS.....	35
ANEXO I.....	39
Tutorial Modelo Lagrangeano HYSPLIT	

1. INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis atmosféricas de maior interesse da população, pois está diretamente relacionada com decisões simples, como o momento de sair de casa, até com atividades mais relevantes como preparar a plantação ou colheita de uma determinada cultura. (CHAMIS, 2015).

As regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil apresentam duas estações do ano bem estabelecidas: uma seca e outra chuvosa (REBOITA et al., 2010). Portanto, essas regiões são dominadas por um clima de monção. Segundo Ramage (1971), a monção se desenvolve sobre regiões continentais em resposta ao aquecimento diferencial entre o continente/oceano e corresponde à reversão sazonal do sentido dos ventos em baixos níveis da atmosfera. De acordo com Marengo et al. (2012) e Reboita et al. (2010), na América do Sul, a monção é chamada de Monção Sul-Americana (MSA) e pode ser identificada quando a média anual das componentes do vento é subtraída da média mensal, portanto o que ocorre na MSA é uma reversão das anomalias do sentido dos ventos em baixos níveis (ZHOU e LAU, 1998). O período úmido da MSA inicia-se em meados da primavera sobre a Amazônia equatorial, quando os ventos alísios de nordeste começam a se intensificar e acabam transportando muita umidade para a região Norte do Brasil, já seu término é precedido pelo aumento na frequência do escoamento de sudeste (DURAN-QUESADA et al., 2012; MARENGO et al, 2001).

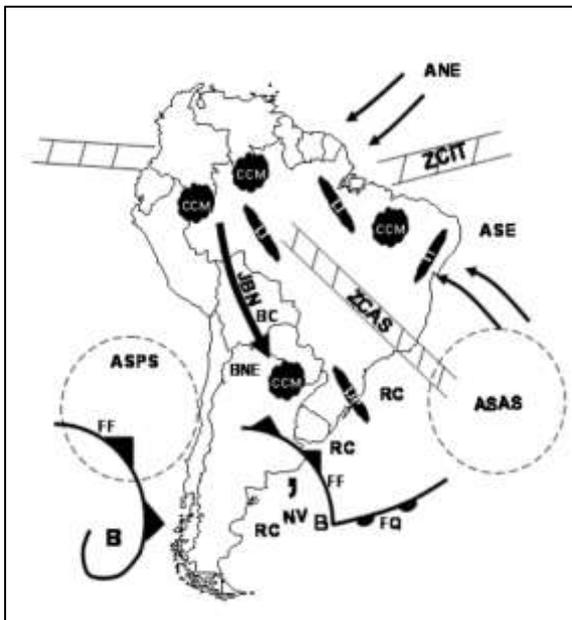
A umidade que é transportada do oceano Atlântico Tropical para a região Norte do Brasil e em conjunto com a evapotranspiração da floresta Amazônica pode ajudar na formação de sistemas convectivos de mesoescala (SCM) sobre a região, ou ser transportada para o Sul e Sudeste do Brasil pelos ventos a leste da Cordilheira dos Andes, conhecidos como Jatos de Baixos Níveis (JBN; SANTOS e REBOITA, 2018). O JBN também contribui para a formação de SCM no sudeste da América do Sul. Além da umidade transportada da Amazônia, outro sistema, conhecido como Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), contribui para a umidade na região sudeste do Brasil durante a estação chuvosa, pois transporta ventos úmidos do oceano Atlântico para o interior do continente (DRUMOND et al., 2008). Quadro et al. (2012) ressalta a importância do ASAS no clima do Brasil, ao mencionar que somente o transporte de umidade da região Amazônica não é suficiente para compor toda a umidade observada no sul e sudeste do Brasil na estação do verão.

Na estação chuvosa, a junção dos sistemas mencionados com a convecção típica do período quente contribui para a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que é caracterizada por uma banda persistente de nebulosidade e precipitação orientada no

sentido noroeste-sudeste desde o sul/sudeste da região Amazônica até o sudoeste do oceano Atlântico Sul (KOUSKY, 1988; CARVALHO et al, 2004). Na presença da ZCAS também se observa um anticiclone em altos níveis conhecido como Alta da Bolívia. De acordo com Lenters e Cook (1997), a liberação de calor latente na Amazônia contribui para a formação da Alta da Bolívia e corrente abaixo dessa há a formação de um cavado entre o nordeste do Brasil e o oceano Atlântico. Muitas vezes podem aparecer vórtices fechados no interior do cavado que recebem o nome de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs). Na presença da ZCAS e da Alta da Bolívia, em geral, ocorre um cavado sobre o sul do Brasil e uma crista sobre a região sudeste (essas configurações não são registradas na climatologia, apenas na média dos eventos de ZCAS). A Alta da Bolívia também contribui para intensificar o jato de altos níveis subtropical, uma característica da circulação atmosférica global.

A ZCAS pode ser mais duradoura quando há interação com sistemas frontais que adquirem características semi-estacionárias e alguns casos desse sistema também ocorrem associados com regiões de baixa pressão em superfície sobre o oceano Atlântico. Para a compreensão da localização dos sistemas mencionados, a Figura 1 extraída de Reboita et al. (2010) apresenta uma síntese dos padrões médios da atmosfera em baixos e altos níveis típicos do verão na América do Sul.

a)



b)

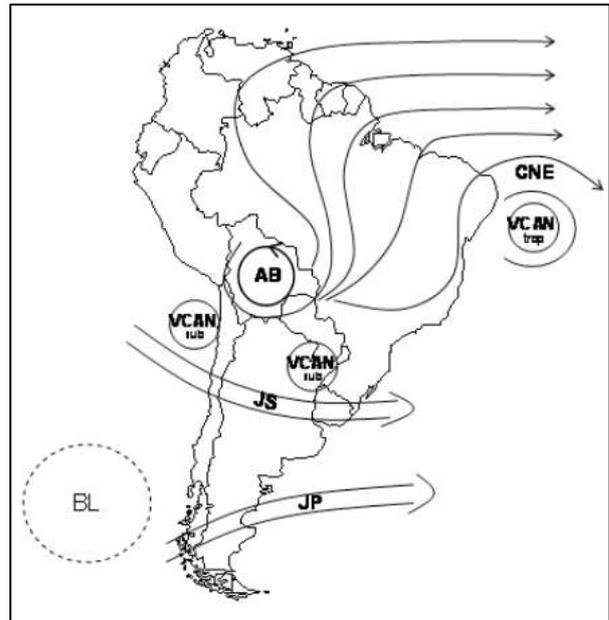


Figura 1 - Padrões da Atmosfera em: a) baixos níveis e b) altos níveis no verão. Em relação à baixa troposfera tem-se: **ANE** ventos alísios de nordeste, **ASE** ventos alísios de sudeste, **ASAS** anticiclone subtropical do Atlântico Sul, **ASPS** anticiclone subtropical do Pacífico Sul, **B** baixa pressão, **BC** baixa do Chaco – região de baixas térmicas, **BNE** região de baixas térmicas no noroeste argentino, **CCM** complexo convectivo de mesoescala, **FF** frente fria, **FQ** frente quente, **JBN** jato de baixos níveis a leste dos Andes, **LI** linha de instabilidade

tropical, **LIP** linha de instabilidade pré-frontal, **NV** nuvem vírgula, **RC** regiões ciclogênicas, **ZCAS** zona de convergência do Atlântico Sul e **ZCIT** zona de convergência intertropical. Já em relação à alta troposfera tem-se: **AB** alta da Bolívia, **BL** região de bloqueios atmosféricos, **CNE** cavado do nordeste do Brasil, **JS** jato subtropical, **JP** jato polar, **VCAN sub** vórtices ciclônicos de altos níveis subtropicais, **VCAN trop** vórtices ciclônicos de altos níveis tropicais. É importante destacar que a AB e o CNE são sistemas que se configuram no verão e desaparecem no inverno. Fonte: Reboita et al. (2010)

Nogués Peagle et al. (2002) destacam que a ZCAS está diretamente relacionada com a MSA, portanto os episódios de ZCAS começam a se desenvolver predominantemente no início da primavera austral e se estendem durante todo o verão austral. Ainda na escala intrasazonal, Nogués-Paegle e Mo (1997) sugerem que o JBN na América do Sul desempenha papel essencial na intensidade e localização da ZCAS e propicia uma gangorra de precipitação, que ocorre entre o sudeste do Brasil e o sudeste da América do Sul (Rio Grande do Sul, Paraguai, norte da Argentina e Uruguai). Quando o JBN se dirige para o sudeste do Brasil há intensificação da ZCAS e aumento da precipitação, quando se dirige para ao sudeste da América do Sul, há enfraquecimento e redução da precipitação. Esse padrão é conhecido por gangorra, pois quando há anomalias positivas de precipitação num setor, há redução em outro.

De acordo com Chaves (2011), os padrões da temperatura da superfície do mar (TSM) sobre o oceano Atlântico Sul também modulam a posição e intensidade da precipitação na América do Sul. Sugere-se que anomalias quentes da TSM sobre o oceano Atlântico Sul tendem a intensificar a ZCAS, desta forma a ZCAS reduz a incidência de radiação de onda curta sobre o oceano, o qual irá se resfriar e conseqüentemente influenciar na dissipação da mesma. Sem a presença deste sistema atmosférico, o oceano volta a aquecer-se e tal aquecimento novamente favorece a formação de um outro evento de ZCAS. Portanto, essa interação ZCAS e TSM leva a um mecanismo de retroalimentação de ambos os sistemas. Tirabassi et al. (2015) destacam essa conexão mútua entre atmosfera-oceano na influência da ZCAS, principalmente na estação do verão, estudando os campos oceânicos, atmosféricos e de superfície. Nestes, descobriram a influência de uma propagação de ondas que desempenha papel fundamental na convecção da ZCAS e que o caminho percorrido por essa propagação é de tamanha importância. Se o caminho se inclina sobre a América do Sul, a convecção se desenvolve primeiro sobre as regiões continentais e o ramo oceânico da ZCAS é enfraquecido e, diante disso, se o caminho se inclina sobre a região oceânica ocorre o inverso.

Na década de 1990, Kodama (1992;1993) apresentou características comuns entre três Zonas de Convergência no globo: Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Zona de Convergência do Pacífico Sul (ZCPS) e a Zona Frontal de Baiu. As características destacadas são: 1) todos os sistemas estendem-se para leste, nos subtropicais, a partir de regiões tropicais específicas de intensa atividade convectiva; 2) foram-se ao longo de jatos subtropicais em altos níveis 3) são zonas de convergência em regiões onde há uma camada inferior úmida, espessa e com intenso gradiente de temperatura, ou seja, um ambiente altamente baroclínico; 4) estão localizadas na fronteira de massas de ar tropical úmida, em regiões de forte gradiente de umidade em baixos níveis, com geração de instabilidade convectiva por processo de advecção diferencial de temperatura. Na América do Sul, os resultados de Kodama (1992;1993) sugerem que a posição média da ZCAS pode ser atribuída a ocorrências de convecção profunda na bacia Amazônica.

Figuroa et al. (1995) simularam a convergência dos ventos em baixos níveis na região de atuação da ZCAS utilizando uma orografia realista e uma fonte de calor com o objetivo de reproduzir a convecção da Amazônia, os resultados foram satisfatórios ao descobrirem que eventos de ZCAS se formam de 12 a 18 horas após um pico de convecção intensa sobre a Amazônia.

Ainda com relação à ZCAS, o Grupo de Previsão do Tempo (GPT) do CPTEC-INPE definiu o critério para identificação diária desse sistema no ambiente operacional (SACRAMENTO NETO et al., 2010): 1) presença do Jato Subtropical (JS), que contorna um cavado e dá suporte ao sistema que atua na superfície (cavado ou frente subtropical); 2) o ramo norte do Jato Polar Norte (JPN) pode aparecer em algumas ocasiões acoplado ao JS nos casos onde aparece a presença de uma frente fria (clássica) no oceano; 3) existência de gradiente de temperatura potencial equivalente em 850 hPa se estendendo desde o oceano até o interior do continente; 4) o fluxo de umidade em 850 hPa é bem estabelecido desde a região Amazônica até o oceano Atlântico passando pela região Centro-Oeste e Sudeste do país; 5) campo de velocidade vertical ômega ascendente (valores negativos) em 500 hPa aparece em fase com o fluxo convergente em 850 hPa; 6) a Alta da Bolívia (AB) e o cavado do Nordeste, geralmente aparecem bem definidos nos casos de ZCAS; 7) a zona de convergência em baixos níveis e a presença de nebulosidade deve persistir por pelo menos 3 dias consecutivos.

Outra metodologia desenvolvida para identificar a ZCAS foi proposta por Ambrizzi e Ferraz (2015), onde os autores utilizaram um método objetivo baseado principalmente na precipitação, simulando o clima passado, presente e futuro. Essa variável pode ser obtida em

modelos de circulação geral, e sua utilização permite uma melhor quantificação dos eventos de ZCAS, principalmente em estudos climáticos.

Carvalho et al. (2002) estudaram a relação entre os extremos de precipitação sobre o estado de São Paulo e a ZCAS e encontraram que 65% dos casos analisados ocorreram durante eventos de ZCAS intensos e os 35% restantes ocorreram durante eventos menos intensos de ZCAS. Os autores demonstraram que a variabilidade espacial de precipitação na região de São Paulo depende da intensidade e da forma da ZCAS, fatores que estão associados a aspectos continentais e oceânicos e aspectos de escalas regionais e globais.

Em alguns eventos de ZCAS se observa a existência de sistemas de baixa pressão associados com o ramo oceânico da ZCAS. Analisando os campos de superfície para fazer uma classificação sinótica de ZCAS, do período de 1980 a 2000, Escobar e Costa (2005) encontraram 3 padrões sinóticos principais da Zona de Convergência do Atlântico Sul: 1) formação de uma onda frontal no oceano Atlântico, na altura do norte da Região Sul do Brasil e ao sul desse ciclone aparece configurado um anticiclone que permanece quase estacionário durante o início do evento; 2) passagem de uma frente fria com trajetória zonal que se acopla a uma outra frente fria que já estava atuando sobre o oceano Atlântico próximo ao Sudeste brasileiro; 3) avanço de uma frente fria clássica desde o sul do continente.

2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

2.1. Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo apresentar uma climatologia dos eventos de ZCAS ocorridos entre outubro 2006 a dezembro de 2017 e mostrar as características sinóticas típicas dos campos meteorológicos (umidade, vento, pressão, precipitação, entre outras) em todos os eventos de ZCAS ocorridos neste período e só nos eventos que causaram totais elevados de precipitação no Sul de Minas Gerais.

2.2. Objetivos Específicos

- Realizar um estudo de caso de um evento de ZCAS que causou inundação em Itajubá;
- Identificar os casos de ZCAS acoplados com sistemas de baixa pressão no oceano Atlântico Sul e identificar as fontes de umidade relacionadas aos ciclones.

2.3. Justificativa

A literatura sobre a ZCAS além de não muito extensa, é deficitária em estudos que mostrem, num único documento, a descrição das características sinóticas da ZCAS, bem como sobre a existência de sistemas de baixa pressão associados com o ramo oceânico da ZCAS. Portanto, o presente estudo vem suprir essas lacunas bem como fornecer subsídios que auxiliem nas práticas de previsão de tempo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Identificação da Zona de Convergência do Atlântico Sul

Para realizar a climatologia de eventos de ZCAS foram utilizados dados de outubro de 2006 até dezembro de 2017 fornecidos pelo Grupo de Previsão do Tempo (GPT-CPTEC-INPE). Esses casos foram selecionados de acordo com os critérios operacionais utilizados pelo GPT para a identificação diária desse sistema (SACRAMENTO NETO et al., 2010). Essas informações ainda não estão disponíveis ao público, pois fazem parte do projeto

“Caracterização da circulação atmosférica associada com episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e sua relação com eventos extremos de chuva na região Sudeste do Brasil” que está em andamento. Para a contagem do número de eventos de ZCAS seguiu-se o método proposto pelo Grupo de Previsão de Tempo (GPT) do CPTEC-INPE, que sugere a utilização do primeiro dia do aparecimento do sistema para a contagem. Por exemplo, se um evento possui 2 dias no final de janeiro e 4 dias no começo de fevereiro, mesmo que sua maior duração seja em fevereiro, o evento será pertencente a janeiro, pois contabiliza o primeiro dia de aparecimento e não sua duração.

3.2 Climatologia Sinótica

Quando são determinadas as médias de variáveis atmosféricas associadas a ocorrências de um determinado sistema atmosférico de escala sinótica, chama-se o estudo de climatologia sinótica. Essas médias também podem ser denominadas de composições.

No presente estudo foi realizada uma análise de composição para os casos de ocorrência de ZCAS considerando duas situações: (1) todos os eventos registrados de ZCAS no verão no período de 2006 a 2017 e (2) somente para os eventos que causaram chuva intensa no sul de Minas Gerais. Como a ZCAS pode ocorrer atuando entre São Paulo e sul de Minas Gerais ou em latitudes mais a norte, o objetivo dessa segunda análise foi para realçar as características das variáveis atmosféricas quando da atuação de ZCAS no sul de Minas Gerais.

Para a situação (2), foram escolhidos apenas os episódios de ZCAS que causaram totais elevados de precipitação registrados na cidade de Lavras-MG no período de 2006 a 2017. A escolha dessa estação meteorológica se deve pela consistência dos dados, longo período de observação e sua utilização em outros estudos como Reboita et al. (2015). Primeiramente calculou-se a média climatológica da precipitação no verão na estação de Lavras (713 mm). Posteriormente, identificou-se os eventos de ZCAS que estão associados aos eventos de precipitação, correspondendo a mais de 15% do total da estação no verão (107 mm), utilizando toda a duração de todos os eventos selecionados, desta maneira, estes eventos foram os utilizados na análise de composição.

Nas situações (1) e (2) também se calcularam as anomalias, que correspondem à composição dos casos de ZCAS menos a média climatológica do período de verão (dezembro a fevereiro).

As variáveis atmosféricas utilizadas no estudo da climatologia sinótica obtidas da reanálise ERA-Interim, oriundas de observações meteorológicas assimiladas pelo modelo

global do *European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF)*, com resolução espacial de $0,75^\circ$ de latitude por $0,75^\circ$ de longitude e resolução temporal de 6 horas (DEE et al., 2011). A tabela 1 descreve as variáveis utilizadas no estudo e quais níveis de pressão foram considerados para cada uma delas.

Tabela 1 – Variáveis atmosféricas da ERA-Interim utilizadas no estudo e os respectivos níveis de pressão utilizados. Também são apresentadas as variáveis secundárias (obtidas através de outras variáveis).

Variável (unidade)	Níveis de Pressão (hPa)			
	250	500	850	1000
Altura Geopotencial (m)	X	X		
Divergência (1/s)				
Variável Secundária	X			
Omega (Pa/s)		X		
Pressão (hPa)				X
Umidade Específica (kg/kg)			X	
Vento u, v (m/s)			X	X

Os dados de temperatura de brilho das nuvens são provenientes do satélite geoestacionário GOES-13 e foram fornecidos pelo Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA/CPTEC). Os dados de precipitação (mm/h) são provenientes do *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*, foram utilizados no estudo de caso para focar o Sul de Minas, uma vez que esses dados possuem resolução espacial de $0,25^\circ$ de latitude por $0,25^\circ$ de longitude e com resolução temporal de 3 horas (HUFFMAN et al, 2007). Já para a climatologia foram utilizados dados do *Global Precipitation Climatology Project (GPCP)*, com resolução espacial de 1° .

Serão apresentados os campos de:

- Pressão ao nível médio do mar e vetores do vento a 10 metros de altura, que mostram as regiões de alta e baixa pressão associadas ao escoamento de vento.
- Umidade específica e vetores de vento em 850 hPa, onde será possível observar as regiões de convergência do vento e indicação do transporte de umidade, para a formação da ZCAS.
- Velocidade vertical (ômega) e altura geopotencial em 500 hPa, para verificar as regiões de movimento ascendente e subsidente.

- Divergência de massa e linhas de corrente em 300 hPa para verificar as regiões de cavados em cristas em altos níveis e as regiões de divergência em altos níveis que dará suporte para convergência em baixos níveis.
- Divergência do fluxo de umidade integrado na vertical, utilizando nove níveis verticais desde 1000 hPa até 200 hPa, destacando o comportamento e o transporte de umidade em níveis da atmosfera, assim como sua divergência e convergência. Para o cálculo deste campo foi utilizado uma função do software GrADS denominada *VINT*, que executa uma integração na vertical em coordenadas de pressão.
- Precipitação e vetores de vento em 850 hPa, possibilitando observar a chuva associada à ZCAS.

3.3 Estudo de um caso de ZCAS

Foi realizado um estudo de caso da ZCAS para o evento ocorrido em janeiro 2017, que causou chuva intensa na região sudeste, que inclusive na cidade de Itajubá, MG, contribuiu para um evento de inundação (SILVA et al., 2018). Para a análise sinótica, foram elaborados os mesmos campos apresentados no item anterior adicionando mais dois campos:

- Temperatura de brilho e vetores de vento em 850 hPa, possibilitando observar as bandas de nebulosidade representando a ZCAS.
- Perfil vertical de umidade específica, destacando os níveis com maior presença de umidade.

3.4 Análise de ciclones associados à ZCAS

Em alguns eventos de ZCAS, seu ramo oceânico aparece associado com um ciclone no oceano Atlântico Sul (ESCOBAR e COSTA, 2005). Portanto, também constituiu objetivo do estudo selecionar os casos de ZCAS acoplados com sistemas de baixa pressão, a fim estudar as fontes de umidade desses sistemas e analisar características sinóticas da atmosfera na presença e sem a presença destes eventos. Para a análise, foram selecionados eventos de ocorrências de ciclones no oceano Atlântico, próximo a região Sudeste do Brasil, no período de 2006 a 2017. Para tanto, será apresentado as composições dos casos de ciclones, um dia antes do aparecimento e no primeiro dia de aparecimento do sistema, bem como sua

climatologia e anomalia. Os campos utilizados serão: umidade específica e vetores do vento no nível de 850 hPa, precipitação e vetores do vento no nível 850 hPa, divergência de massa e linhas de corrente em 300 hPa e a divergência do fluxo de umidade integrado na vertical. Este último, também abordado nos estudos de Soares e Marengo (2009), e Penna (2017).

As equações para esse cálculo são:

$$Qt = \frac{1}{g} \int_{pt}^{p_0} qV dp \quad (1)$$

A partir de 3.1, com a expressão: $\vec{V} = u\vec{i} + v\vec{j}$ é possível decompor a equação em suas componentes horizontais:

$$Qv = \frac{1}{g} \int_{pt}^{p_0} qv dp \quad (2)$$

$$Qu = \frac{1}{g} \int_{pt}^{p_0} qu dp \quad (3)$$

onde Qv representa o fluxo meridional de umidade [kg (m s)^{-1}]; Qu representa o fluxo zonal de umidade [kg (m s)^{-1}]; Qt representa o fluxo total de umidade [kg (m s)^{-1}]; g é a força gravitacional [m s^{-2}]; pt e p_0 são as pressões em 200 hPa e em superfície, respectivamente. Nas equações, q representa a umidade específica [kg kg^{-1}]; u e v são as componentes zonal e meridional do vento [m s^{-1}].

Já a divergência é obtida:

$$DIV = \frac{\partial Qu}{\partial x} + \frac{\partial Qv}{\partial y} \quad (4)$$

Para avaliar as fontes de umidade nos ciclones, foi utilizado o modelo Lagrangeano HYSPLIT na sua opção isobárica e *backward*, que possibilitou obter a trajetória das parcelas de ar até a latitude central dos ciclones. Este modelo é um sistema completo utilizado para computar trajetórias simples de parcelas de ar, além de realizar simulações de transporte de massas de ar, dispersão de poluentes, transformação química, deposição de partículas etc. Uma aplicação desse modelo é uma análise da trajetória posterior da parcela de ar para determinar a origem da massa de ar, estabelecendo uma relação entre fonte e receptor. (STEIN et al, 2015). A opção *backward* é aquela que identificado um ponto na atmosfera, o modelo analisa nos tempos passados o conteúdo de umidade que chega em tal ponto. Aqui investigou-se o transporte de umidade em 18 dias. O anexo I mostra como se obtêm as informações do HYSPLIT.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Climatologia da ZCAS

No período de 2006 a 2017, foram registrados 114 casos de ZCAS (Tabela 2), sendo dezembro o mês de maior ocorrência e abril o de menor frequência do sistema (Figura 2). Os eventos tiveram duração média de 5 dias e o com maior duração iniciou dia 23 de dezembro de 2013 e perdurou por 15 dias.

Tabela 2 – Número de ocorrências de ZCAS de outubro a abril entre 2006 e 2017

Meses	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total mensal
Outubro	1	1	1	2	2	2	-	1	1	1	1	-	13
Novembro	2	2	2	-	1	2	3	1	2	-	1	2	18
Dezembro	2	2	3	2	3	3	1	1	2	-	2	3	24
Janeiro	-	2	3	3	1	1	3	2	1	1	2	3	22
Fevereiro	-	1	2	1	-	2	1	2	2	3	1	2	17
Março	-	1	1	2	2	-	2	1	2	3	2	1	17
Abril	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	3
Total	5	9	12	11	9	11	10	8	10	9	9	11	114

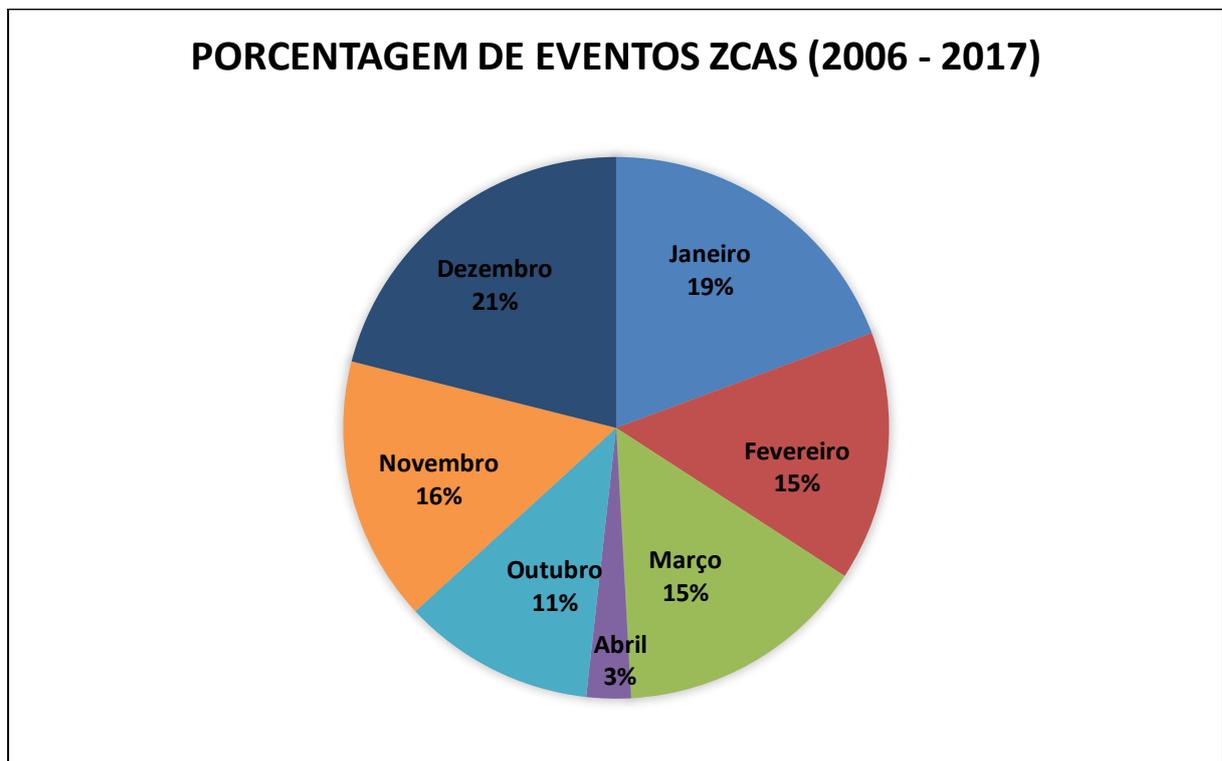


Figura 2 - Porcentagem de eventos de ZCAS de outubro a abril entre 2006 e 2017

4.2. Climatologia Sinótica

Para as situações (1) e (2) descritas na metodologia foram considerados 54 e 11 casos de ZCAS na estação de verão no período de 2006 a 2017, respectivamente. Os campos de pressão ao nível médio do mar e vento a 10 metros de altura (Figura 3) indicam uma anomalia negativa de pressão (Figura 3b) sobre a região de atuação da ZCAS que é mais acentuada nas composições dos eventos causadores de chuva intensa no sul de MG (Figura 3e). Essa diferença pode estar associada pelo fato de que nos casos totais de ZCAS considerou-se todos os eventos que se posicionaram em diferentes latitudes e diante disso pode ocorrer diferenças quando se compara com eventos que se posicionaram somente sobre o Sul de Minas Gerais. Concomitantemente, com as regiões de menor pressão atmosférica predomina maior quantidade de umidade atmosférica, por influência do JBN, indicado pelas linhas em vermelho (Figura 4), e do transporte de umidade do oceano para o continente através da ASAS. Nessas regiões a anomalia positiva de umidade específica e vento em 850 hPa (Figura 4b) retrata a maior quantidade de umidade em eventos de ZCAS quando comparadas a climatologia, resultado compatível com os de Herdies et al. (2002), que indicou que o transporte de umidade dos trópicos para os extratropicos da América do Sul ocorre mais eficientemente durante regimes de ZCAS do que durante regimes de não ZCAS. A convergência dos ventos neste nível contribui para a formação de uma banda de umidade na região onde o sistema atua. Ainda com relação aos campos de anomalia, apesar do campo de todos os casos de ZCAS (Figura 4b) evidenciar melhor a banda de umidade do que o campo dos maiores acumulados no sul de Minas Gerais (Figura 4e), ambos os casos apresentam um padrão de gangorra, mostrando que na ocorrência de ZCAS há anomalias positivas de umidade específica no Sudeste do Brasil e negativas no Sul, sendo esses padrões mais evidentes nos casos mais intensos de ZCAS, o que concorda com Nogués-Paegle e Mo (1997). Além disso, nota-se anomalias negativas no litoral do Nordeste.

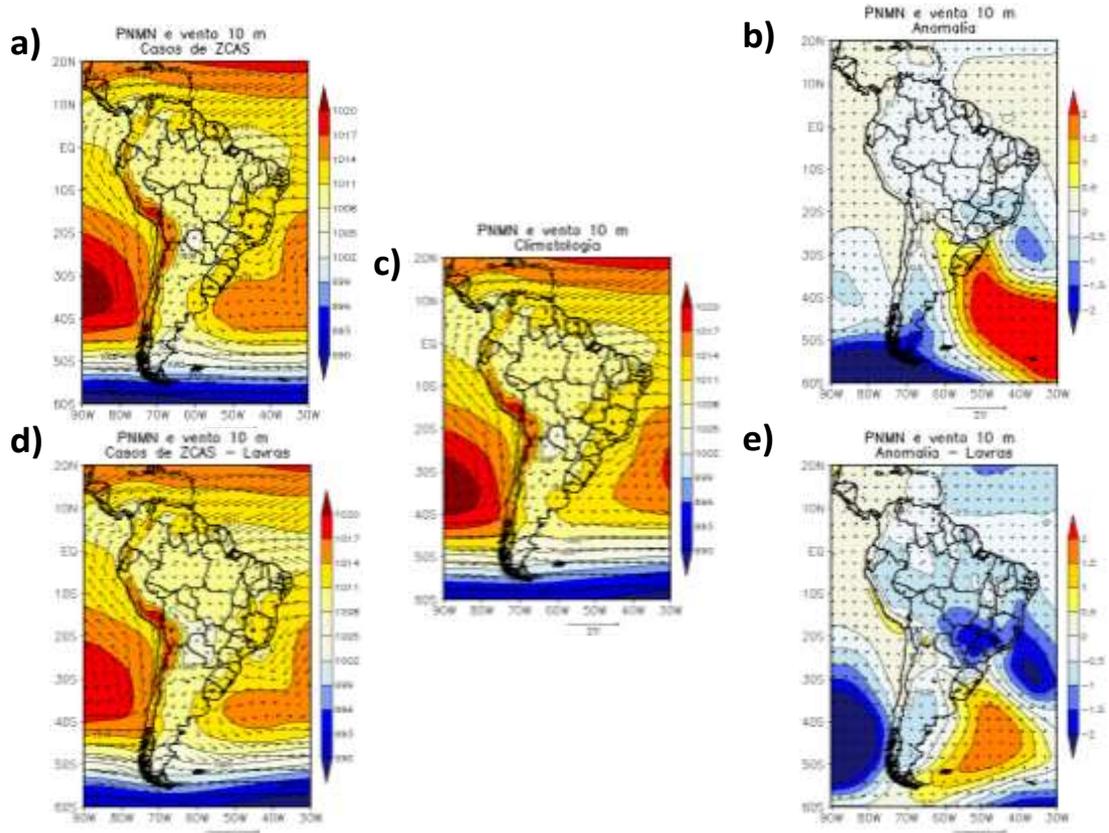


Figura 3 - Campos de pressão ao nível médio do mar (hPa) e vetores do vento em 10 metros de altura (m s^{-1}): (a) composição dos dias de ocorrência de ZCAS no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (b) e (e) diferença entre a composição dos casos de ZCAS e a média climatológica (anomalia) no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (c) média climatológica de 2006 a 2017 no período de dezembro a fevereiro (d) composição dos eventos mais intensos de ZCAS no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017 na cidade de Lavras;

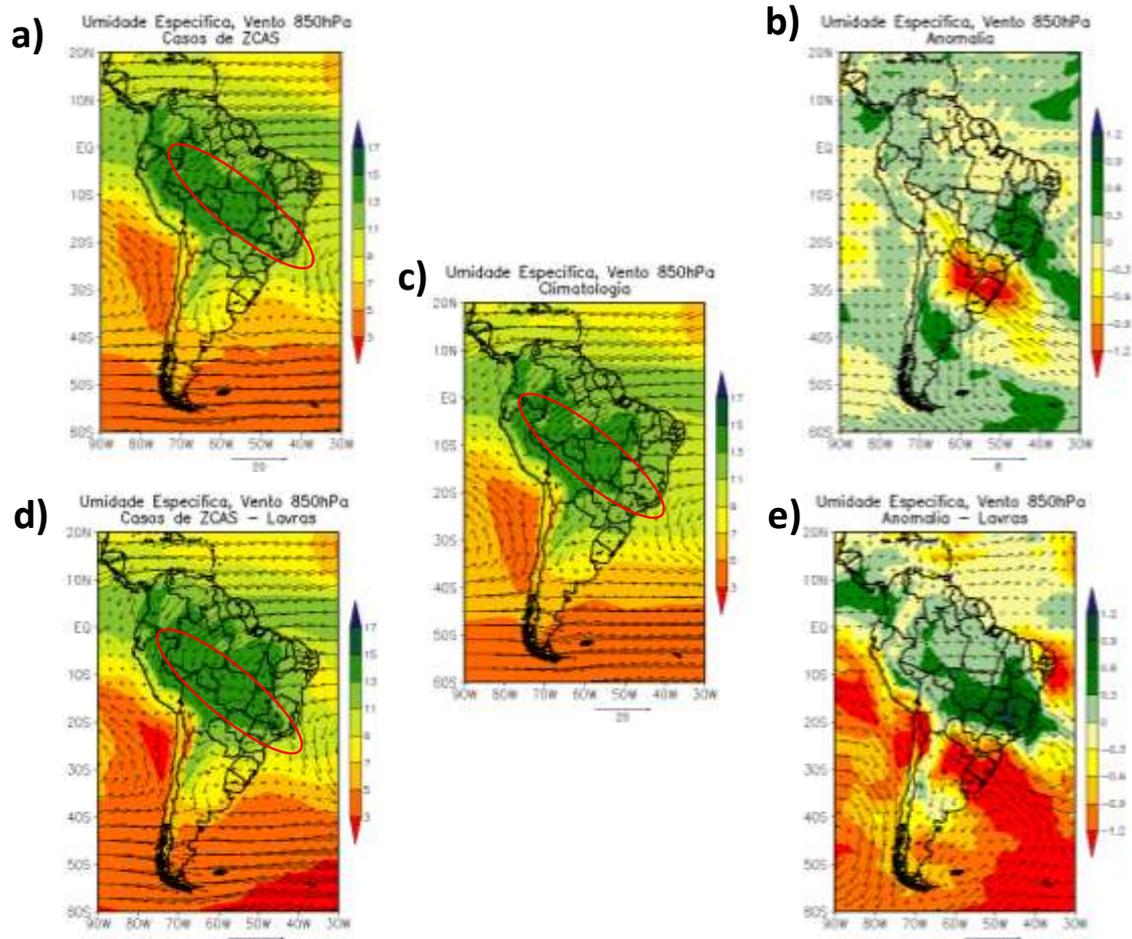


Figura 4 - Campo de umidade específica (g kg^{-1}) e vetores do vento (m s^{-1}) no nível de 850 hPa: (a) composição dos dias de ocorrência de ZCAS no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (b) e (e) diferença entre a composição dos casos de ZCAS e a média climatológica (anomalia) no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (c) média climatológica de 2006 a 2017 no período de dezembro a fevereiro (d) composição dos eventos mais intensos de ZCAS no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017 na cidade de Lavras;

Os campos de ômega e a altura geopotencial no nível de 500 hPa (Figura 5) evidenciam movimentos ascendentes na região do sistema (valores negativos de ômega) e a presença de um cavado orientado na direção noroeste-sudeste, do sudeste do Brasil ao oceano Atlântico. Nas anomalias dos casos de ZCAS considerando os eventos no sul de MG (Figura 5e) observa-se regiões com movimentos ascendentes mais intensos. Outros sistemas presentes em eventos de ZCAS como Alta da Bolívia não é notado, uma vez que ocorre em níveis mais altos da atmosfera, como em 300 hPa (Figura 6a). Neste nível, além da Alta da Bolívia, que aparece centrada em torno de 15°S , há um cavado no sul/sudeste do Brasil e outro entre o nordeste do país e o oceano Atlântico, e entre esses dois cavados, aparece uma crista. Na

ocorrência de ZCAS, os sistemas citados aparecem em diferentes localidades quando comparados a climatologia. A leste dos cavados, observa-se valores elevados de divergência, bem como no escoamento que migra da Alta da Bolívia para formar o cavado do nordeste do Brasil. Valores de divergência em altos níveis dão suporte para convergência em baixos níveis, que por sua vez auxilia os movimentos ascendentes e a formação de nebulosidade.

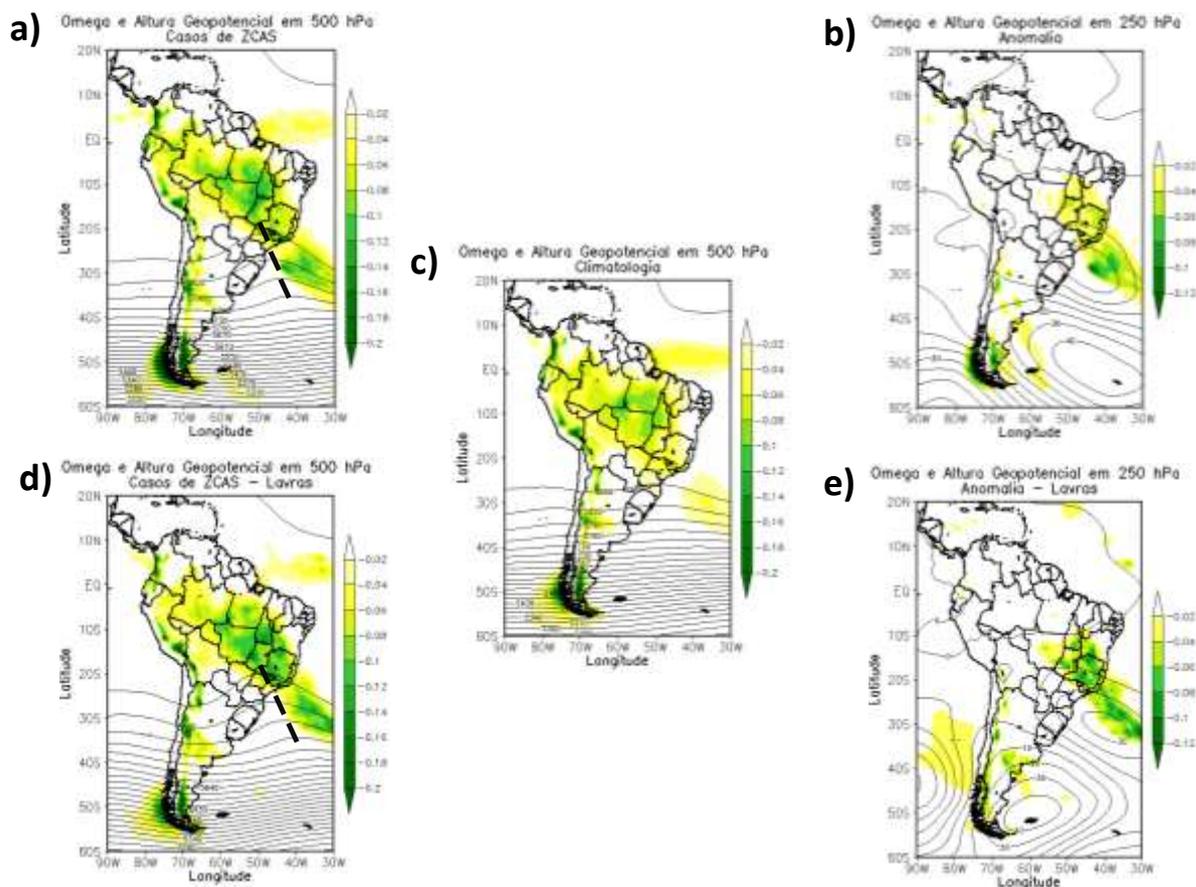


Figura 5 - Campo de ω (Pa s^{-1}) e altura geopotencial (gpm) no nível de 500 hPa: (a) composição dos dias de ocorrência de ZCAS no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (b) e (e) diferença entre a composição dos casos de ZCAS e a média climatológica (anomalia) no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (c) média climatológica de 2006 a 2017 no período de dezembro a fevereiro (d) composição dos eventos mais intensos de ZCAS no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017 na cidade de Lavras;

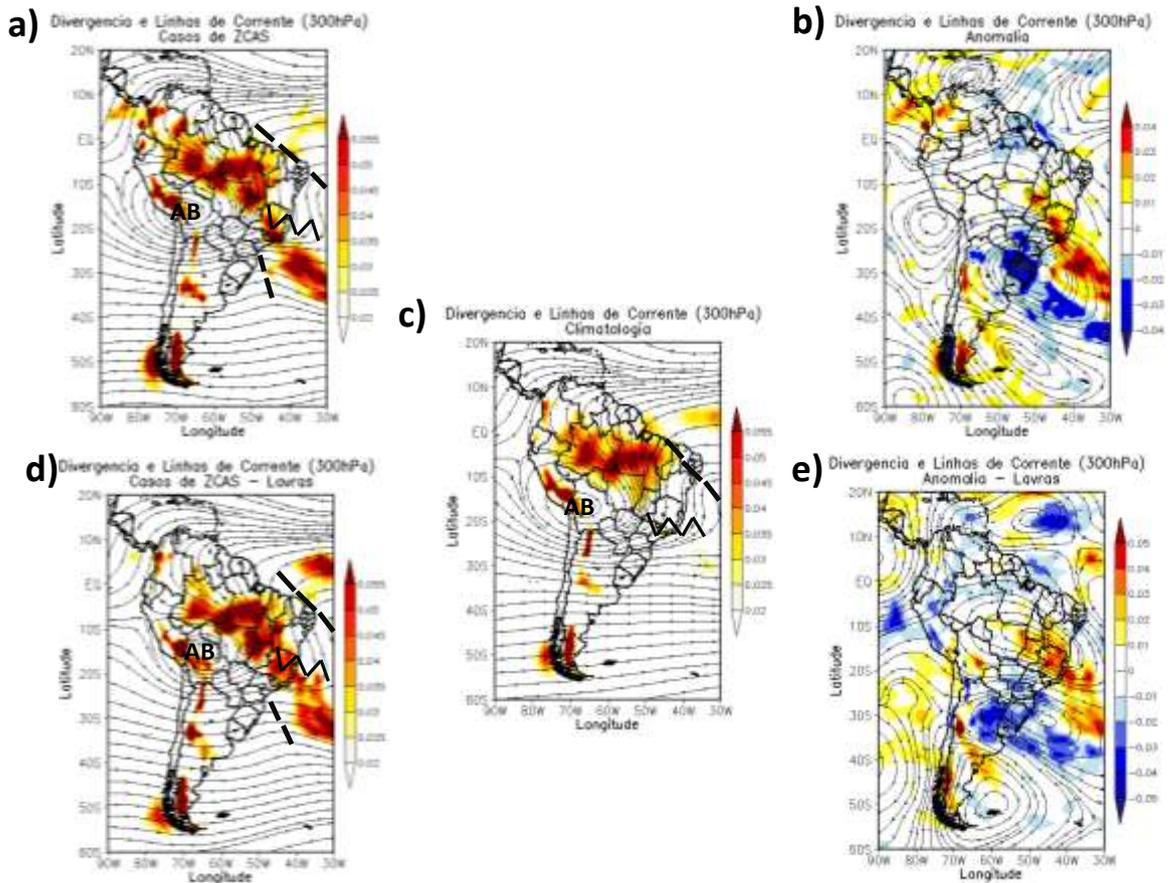


Figura 6 - Campo de Divergência de massa (1 s^{-1}) e linhas de corrente (m s^{-1}) no nível de 300 hPa: (a) composição dos dias de ocorrência de ZCAS no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (b) e (e) diferença entre a composição dos casos de ZCAS e a média climatológica (anomalia) no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (c) média climatológica de 2006 a 2017 no período de dezembro a fevereiro (d) composição dos eventos mais intensos de ZCAS no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017 na cidade de Lavras;

Considerando os campos de divergência do fluxo de umidade integrado na vertical (Figura 7) verifica-se que existe uma região com convergência de umidade mais intensa que se estende do sul da Amazônia, passa pelo sudeste do Brasil e se estende até o oceano Atlântico que corresponde a região da ZCAS. Essa região, nos campos de anomalia (Figura 7b e 7e) destacam uma anomalia negativa, o que evidencia que a presença de umidade integrada na vertical é maior nos casos de ZCAS quando comparadas à climatologia em destaque.

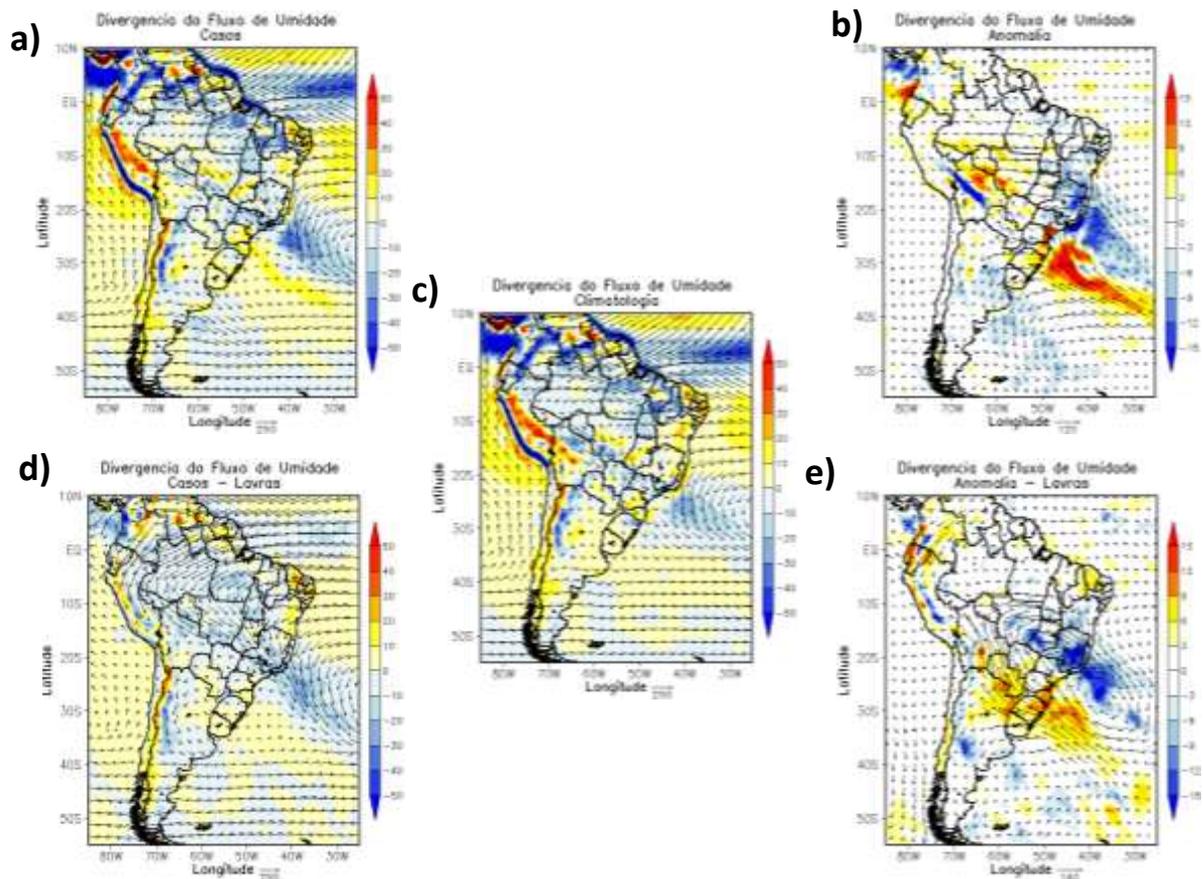


Figura 7 - Campo de divergência do fluxo de umidade integrado na vertical ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$): (a) composição dos dias de ocorrência de ZCAS no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (b) e (e) diferença entre a composição dos casos de ZCAS e a média climatológica (anomalia) no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (c) média climatológica de 2006 a 2017 no período de dezembro a fevereiro (d) composição dos eventos mais intensos de ZCAS no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017 na cidade de Lavras;

A precipitação diária e os vetores de vento em 850 hPa (Figura 8) indica uma anomalia positiva de precipitação na região sudeste do Brasil e sudoeste do Oceano Atlântico Sul. Essa anomalia se dá em decorrência da precipitação associada a eventos de ZCAS, uma vez que essa banda de precipitação tem maior destaque nos casos de ZCAS, com valores de 15mm dia^{-1} em algumas regiões considerando todos os casos de ZCAS (Figura 8a) e valores de até 20mm dia^{-1} , considerando os casos mais intensos de ZCAS obtidos através da estação meteorológicas de Lavras (Figura 8d), quando comparada a climatologia (Figura 8c), onde a maior parte da precipitação é restrita à região Amazônica. Com relação ao campo de anomalia destaca-se novamente o padrão gangorra destacado por Nogués Paegle e Mo, (1997), onde é possível observar maiores valores de precipitação sobre a região Sudeste do Brasil e menores ao Sul.

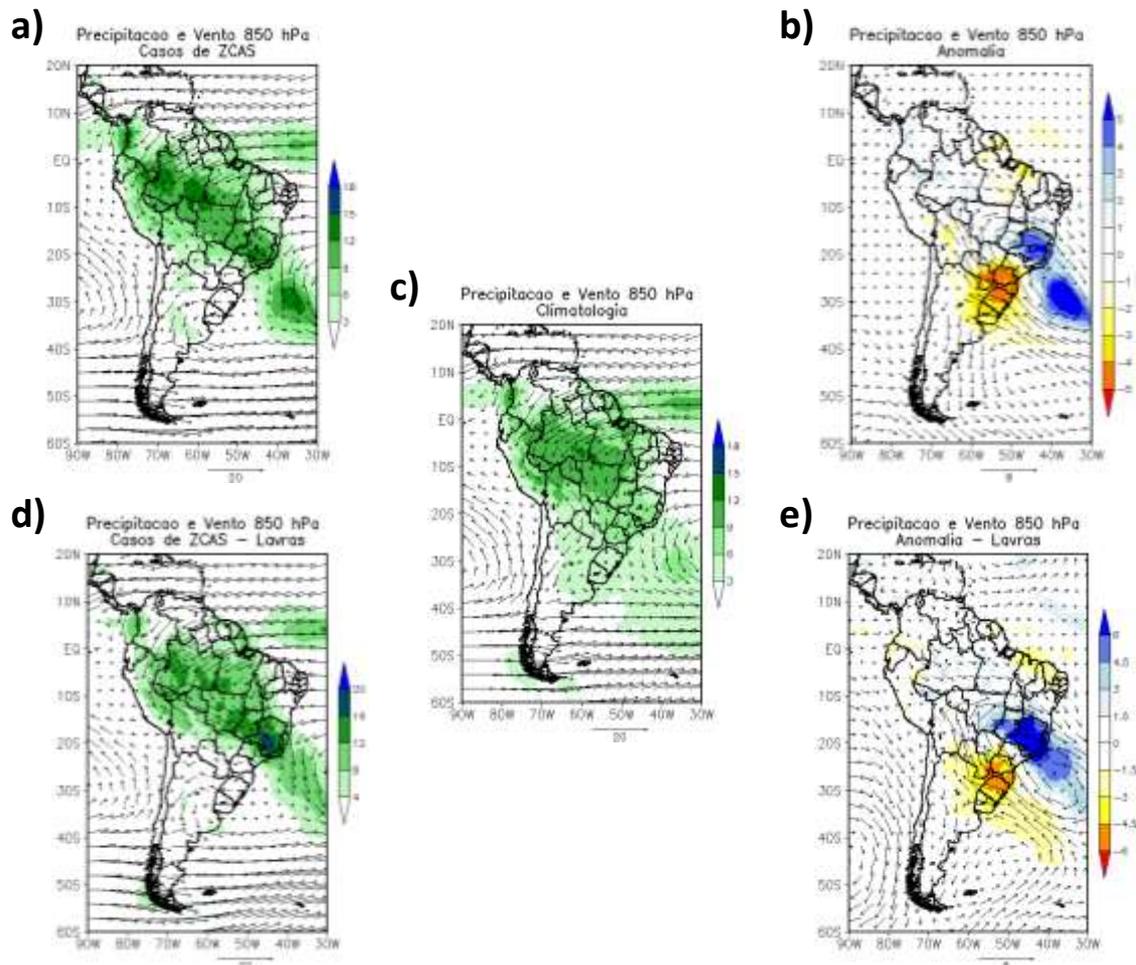


Figura 8 - Campo de Precipitação (mm dia^{-1}) e vetores do vento (m s^{-1}) no nível de 850 hPa: (a) composição dos dias de ocorrência de ZCAS no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (b) e (e) diferença entre a composição dos casos de ZCAS e a média climatológica (anomalia) no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (c) média climatológica de 2006 a 2017 no período de dezembro a fevereiro (d) composição dos eventos mais intensos de ZCAS no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017 na cidade de Lavras;

4.3. Estudo de um caso de ZCAS

O caso escolhido ocorreu entre os dias 18 e 23 de janeiro de 2017 e foi responsável por episódios intensos de precipitação na região sudeste do país, causando transbordamentos dos rios em algumas regiões como no município de Itajubá - MG. No dia 19 de janeiro de 2017 o sistema foi registrado como Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) e, somente, no dia 20 que se configurou como ZCAS, permanecendo até o dia 23 de janeiro, conforme as análises do CPTEC (Figura 9).

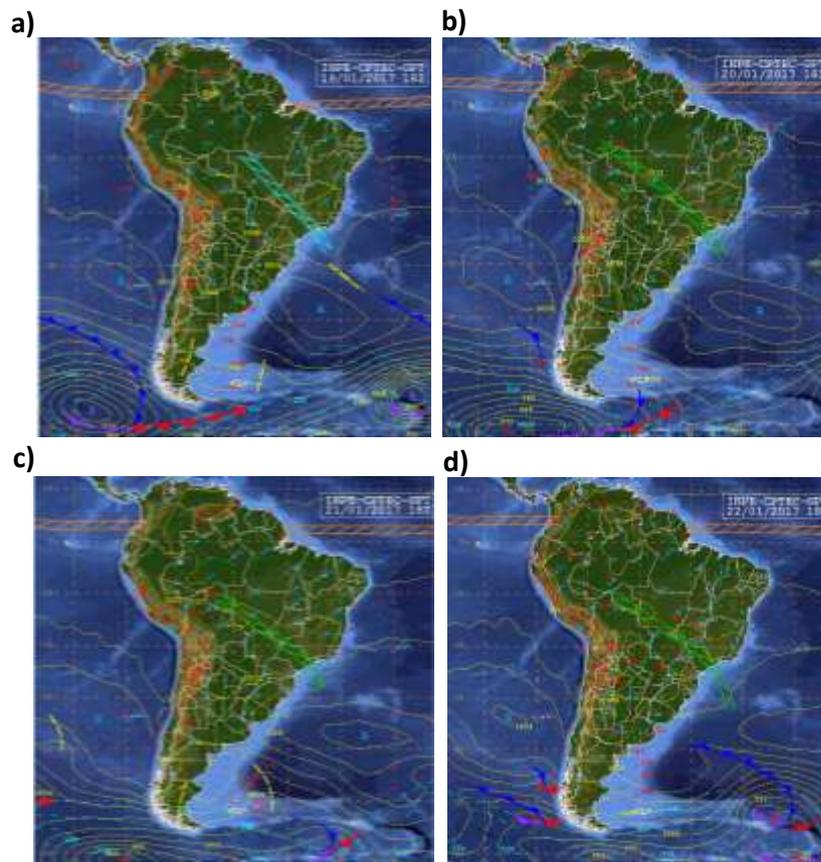


Figura 9 - Cartas sinóticas de superfície dos dias 19, 20 21 e 22 de janeiro de 2017. Fonte: CPTEC/INPE

A pressão a nível médio do mar e os vetores de vento a 10 metros da superfície (Figura 10) para os quatro dias indicados, observa-se ventos fracos sobre o norte do Brasil e os ventos do ASAS adentrando o sudeste. Além disso, sobre o oceano há um sinal de frente fria no dia 19, através da convergência dos ventos; já nos demais dias essa enfraquece de forma que a alta pós-frontal se une com o ASAS, mas no litoral sudeste há predomínio de um cavado invertido na pressão atmosférica, indicando uma região de menor pressão. No caso em estudo, o JBN não é bem configurado (Figura 11) até o sudeste do Brasil. É mais evidente entre a região norte e centro-oeste. Os ventos do ASAS parecem contribuir mais para o transporte de umidade. Essa característica é confirmada através do campo da convergência do fluxo de umidade em 850 hPa (Figura 11). Ainda na Figura 11 observa-se o predomínio de maiores valores de umidade específica da região norte ao sudeste do Brasil.

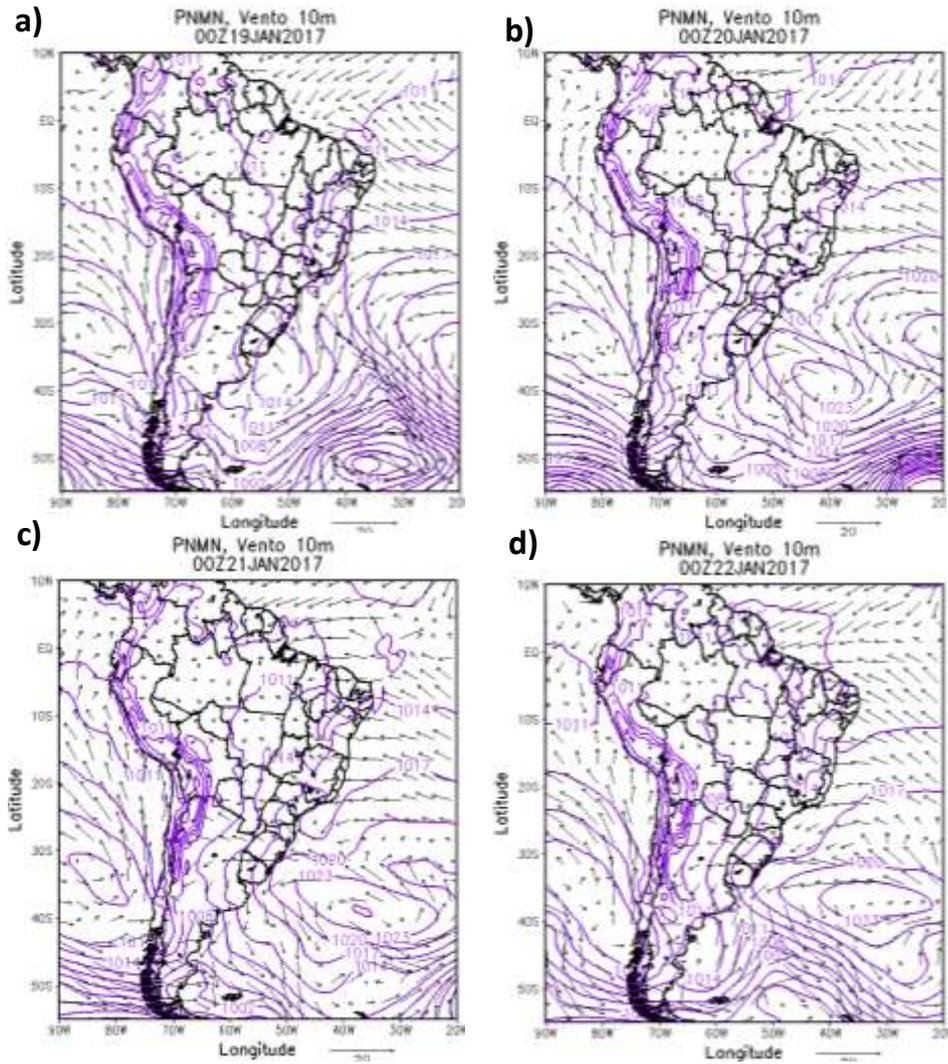


Figura 10 - Vetor do vento em 10 metros de altura (m s^{-1}) e Pressão a nível médio do mar (hPa) para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017 - Dados obtidos a cada 6h.

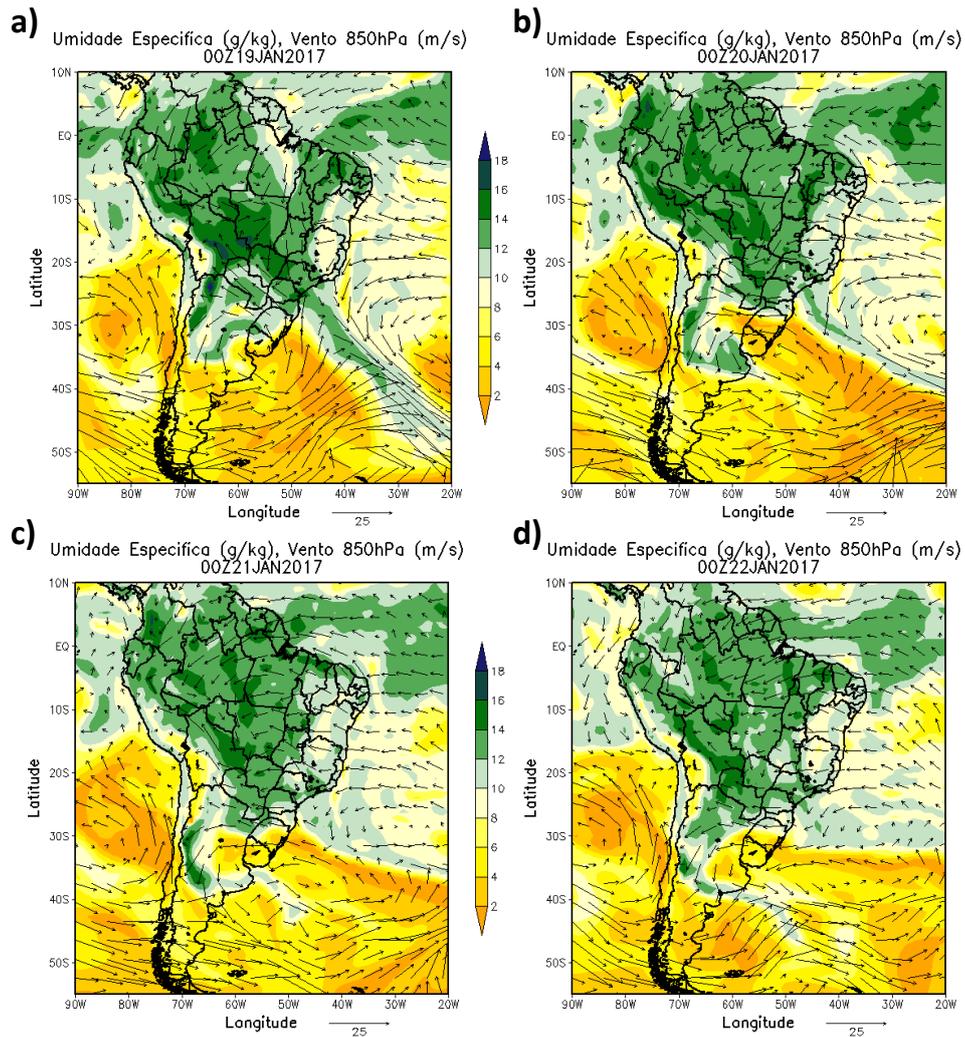


Figura 11 - Umidade específica (g kg^{-1}) e vetores do vento (m s^{-1}) no nível de 850 hPa para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017. - Dados obtidos a cada 6h.

Na Figura 12 são apresentados o ômega e a altura geopotencial no nível de 500 hPa. Os valores negativos de ômega indicam movimentos ascendentes na região da ZCAS. Já a altura geopotencial em 500 hPa mostra o cavado característico sobre o sul/sudeste do Brasil que é uma característica que evidencia a presença de eventos de ZCAS. Em 500 hPa ainda não se nota o anticiclone nas cercanias da Bolívia. Esse aparece em 300 hPa (Figura 13). Além disso, nesse nível é evidente o cavado no sul/sudeste do Brasil e a norte desse a crista. A Alta da Bolívia aparece deslocada para oeste em relação a sua posição climatológica o que acaba não contribuindo para a formação clara do cavado nas cercanias do nordeste do Brasil. Na Figura 13 também há setores sobre o continente, na região da ZCAS, com valores elevados de divergência que dão suporte para a convergência em baixos níveis.

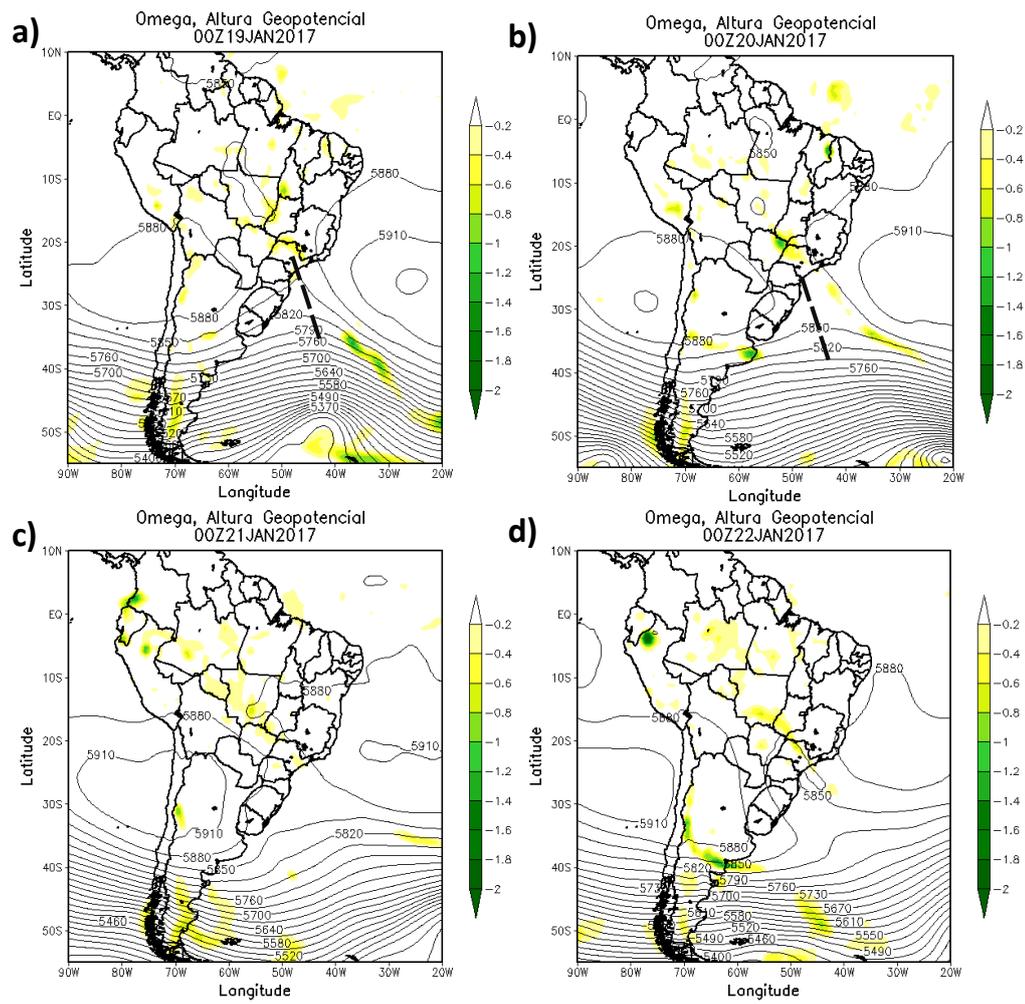


Figura 12 - Velocidade vertical ($\hat{\Omega}$) (Pa s^{-1}) e altura geopotencial (gpm) no nível de 500 hPa para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017 - Dados obtidos a cada 6h.

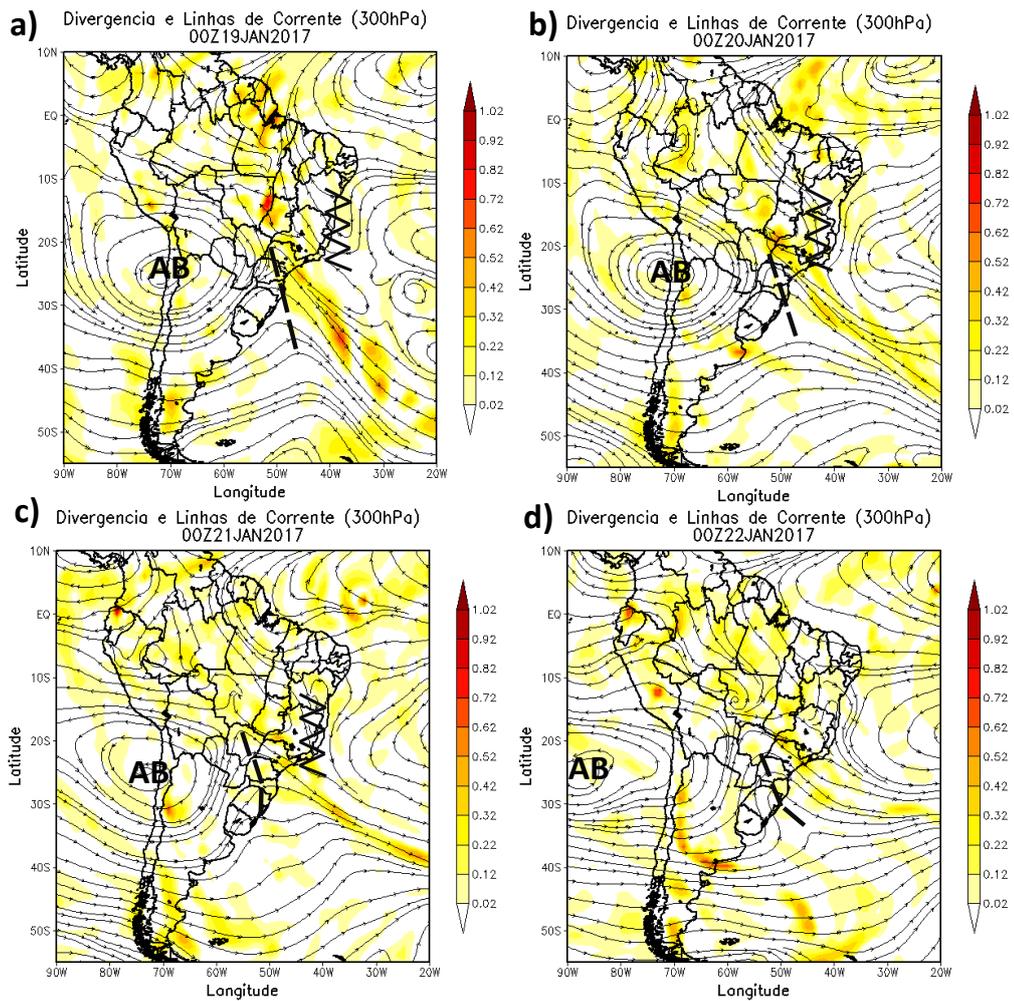


Figura 13 - Divergência de massa (1 s^{-1}) e linhas de corrente (m s^{-1}) no nível de 300 hPa para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017 - Dados obtidos a cada 6h.

A temperatura de brilho do topo das nuvens e a precipitação associada, ambas bem como os vetores de vento em 850 hPa (Figura 14 e 15, respectivamente), indicam temperaturas altamente negativas, as quais caracterizam nuvens com grande desenvolvimento vertical e, conseqüentemente, com topos frios. Logo, essa característica contribui para a precipitação como mostrado na Figura 15, com valores próximos a 50 mm/dia, causando prejuízos consideráveis na região, principalmente no Sul de Minas Gerais.

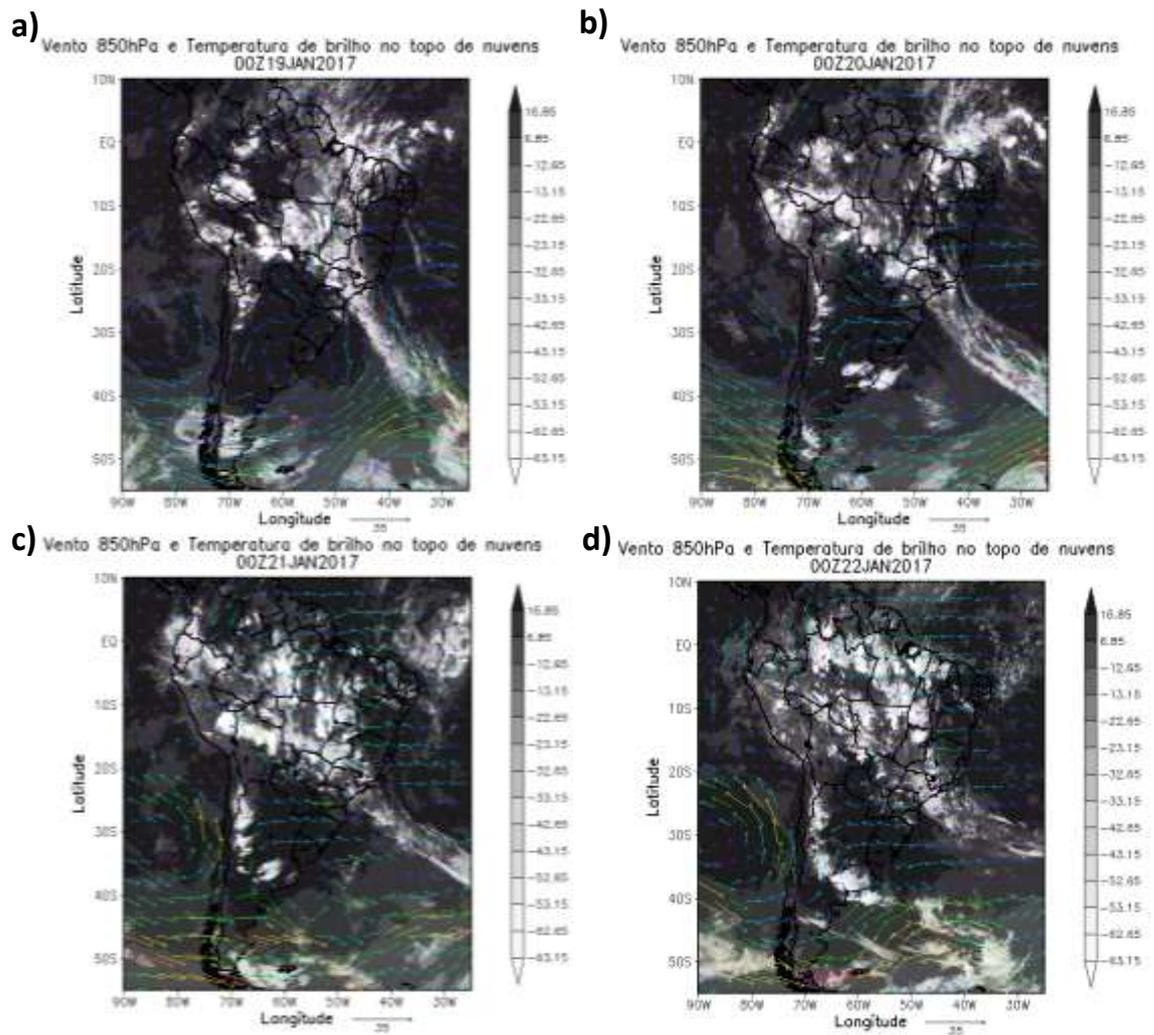


Figura 14 - Temperatura de brilho no topo das nuvens ($^{\circ}\text{C}$) e vetores de vento (m/s) no nível de 850 hPa para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017. - Dados obtidos a cada 24h.

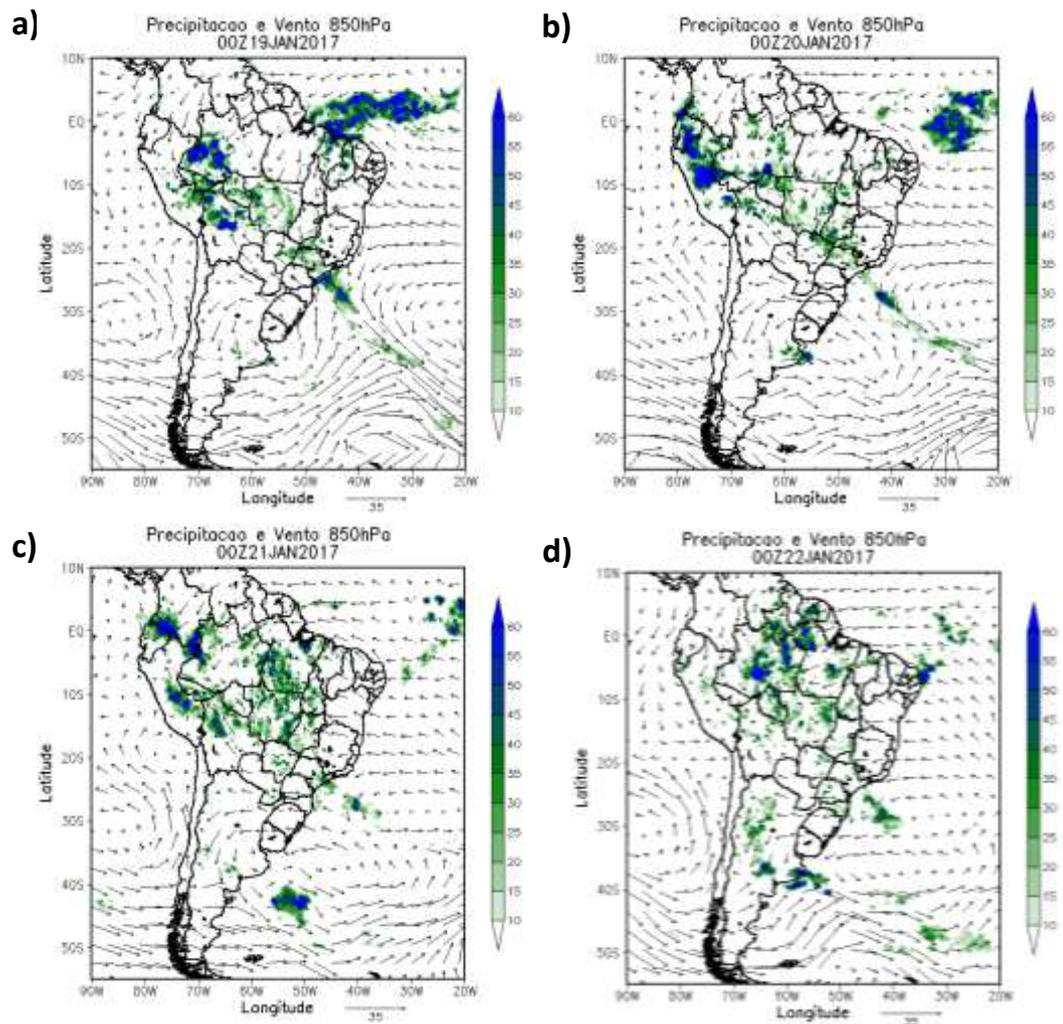


Figura 15 - Precipitação (mm) e vetores de vento (m s^{-1}) no nível de 850 hPa para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017 - Dados obtidos a cada 6h.

A região onde foi realizado o perfil vertical de umidade específica é representado na Figura 11 pela linha em vermelho, se estendendo sobre a região de atuação da ZCAS. O perfil vertical de umidade específica (Figura 17), representa os maiores valores de umidade específica em baixos níveis da atmosfera (1000 – 700hPa) atingindo até os médios níveis, evidenciando assim a convergência de umidade (Figura 11) na região. A presença de movimentos ascendentes (Figura 12) associado com a presença de umidade em baixos níveis permite evidenciar a existência de um transporte de umidade de baixos níveis para os altos níveis da atmosfera.



Figura 16 - Região de realização do perfil vertical de umidade.

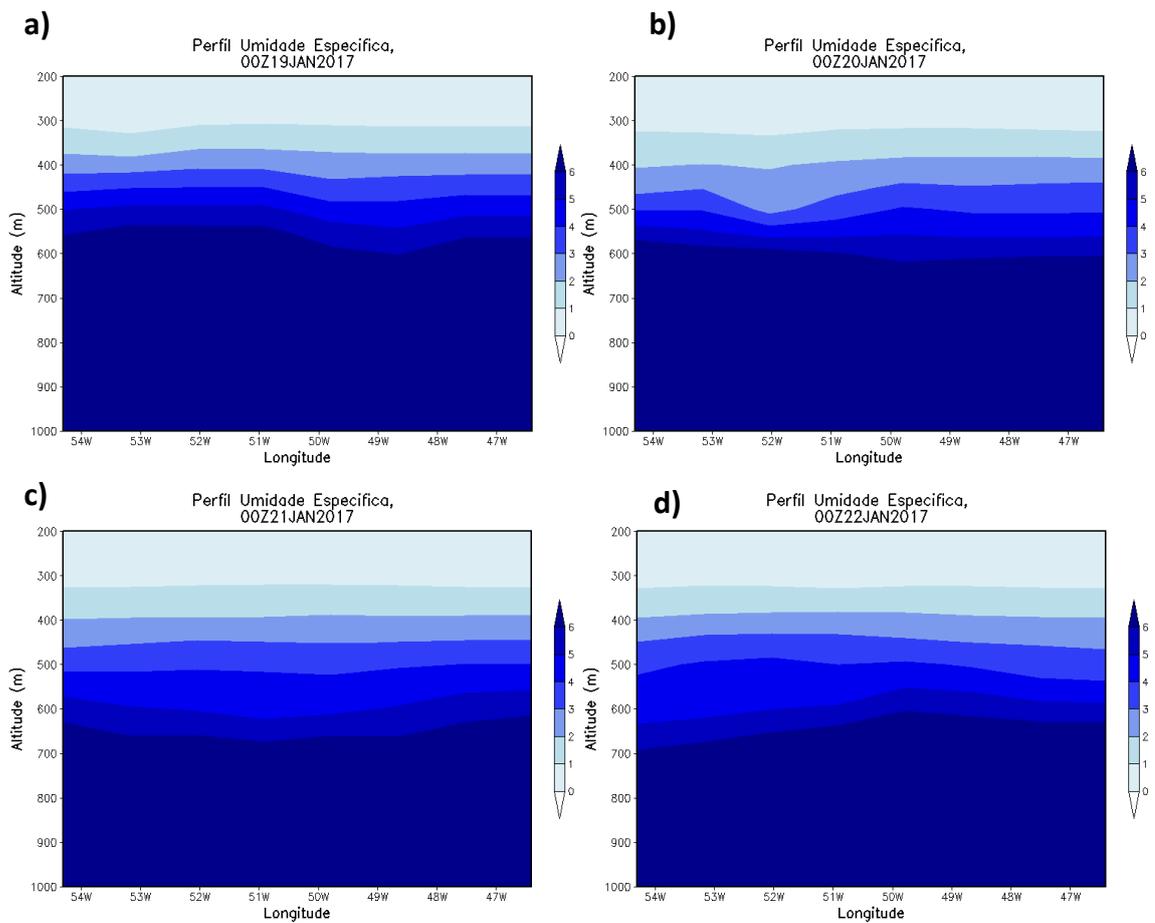


Figura 17 - Perfil vertical de umidade específica (g/kg) para os dias 19, 20, 21 e 22 de janeiro de 2017 - Dados obtidos a cada 6h.

4.4 Análise de ciclones associados à ZCAS

Foram selecionados 18 casos de ciclones que estiveram associados a ZCAS no período de 2006 a 2017. Através do modelo Lagrangeano HYSPLIT foi possível determinar as trajetórias das parcelas de ar em direção a latitude central dos ciclones (Figura 18, 19, 20). A umidade presente na região dos ciclones se deve tanto ao transporte advindo do interior do continente, na região da ZCAS (Figura 18a, 18d, 19a), como também pelo transporte proveniente do oceano Atlântico, o qual está associado aos ventos localizados na borda do ASAS (Figura 18c, 18e, 19e), ou ambos os transportes (Figura 19f, 20f)

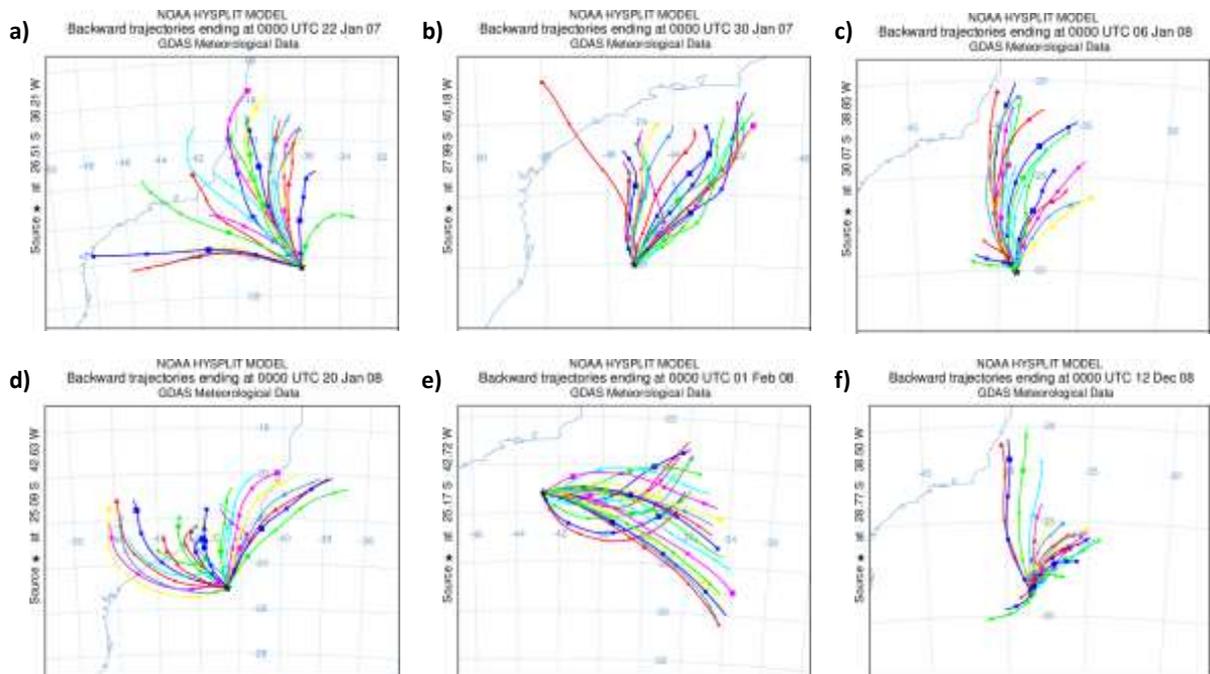


Figura 18 - Trajetória das parcelas de ar em direção às latitudes centrais dos ciclones no oceano Atlântico Sul, propostas pelo modelo HYSPLIT.

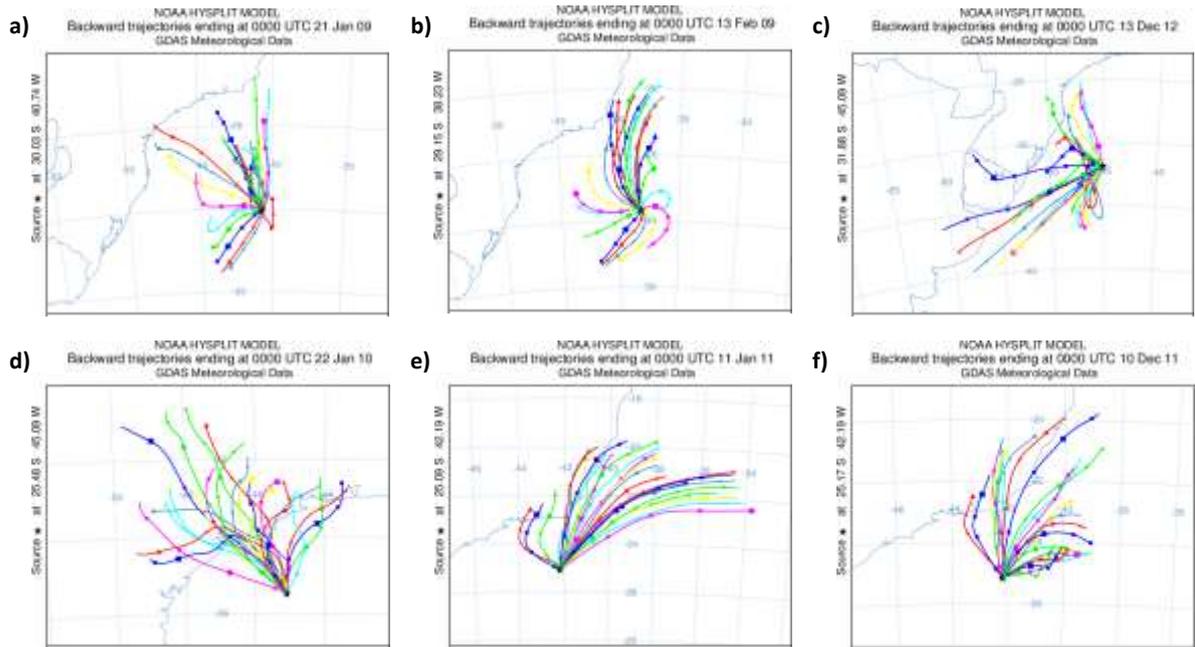


Figura 19 - Trajetória das parcelas de ar em direção às latitudes centrais dos ciclones no oceano Atlântico Sul, propostas pelo modelo HYSPLIT.

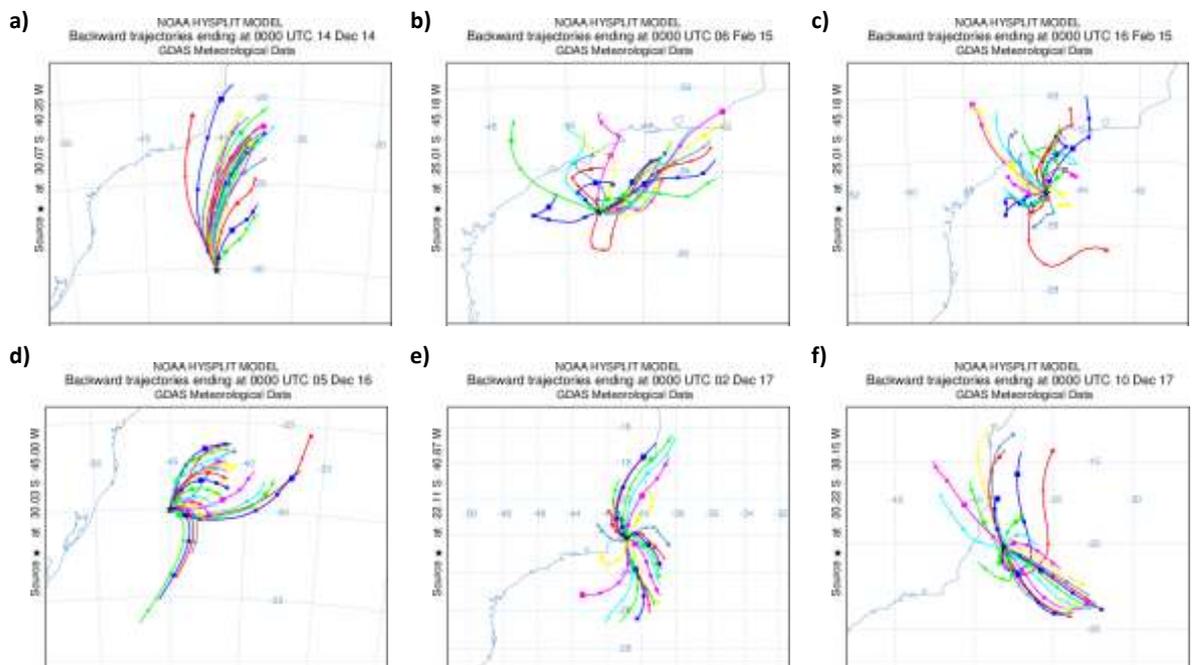


Figura 20 - Trajetória das parcelas de ar em direção às latitudes centrais dos ciclones no oceano Atlântico Sul, propostas pelo modelo HYSPLIT.

As composições nos campos de divergência e linhas de corrente no nível de 300 hPa (Figura 21) indicam valores elevados de divergência na região de ocorrência dos ciclones estudados, o que dá suporte para a convergência em baixos níveis. Estes valores elevados são melhores evidenciados nas figuras que destacam o primeiro dia de aparecimento do ciclone (Figura 21d, 21e) se comparados ao dia anterior ao aparecimento (Figura 21a, 21b). Considerando o campo de divergência do fluxo de umidade integrado na vertical (Figura 22), verifica-se uma região de convergência de umidade mais intensa na região onde os ciclones atuaram. As anomalias são semelhantes tanto para as representações do dia anterior quanto ao primeiro dia de aparecimento do ciclone (Figura 22b, 22e), com valores negativos que se estendem na região demarcada pelas linhas em preto. Esses valores negativos, evidenciam a presença de maior umidade integrada na vertical nessas regiões.

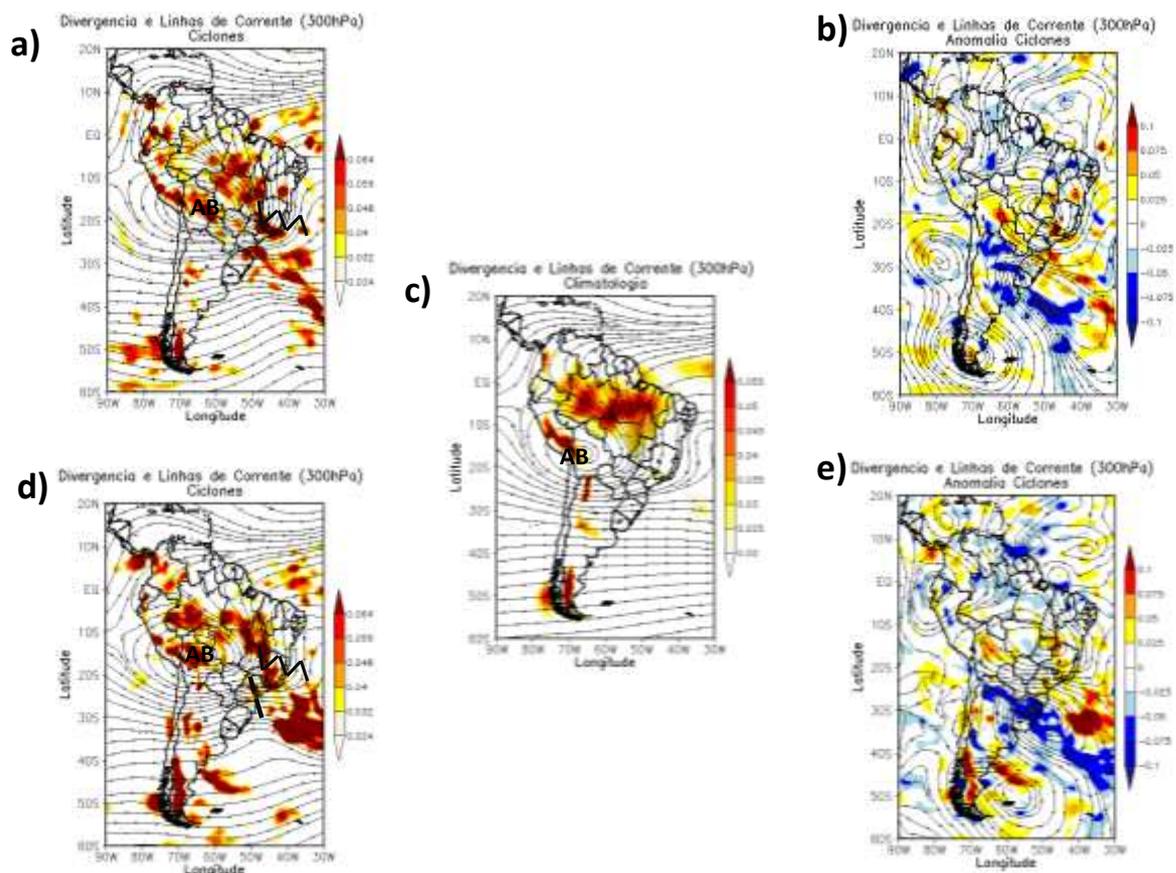


Figura 21 – Campo de divergência de massa (1 s^{-1}) e linhas de corrente (m s^{-1}) no nível de 300 hPa: (a) composição dos eventos de ciclones, um dia antes do aparecimento, no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (b) e (e) diferença entre a composição dos casos de ciclones e a média climatológica (anomalia) no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (c) média climatológica de 2006 a 2017 no período de dezembro a fevereiro (d) composição dos eventos de ciclones, no primeiro dia de aparecimento, no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017.

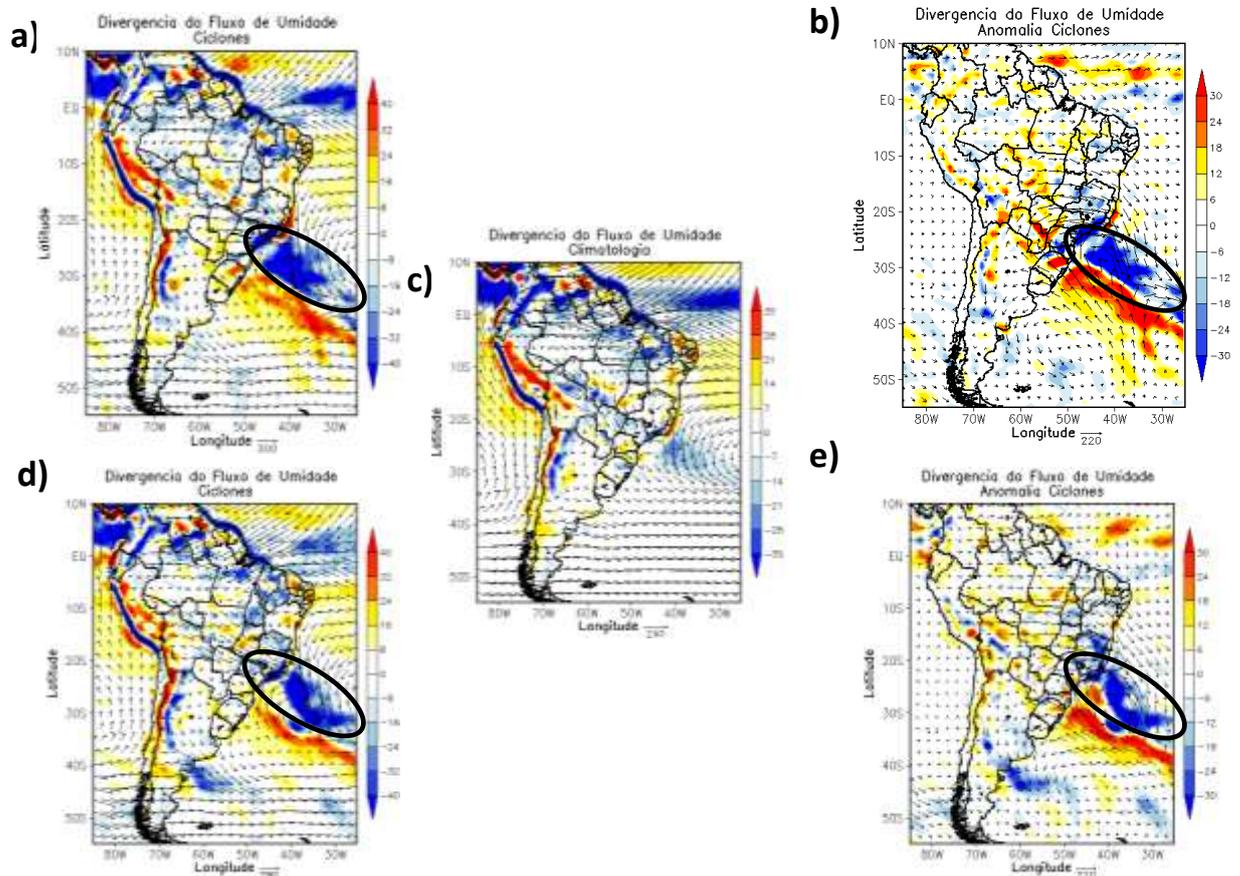


Figura 22 - Campo de divergência do fluxo de umidade integrado na vertical ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$): (a) composição dos eventos de ciclones, um dia antes do aparecimento, no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (b) e (e) diferença entre a composição dos casos de ciclones e a média climatológica (anomalia) no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (c) média climatológica de 2006 a 2017 no período de dezembro a fevereiro (d) composição dos eventos de ciclones, no primeiro dia de aparecimento, no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017.

O transporte de umidade advindo do oceano através do ASAS e o transporte advindo da região Amazônica através dos JBN são destacas quando se observa a umidade e os vetores de vento no nível de 850 hPa (Figura 23). Valores elevados de umidade nesse nível são melhores evidenciados quando se observa o dia de aparecimento do ciclone (Figura 23d), e ao observar as anomalias, observa-se que nas regiões próximas ao sudeste do Brasil, onde foram estudados os ciclones, tem-se anomalias positivas de umidade específica, o que de fato, associado aos ventos em baixos níveis contribuem para a formação de precipitação (Figura 24), onde os maiores acumulados são observados nos dias de ocorrência de ciclones com anomalias positivas de aproximadamente 6 mm dia^{-1} (Figura 24e).

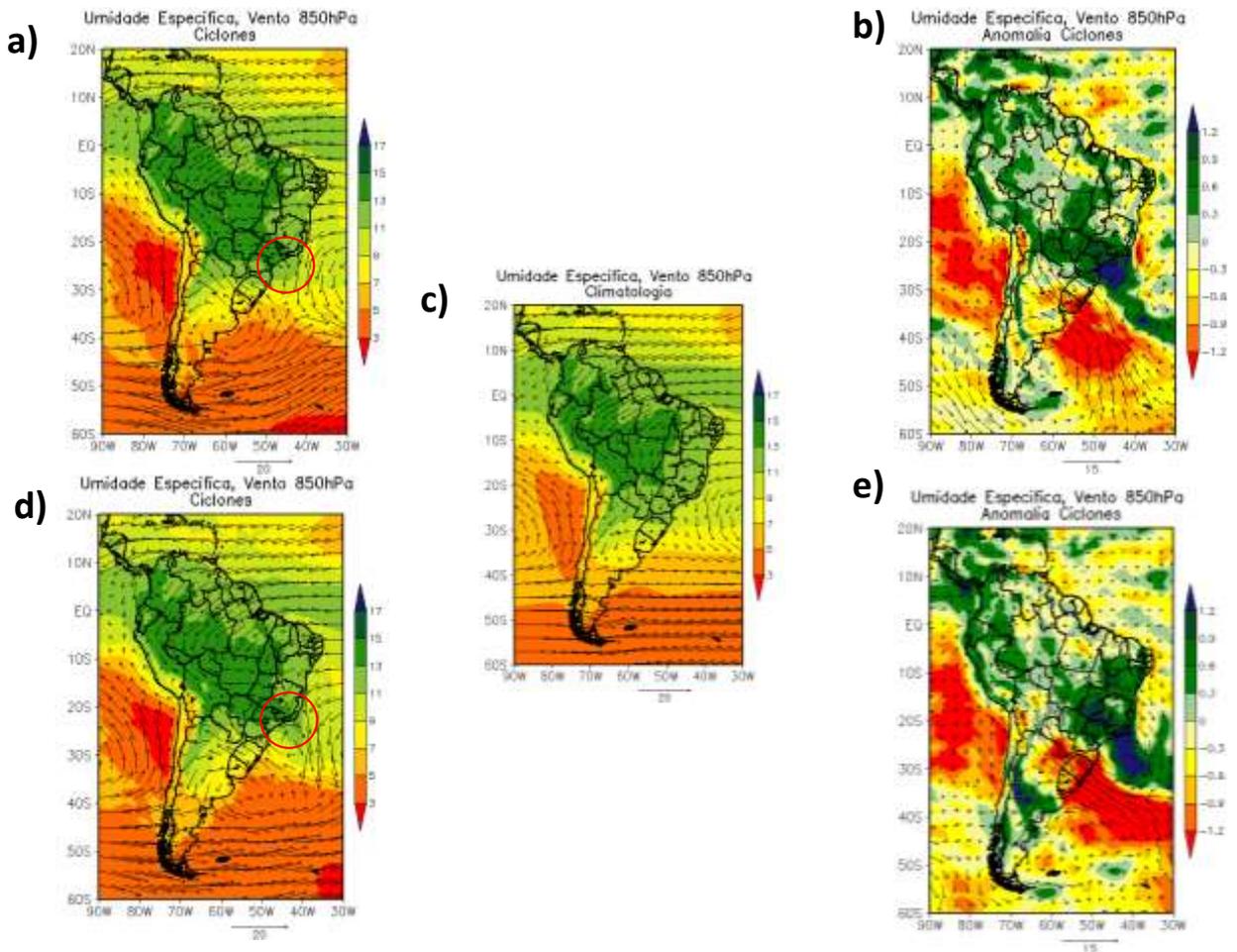


Figura 23 - Campo de umidade específica (g kg^{-1}) e vetores do vento (m s^{-1}) no nível de 850 hPa: (a) composição dos eventos de ciclones, um dia antes do aparecimento, no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (b) e (e) diferença entre a composição dos casos de ciclones e a média climatológica (anomalia) no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (c) média climatológica de 2006 a 2017 no período de dezembro a fevereiro (d) composição dos eventos de ciclones, no primeiro dia de aparecimento, no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017.

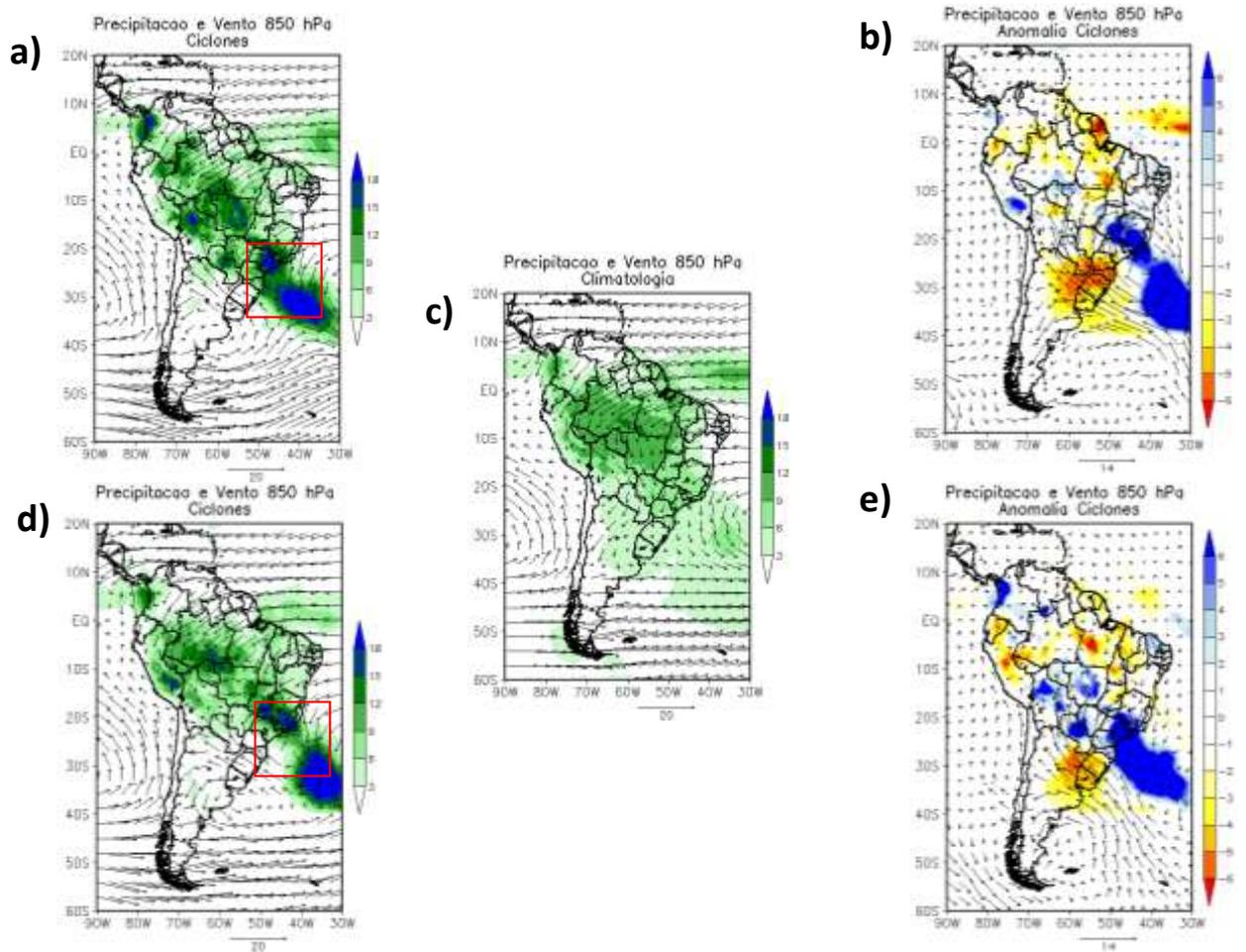


Figura 24 - Campo de Precipitação (mm dia^{-1}) e vetores do vento (m s^{-1}) no nível de 850 hPa: (a) composição dos eventos de ciclones, um dia antes do aparecimento, no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (b) e (e) diferença entre a composição dos casos de ciclones e a média climatológica (anomalia) no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017; (c) média climatológica de 2006 a 2017 no período de dezembro a fevereiro (d) composição dos eventos de ciclones, no primeiro dia de aparecimento, no período de dezembro a fevereiro entre 2006 a 2017.

5. CONCLUSÃO

Durante o período avaliado foi possível registrar 116 casos de ZCAS. Estes, possuem uma duração média de 5 dias e ocorrem entre outubro e abril, sendo os meses com maiores frequências março e dezembro e o de menor frequência abril. Na estação de verão foram identificados 54 casos de ZCAS e na mesma estação, sobre a região do Sul de Minas Gerais foram identificados 11 casos do sistema.

A partir das análises feitas foi possível identificar a ZCAS e as características sinóticas dos campos meteorológicos na região de atuação desse sistema como

- Umidade específica e vento em 850 hPa possibilitando destacar o transporte de umidade da região Amazônica pelo JBN e o transporte do oceano Atlântico através do ASAS para a região da ZCAS, contribuindo para a formação da banda de nebulosidade e precipitação associada a esse sistema;

- Divergência e linhas de corrente em altos níveis, onde em baixos níveis ocorre convergência, e os

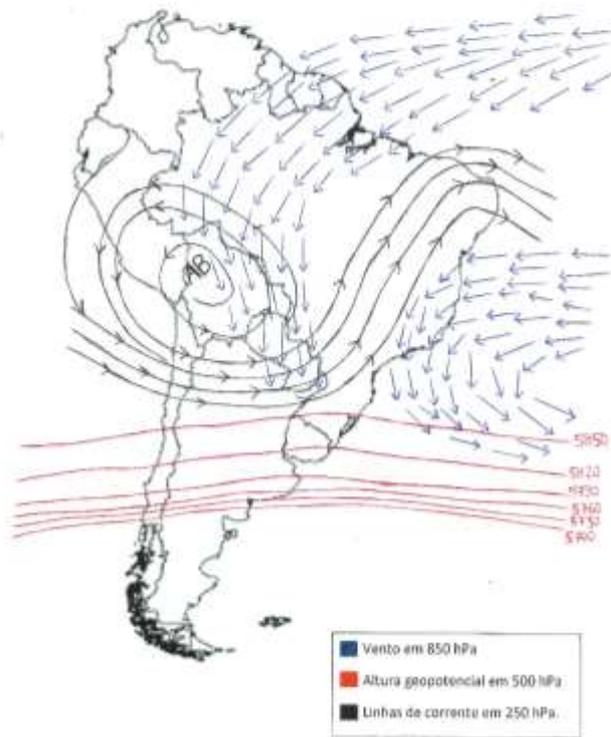
- Sistemas atmosféricos que estão presentes em eventos de ZCAS: Alta da Bolívia, cavados e cristas próximo ao sudeste do Brasil;

Esse estudo mostra que a caracterização da ZCAS ocorre em diferentes níveis. Além disso, fornece um “retrato” desse sistema atmosférico em diferentes variáveis servindo como subsídio para auxiliar às práticas de previsão do tempo.

Os ciclones na costa do sudeste do Brasil associados a eventos de ZCAS são sustentados pelo transporte de umidade pelo ASAS vindo do oceano Atlântico e pelos ventos vindo do interior do continente da região de atuação da ZCAS. As variáveis atmosféricas analisadas nestes ciclones, se mostraram mais acentuadas quando vistas no primeiro dia de aparecimento dos ciclones se comparadas ao dia anterior. Os ciclones também podem servir para ajudar a estacionariedade da ZCAS.

O comportamento da atmosfera em baixos, médios e altos é destacado na climatologia e em casos de ZCAS (Figura 25). Neste último, é evidenciado a presença da Alta da Bolívia mais intensa, os cavados e cristas no nível de 250 hPa (linhas de corrente na cor preta), o cavado próximo a região Sul/Sudeste do Brasil na altura geopotencial no nível de 500 hPa (linhas em vermelho) e o escoamento de umidade vindo tanto da região Amazônica como do oceano Atlântico pelos ventos no nível de 850 hPa (vetores na cor azul).

a) CLIMATOLOGIA



b) EVENTOS DE ZCAS

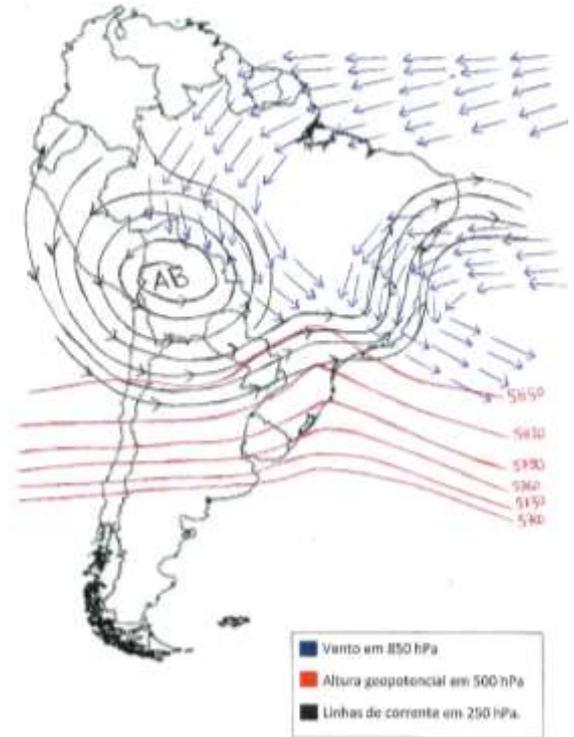


Figura 25 - Atmosfera em baixos, médios, altos níveis a) Climatologia; b) Eventos de ZCAS

6. REFERÊNCIAS

AMBRIZZI, T., FERRAZ, S. E. T. An objective criterion for determining the South Atlantic Convergence Zone. **Frontiers in Environmental Science**, v. 3, article 23, 2015.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. Extreme precipitation events in southeastern South America and large-scale convective patterns in the South Atlantic convergence zone. **Journal of Climate**, v. 15, n. 17, p. 2377-2394, 2002.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic convergence zone: Intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. **Journal of Climate**, v. 17, p. 88–108, 2004.

CHAMIS, M. L. **Climatologia da Zona de Convergência do Atlântico Sul: Holoceno Médio, Presente e Futuro**. 2015 65 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.

CHAVES, R. R. Conexões entre a TSM do Atlântico Sul e a convecção de verão sobre a América do Sul: análise observacional. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 5-20, 2011.

DEE, D. P.; UPPALA, S. M.; SIMMONS, A. J.; BERRISFORD, P.; POLI, P.; KOBAYASHI, S.; ANDRAE, U.; BALMASEDA, M. A.; BALSAMO, G.; BAUER, P.; BECHTOLD, P.; BELJAARS, A.; VAN DE BERG, L.; BIDLOT, J.; BORMANN, N.; DELSOL, C.; DRAGANI, R.; FUENTES, M.; GEER, A. J.; HAIMBERGER, L.; HEALY, S. B.; HERSBACH, H.; HÓLM, E. V.; ISAKSEN, L.; KALLBERG, P.; KÖHLER, M.; MATRICARDI, M.; MCNALLY, A.P.; MONGE-SANZ, B. M.; MORCRETTE, J.J.; PARK, B. K.; PEUBEY, C.; DE ROSNAY, P.; TAVOLATO, C.; THÉPAUT, J.N.; AND VITART, F. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system, **Q. J. Roy. Meteorol. Soc.**, 137, 553–597, 2011.

DRUMOND, A.; NIETO, R.; GIMENO, L.; AMBRIZZI, T. A Lagrangian identification of major sources of moisture over Central Brazil and La Plata Basin. **Journal of Geophysical Research**, v. 113, 2008.

DURÁN-QUESADA, A.M.; REBOITA, M. S.; GIMENO, L. Precipitation in tropical America and the associated sources of moisture: a short review. **Hydrological Sciences Journal**, v. 57, p. 1-13, 2012.

ESCOBAR, G., C., J.; COSTA, I.C. Situações meteorológicas associadas a episódios da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). IX CONGRESO ARGENTINO DE

METEOROLOGIA, 2005, Buenos Aires. Anais do IX CONGRESO ARGENTINO DE METEOROLOGIA.

FIGUEROA, S.N., SATYAMURTY, P.; SILVA DIAS, P.L. Simulação da circulação de verão sobre a região sul-americana com um modelo de coordenadas Eta. **J. Atmos. Sci.** 52, p. 1573-1584, 1995.

HERDIES, D. L.; SILVA, A.; SILVA DIAS, M. A. F.; FERREIRA, R. N. Moisture budget of the bimodal pattern of the summer circulation over South America. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, n. D20, 8075, 2002.

HUFFMAN, G.J., ADLER, R.F., BOLVIN, D.T., GU, G., NELKIN E.J., BOWMAN, K.P., HONG, Y., STOCKER, E.F., WOLFF, D.B. The TRMM multi-satellite precipitation analysis: quasi-global, multi-year, combined-sensor precipitation estimates at fine scale. **J. Hydrometeorol.**, p. 38-55, 2007.

JORGETTI, T. **A Zona de Convergência do Atlântico Sul e os processos oceânicos do Atlântico e do Pacífico.** 2008. 169 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

KODAMA, Y. Large-scale common features of Sub-tropical Precipitation Zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: characteristics of Subtropical Frontal Zones. **Journal of Meteorological Society of Japan**, v. 70, n. 4, p. 813-835, 1992.

KODAMA, Y. Large-scale common features of Sub-tropical Convergence Zones (The Baiu Frontal Zone, The SPCZ, and the SACZ). Part II: conditions of the circulation for generating the STCZs. **Journal of Meteorological Society of Japan**, v. 71, n. 5, p. 581-610, 1993.

KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n. 3, p. 217-231, 1988.

LENTERS, J.D.; K.H. COOK. Summertime precipitation variability over South America: Role of the large-scale circulation. **Monthly Weather Review**. n.127, p. 409-431, 1999.

MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; KOUSKY, V.; FILIZOLA, N. WAINER, I. On the onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v.14, p. 833-853, 2001.

MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; GRIMM, A. M.; MISRA, V. SILVA DIAS, P. L.; CALVALCANTI, I. F. A.; CARVALHO, L. M. V.; BERBERY, E. H.; AMBRIZZI, T.; VERA, C. S.; SAULO, A. C.; NOGUES-PAEGLE, J.; ZIPSER, E.; SETH, A.; ALVES, L.

M. Review recente developments on the South American monsoon system. **International Journal of Climatology**, v. 32, n. 1, p. 1-21, 2012.

NOGUÉS-PEAGLE, J.; MO, K. C. Alternating wet and dry conditions over South America during summer. **Monthly Weather Review**, vol. 125, p. 279-291, 1997.

NOGUÉS PEAGLE, J.; MECHOSO, C. R.; e coautores. Progress in Pan America CLIVAR Research: Understanding the South American Monsoon. **Meteorologica**, v. 27, p. 3-30, 2002.

PENNA, A.C., **Caracterização dos fluxos de umidade sobre o Sudeste do Brasil: Clima presente e futuro**. 2017. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Instituto de Recursos Naturais – Universidade Federal de Itajubá.

QUADRO, M.F.L. **Estudo de Vórtices Ciclônicos de Mesoescala associados à Zona de Convergência do Atlântico Sul**. 2012. 141 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RAMAGE, C. S., 1971: Monsoon Meteorology. **Academic Press**, 279pp.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; 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.; RODRIGUES, M.; SILVA, F.F.; ALVES, M.A. Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206-226, 2015.

REBOITA, M. S.; MARIETTO, D. M.; SOUZA, A.; BARBOSA, M. Caracterização atmosférica quando da ocorrência de eventos extremos de chuva na região sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 20-37, 2017.

SACRAMENTO NETO, O. B.; ESCOBAR, G. C. J.; DIAS DA SILVA, P. E., 2010. Método objetivo para identificar episódios de Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU) no ambiente operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. **In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém – PA**. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia. SBMET, 2010.

SANTOS, D.F.; REBOITA, M.S. Jatos de baixos níveis a leste dos andes: comparação entre duas reanálises. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 22, maio 2018.

SILVA, J.P.R.; REBOITA, M.S.; MATTOS, E.V., 2018. Estudo de um caso de transbordamento do Ribeirão José Pereira em Itajubá – Minas Gerais. **Revista do Departamento de Geografia**, em avaliação.

SOARES, W. R.; MARENGO, J. Assessments of moisture fluxes east of the Andes in South America in a global warming scenario. **International Journal of Climatology**, v. 29, n. 10, p. 1395-1414, 2009.

STEIN, A.F.; DRAXLER, R.R.; ROLPH, G.D.; STUNDER B.J.; COHEN, M.D.; NGAN, F. NOAA's HYSPLIT Atmospheric Transport and Dispersion Modeling System. **American Meteorological Society**, v.96, p.2059–2077, 2015.

TIRABASSI, G.; MASOLLER, C.; BARREIRO, M. A study of the air–sea interaction in the South Atlantic convergence zone through Granger causality. **Int. J. Climatol.** v. 35, p. 3440–3453 (2015).

ZHOU, J.; LAU, K. M. Does a Monsoon Climate Exist Over South America. **Journal of Climate**, v.11, n.5, p.1020-1040, 1998.

ANEXO I

Tutorial modelo Lagrangeano HYSPLIT:

Link direcionado para o modelo HYSPLIT: <https://ready.arl.noaa.gov/hypub-bin/trajsrc.pl>

Em Meteorology, escolher a opção GDAS (1 degree, global, 2006-present). No mapa, escolher a localização desejada para a trajetória e clicar em “Next”

Trajectory Calculation

Meteorology: GDAS (1 degree, global, 2006-present) More info ▶

Source Location (enter using **one** of the following methods):



Click a location on the map or select from below:

Decimal Degrees Latitude: N Longitude: W

DDD/MM/SS Latitude: N Longitude: W

Deg. Min. Sec. Deg. Min. Sec.

City (Country or State: name: lat: lon):

Airport or WMO ID (i.e., dca): ID Lookup

Trajectory Calculation

Meteorology: GDAS (1 degree, global, 2006-present) [More info](#)

Source Location (enter using **one** of the following methods):



Click a location on the map or select from below:

Decimal Degrees Latitude: 25.0059727 S Longitude: 45.3515625 W
 DDD/MM/SS Latitude: _____ N Longitude: _____ W
 City (Country or State: name: lat: lon): _____
 Airport or WMO ID (i.e., dca): _____ ID Lookup

Reset Form **Next>>**

Escolher a data (mês e ano) desejada e novamente clicar em “Next”.

Meteorology File

Meteorology: Archived GDAS1
Source Location: Lat: -25.005973 Lon: -45.351562

Choose an archived meteorological file

Archive File: gdas1.jan17.w4

- gdas1.jan17.w4
- gdas1.may17.w4
- gdas1.may17.w3
- gdas1.may17.w2
- gdas1.may17.w1
- gdas1.apr17.w5
- gdas1.apr17.w4
- gdas1.apr17.w3
- gdas1.apr17.w2
- gdas1.apr17.w1
- gdas1.mar17.w5
- gdas1.mar17.w4
- gdas1.mar17.w3
- gdas1.mar17.w2
- gdas1.mar17.w1
- gdas1.feb17.w4
- gdas1.feb17.w3
- gdas1.feb17.w2
- gdas1.feb17.w1
- gdas1.jan17.w5
- gdas1.jan17.w4

Next>>

 **NOAA**
 National Oceanic and Atmospheric Administration
 U.S. Department of Commerce
 Privacy Policy | Web Accessibility | Administrative

U.S. Environmental Sciences Laboratory, NOAA's Office of Atmospheric Research, National Oceanic and Atmospheric Administration

Escolher as opções backward e isobaric, assim como a data (ano, mês, dia e hora) e o número de trajetórias desejadas por dia.

Model Run Details Request trajectory

The archived data file (GDAS1) has data beginning at [01/15/17 0000 UTC](#).

Model Parameters

Trajectory direction: Forward
 Backward (Change the default start time!) [More info](#)

Vertical Motion: Model vertical velocity
 Isobaric
 Isentropic [More info](#)

Start time (UTC): year: 17 month: 01 day: 21 hour: 19 [More info](#)
Current time: 19:49

Total run time (hours): [More info](#)

Start a new trajectory every: hrs Maximum number of trajectories: [More info](#)

Start 1 latitude (degrees): [More info](#)

Start 1 longitude (degrees): [More info](#)

Start 2 latitude (degrees):

Start 2 longitude (degrees):

Start 3 latitude (degrees):

Start 3 longitude (degrees):

Level 1 height: meters AGL meters AMSL [More info](#)

Level 2 height:

Level 3 height:

Se necessário plotar alguma outra variável junto com a trajetória, clique em “yes”, na opção “Plot meteorological field along trajectory?”. E após isso escolha a variável desejada e clique em “Request Trajectory (only press once)”

Display Options

GIS output of contours? None Google Earth (kmz) GIS Shapefile [More info](#) ▶

The following options apply only to the GIF, PDF, and PS results (not Google Earth)

Plot resolution (dpi): [More info](#) ▶

Zoom factor: [More info](#) ▶

Plot projection: Default Polar Lambert Mercator [More info](#) ▶

Vertical plot height units: Pressure Meters AGL Theta [More info](#) ▶

Label Interval: No labels 1 hour 6 hours 12 hours 24 hours [More info](#) ▶

Plot color trajectories? Yes No

Use same colors for each source location? Yes No [More info](#) ▶

Plot source location symbol? Yes No

Distance circle overlay: None Auto [More info](#) ▶

U.S. county borders? Yes No [More info](#) ▶

Postscript file? Yes No [More info](#) ▶

PDF file? Yes No

Plot meteorological field along trajectory? Yes No [More info](#) ▶

Note: Only choose one meteorological variable from below to plot

Dump meteorological data along trajectory: [More info](#) ▶

- Terrain Height (m)
- Potential Temperature (K)
- Ambient Temperature (K)
- Rainfall (mm per hr)
- Mixed Layer Depth (m)
- Relative Humidity (%)
- Downward Solar Radiation Flux (W/m**2)

Obter a figura ou em .gif ou .pdf.

HYSPLIT MODEL RESULTS FOR JOB NUMBER 196661

Model Status: Sat Nov 3 15:57:13 EDT 2018
The model and graphics are now complete.
Finished generating graphics for job 196661.

RESULTS	Click on text link to view images in a new window.	
	GIF Plots	PDF Plots
Trajectories	.gif	.pdf

- [Modify the trajectory plot without rerunning the model.](#)
- [Trajectory endpoints file.](#)
 - [Trajectory endpoints format help.](#)
- [HYSPLIT SETUP file.](#)
- [HYSPLIT CONTROL file.](#)
- [HYSPLIT MESSAGE \(diagnostics\) file.](#)
 - [MESSAGE file format help \(pdf\)](#)

[Return to main menu \(keep user inputs\)](#)

Escolhendo a opção, obtêm-se a figura da trajetória e a precipitação em cada trajetória (uma vez que foi escolhido essa variável)

