

CARACTERIZAÇÃO DE EPISÓDIOS DE ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL (ZCAS) E ZONA DE CONVERGÊNCIA DE UMIDADE (ZCOU) EM JANEIRO E FEVEREIRO DE 2010

Mariana Pallotta¹, Renata Yumi Nakazato²

¹ Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, SP
maripallotta@gmail.com

² Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, SP
renatayn@gmail.com

RESUMO: Este trabalho tem o objetivo de esclarecer as diferenças entre episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), conceito referente a um padrão similar a ZCAS mas de comportamento não clássico. Sabendo que houveram quatro ocorrências de ZCOU ao decorrer dos meses de janeiro e fevereiro de 2010, foram feitas análises de campos diários e médios de parâmetros meteorológicos em baixos, médios e altos níveis a fim de identificar as principais diferenças entre ZCAS e ZCOU, tendo como referencia de comparação casos já analisados em estudos anteriores, e verificar se algum dos casos tinha elementos para ser denominado ZCAS. Ao analisar cada período detalhadamente pode-se concluir que um dos quatro casos de estudo tinha elementos suficientes para ser caracterizado como ZCAS, e que os outros três tinham sim um padrão de formação anômalo em relação às definições clássicas, principalmente em médios e baixos níveis, o que permite caracterizá-los como ZCOU, além de reforçar que a definição desta última não está diretamente ligada ao tempo de sua atuação.

1. INTRODUÇÃO

1.1. ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um importante sistema meteorológico atuante na América do Sul no verão austral e que marca a estação chuvosa devido aos períodos associados de intensa precipitação. Caracterizada por uma banda de nebulosidade bem marcada orientada noroeste-sudeste, atua desde o sul região Amazônica até sudoeste do Atlântico Sul, passando pelas regiões centro-oeste e sudeste do Brasil, tem uma duração mínima de 4 dias, conforme descrito em alguns estudos (Ferreira et al., 2004; Pesquero et al., 2010; Nóbile Tomaziello, 2010), podendo persistir por 10 dias ou mais.

Nos baixos níveis uma situação de ZCAS é caracterizada por convergência de umidade ao longo da orientação NO-SE, favorecida pelo Jato de Baixos Níveis (JBN), escoamento oriundo da canalização dos alísios que adentram o continente sul-americano na região tropical, transportando vapor d'água proveniente do Atlântico Equatorial e da bacia Amazônica em direção ao Atlântico Sudoeste. Outra circulação

importante para manter a convergência nos baixos níveis é a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), já que seu movimento anticiclônico sobre o oceano, centrado em aproximadamente 30°S, transporta vapor d'água em direção à costa sudeste do Brasil, intensificando a convergência de umidade já existente. Tanta umidade disponível torna viável o fato da região da ZCAS ser de alta variabilidade convectiva.

Em níveis médios pode-se notar um cavado à leste da Cordilheira dos Andes também orientado NO-SE que dá suporte para a persistência da nebulosidade e da precipitação associada, já que à leste do cavado encontra-se uma região de intensa vorticidade negativa que induz baixa pressão em superfície e, consequentemente, propicia convergência de massa (e umidade). Ainda no nível de 500hPa observa-se intenso levantamento vertical, através de valores negativos de Omega, constatando a atividade convectiva ao longo da banda.

Já nos altos níveis observam-se bem marcadas e posicionadas duas circulações típicas do verão da América do Sul: a Alta da Bolívia (AB) e o Cavado do Nordeste (CN) que pode, ou não, ter vórtice associado. A AB é um anticiclone de altos níveis, consequência da intensa liberação de calor latente proveniente da

convecção amazônica e de um ciclone térmico em baixos níveis, a Baixa do Chaco, oriundo do aquecimento superficial na região do altiplano boliviano. Esse tipo de escoamento é uma resposta aos processos dinâmicos e termodinâmicos ocorridos em superfície e evidenciam a convergência de umidade lá ocorrida. Outra característica importante nos altos níveis para um caso de ZCAS são valores de divergência positiva bem marcados na orientação de atuação, que comprova a presença de convecção já marcada nos outros níveis.

É importante frisar que para um caso de ZCAS bem estabelecida, ou clássica, os campos de convergência em baixos níveis, velocidade Omega negativa em médios níveis e divergência em altos níveis se mostram em fase, ou seja, concordando espacialmente entre si, corroborando a presença de nebulosidade convectiva com certa persistência na orientação NO-SE.

1.2. ZONA DE CONVERGÊNCIA DE UMIDADE

O conceito de Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) foi introduzido à comunidade meteorológica pelo *Grupo de Previsão de Tempo do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos* (GPT-INPE) devido à verificação de variações no padrão de estabelecimento das ZCAS consolidadas dia à dia no ambiente operacional (Sacramento Neto et al., 2010).

A ZCOU se assemelha à ZCAS em vários parâmetros, como o fato de ambas serem zonas de convergência de umidade marcadas por nebulosidade e precipitação intensas, porém há diferenças no padrão de escoamento clássico, principalmente em médios e baixos níveis, que desfavorecem a persistência e organização da banda de nebulosidade/precipitação, caracterizando assim uma ZCOU ao invés de ZCAS. O estudo de Sacramento et al. (2010) apresenta todas as características descritas de uma ZCOU descritas no presente estudo.

Segundo o GPT-CPTEC, em termos puramente ligados ao tempo de persistência, uma ZCOU pode ser caracterizada em situações onde os padrões são similares aos de ZCAS, porém a duração do sistema é de apenas 3 dias. Há ressalva de que caso o padrão persista por um quarto dia, o sistema passa a ser considerado

ZCAS. Ainda no âmbito da duração, uma ZCOU pode ser atribuída à uma situação previamente estabelecida de ZCAS em situação de dissipação, onde ainda é possível ser identificada uma banda de nebulosidade organizada.

Saindo do âmbito temporal, pois há ocorrência de ZCOU com mais do que 3 dias de duração, a análise de escoamento e convergência nos diferentes níveis da atmosfera apresenta características expressivas. Em níveis médios observa-se o deslocamento de cavados entre o norte e nordeste da Argentina, o Paraguai, o Mato Grosso do Sul e a região sul do Brasil. O fato desses cavados se movimentarem consideravelmente quebra o padrão de persistência de nebulosidade e precipitação já descritos para a situação de ZCAS (**Seção 1.1**), desfavorecendo os escoamentos típicos dos níveis abaixo.

Em baixos níveis, por consequência do movimento da troposfera média, verifica-se uma desconfiguração do JBN, que não apresenta orientação preferencial NO-SE, podendo apresentar bifurcação para Sul ou mesmo não se estabelecer adequadamente. Como a convergência de umidade acompanha o escoamento do JBN, no caso de ZCOU ela fica desfavorecida, podendo até se encontrar direcionada para o Sul do Brasil, ou da Argentina, não gerando nebulosidade.

Vale ressaltar que para uma situação estabelecida de ZCOU, já que a persistência é quebrada, os campos de convergência em baixos níveis aparecem relativamente defasados quando comparados com os campos de Omega negativo em 500hPa, que mesmo assim apresentam uma área relativamente bem organizada de ascensão de ar. Neste caso a banda de nebulosidade associada não se apresenta bem organizada.

1.3. OBJETIVOS

Consolidadas as definições apresentadas nas seções anteriores, este trabalho tem por objetivo identificar os períodos de ZCOU registrados nos meses de janeiro e fevereiro de 2010, caracterizá-los dia a dia e de acordo com a média para o período.

Conhecendo campos característicos para situações de ZCAS e ZCOU previamente estudadas (Sacramento Neto et al., 2010) além de suas respectivas definições, verificar se algum

dos períodos de estudo possuía elementos suficientes para ser classificado como ZCAS, deixando assim mais clara ambas as definições e concluindo se a inclusão de mais uma caracterização (ZCOU) realmente é adequada e se aplica ao verão austral.

2. METODOLOGIA

2.1. DADOS

Os dados de parâmetros atmosféricos utilizados para as análises diagnósticas foram as Reanálises ERA-Interim, oriundas de observações meteorológicas assimiladas no modelo global do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)*, com resolução espacial de 1,5° de latitude por 1,5° longitude e resolução temporal de 6 horas. A **Tabela 1** explicita as variáveis utilizadas no estudo e quais níveis de pressão foram considerados para cada uma delas.

Variável	Nível de Pressão (hPa)			
	1000	850	500	200
Vento u, v (m/s)	X	X	X	X
Divergência (s ⁻¹)		X		X
Omega (Pa s ⁻¹)			X	
Umidade Específica (kg/kg)	X			

Tabela 1. Variáveis do ERA-Interim utilizadas no estudo e os respectivos níveis de pressão considerados.

Foram utilizados dados de Radiação de Onda Longa Emergente, ou em inglês *Outgoing Longwave Radiation (OLR)*, do sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)* a bordo de um dos satélites de órbita polar da *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*. Se tratam de dados não interpolados em W/m², com resolução temporal diária e espacial de 2,5° de latitude por 2,5° de longitude.

Os dados de taxa de precipitação (mm/h) são provenientes do *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*, cuja resolução espacial é de 0,25° de latitude por 0,25° de longitude e com 3 horas de resolução temporal.

Alem disso utilizou-se imagens dos satélites GOES-10 e GOES-12 no canal do infravermelho, fornecidas pela Divisão de

Satélite Ambientais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DSA-INPE).

2.2. MÉTODO DE ANÁLISE

Primeiramente foram escolhidas situações já estudadas de ZCAS e ZCOU (Sacramento et al. 2010), denominadas *ZCAS Clássica*, com duração de 12 à 16 de fevereiro de 2009, e *ZCOU Clássica*, indo de 1 à 3 de março de 2010. Vale ressaltar que o episódio de ZCOU escolhido persistiu até dia 12 de março, mas foram escolhidos os 3 primeiros dias para facilitar a análise e por estes se apresentarem visivelmente mais bem configurados.

Para identificar os períodos os quais eram desejados estudar foi feito uso do Boletim de Casos Significativos (**Ref. 5**) referentes aos meses de janeiro e fevereiro de 2010. Nele encontrou-se 4 episódios de ZCOU, cada qual com duração de 3 dias, e foi resolvido estender a análise para um dia antes e um depois dos determinados. Tal medida tem a finalidade de identificar algum campo que pudesse mostrar que o sistema já estava atuando ou se dissipando e classificá-lo também de acordo com o parâmetro temporal. Desta maneira foram determinados os *Períodos de Estudos*, sendo eles: 13 à 17 de janeiro, 20 à 24 de janeiro, 09 à 13 de fevereiro e 16 à 20 de fevereiro.

Conhecidos estes períodos foram plotados campos diários de todos os parâmetros apresentados na **Seção 2.1** para cada dia dos 6 períodos, 2 *Clássicos* e 4 de *Estudo*, além de campos médios para os conjuntos de dias de cada um deles. No caso dos períodos de estudo foram plotados 4 tipos de campos médios para cada variável, denominados (a), (b), (c) e (d), a fim de determinar efetivamente qual foi o tempo de duração do sistema a ser identificado. A **Tabela 2** apresenta as datas competidas a cada um dos tipos de período.

Período	Duração (DD/MM)			
	(a)	(b)	(c)	(d)
I	13 à 17/01	13 à 16/01	14 à 17/01	14 à 16/01
II	20 à 24/01	20 à 23/01	21 à 24/01	21 à 23/01
III	09 à 13/02	09 à 12/02	08 à 13/02	08 à 12/02
IV	16 à 20/02	16 à 19/02	15 à 20/02	15 à 19/02

Tabela 2. Datas de duração de cada tipo de período plotado

Analizando diariamente os campos de cada uma das variáveis plotadas para os períodos de estudo, foi possível escolher um tipo de campo médio, (a), (b), (c) ou (d), que melhor representa os dias estudados e vem a se encaixar nas definições de algum dos dois sistemas em questão, ZCAS ou ZCOU.

As análises apresentadas na próxima seção são apenas de um dos tipos de campo médio já escolhido para o período em questão, tendo em vista que a análise diária havia sido efetuada e que os campos médios ressaltam bem as características que favorecem ZCAS, devido a sua marca de persistência, e favorecem ZCOU, pela ausência daquela.

3. RESULTADOS

3.1. COMPARAÇÃO ZCAS CLÁSSICA E ZCOU CLÁSSICA

A **Figura 1** apresenta os campos médios e imagem de satélite para a situação de ZCAS Clássica (12 à 16/02/09), enquanto a **Fig. 2** tem a mesma função só que para o caso de ZCOU Clássica (1 à 3/03/2010). Em altos níveis (**Fig. 1a e 2a**) vê-se que para ambas as situações a AB e CN, com vórtice fechado, se encontram bem definidos, apesar de, no caso de ZCAS, a AB se encontrar fora de sua posição climatológica ela estende sua circulação anticiclônica até o centro-norte do Brasil. Já nos campos de divergência a situação de ZCAS mostra valores intensos com aparência canalizada na direção NO-SE, apresentando uma faixa espacialmente mais larga na região norte brasileira, estreitando-se à medida que se direciona ao Atlântico Sudoeste. No caso de ZCOU essa divergência não se apresenta significativa na Amazônia, perdendo o aspecto de canalizado encontrado na ZCAS.

Nos níveis médios o caso de ZCAS (**Fig. 1c**) mostra valores negativos significativos do campo de velocidade vertical Omega, orientados e com aspecto espacial similar aos valores mais intensos de divergência em 200hPa, o que marca a atividade convectiva ao longo da banda. Outro ponto importante à se observar é a presença de um cavado bem marcado, centrado na divisa dos estados de MS e SP, que apresenta movimento lento ao longo dos dias, fazendo com que a persistência da banda de nebulosidade/precipitação seja favorecida e até intensificada. Há alguma assinatura deste cavado

em 200hPa (**Fig. 1a**). No caso de ZCOU (**Fig. 2c**) os valores de Omega não são tão intensos quanto no caso de ZCAS, além de não concordarem espacialmente com os campos máximos de divergência em altos níveis. Quanto ao escoamento, não é observado um cavado com orientação semelhante aos casos de ZCAS, mas sim um cavado bem deformado ao longo do que seria a banda de nebulosidade. Na análise diária pode-se perceber a movimentação de cavados neste nível, o que não favorece a persistência e organização do canal de umidade.

Em baixos níveis, primeiramente para 850hPa, o caso de ZCAS (**Fig. 1e**) mostra valores significativos de convergência (divergência negativa) ao longo da orientação NO-SE, o que concorda com os campos de altos e médios níveis. O JBN apresenta-se bem configurado até SP e a circulação da ASAS adentrando o continente pelo ES ajuda no transporte de umidade e propicia a convergência. No caso de ZCOU (**Fig. 2e**) a convergência não apresenta valores bem marcados neste nível, o que destoa dos campos de 500hPa e de 200hPa. Já o JBN, apesar de ligeiramente orientado NO-SE, tem forte bifurcação para Sul e a ASAS não se encontra bem configurada para ajudar na canalização de umidade.

Ainda nos baixos níveis, mas no caso de 1000hPa percebe-se muita umidade disponível para ambas as situações (**Fig. 1b e 2b**) e apesar da dificuldade na caracterização do escoamento, principalmente sobre o continente, neste último no caso de ZCAS o transporte NO-SE é mais claro do que no caso de ZCOU.

Os campos de OLR (**Fig. 1d e 2d**) marcam claramente a diferença nas bandas de nebulosidade de ZCAS e ZCOU, enquanto na primeira são observados valores mínimos relativos de OLR, menores do que 200 W/m^2 (Carvalho et al., 2004; Pesquero et al., 2010) ao longo de quase toda extensão NO-SE a segunda apresenta valores relativamente altos de OLR para designar uma banda de nebulosidade intensa e persistente, apesar da orientação favorável. Os campos de acumulo de precipitação no período (**Fig. 1f e 2f**) seguem o padrão dos campos de OLR, sendo mais larga e com vários pontos de acumulo significativo de precipitação ao longo da banda no caso de ZCAS e mais estreita e com apenas alguns pontos de precipitação significativa no caso de ZCOU.

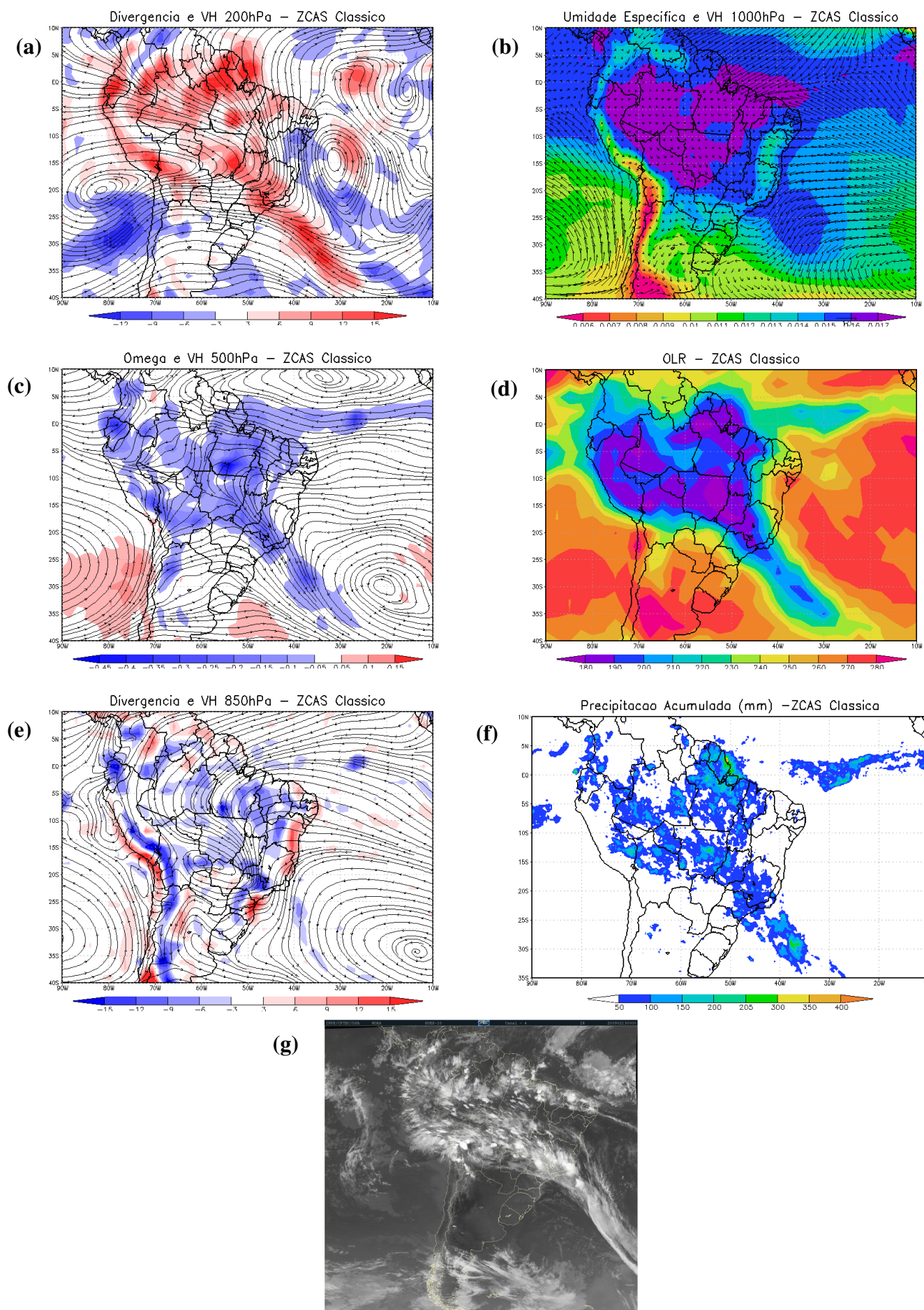


Figura 1. (a) Divergência (s^{-1}) e escoamento horizontal (m/s) em 200hPa, (b) umidade específica (kg/kg) e escoamento horizontal (m/s) em 1000hPa, (c) omega ($Pa s^{-1}$) e escoamento horizontal (m/s) em 500hPa, (d) radiação de onda longa emitida (W/m^2), (e) divergência (s^{-1}) e escoamento horizontal (m/s) em 850hPa e (f) precipitação acumulada (mm) para a média do período de ZCAS clássica (12 à 16/02/09) e (g) imagem do satélite GOES-10 referente ao dia 13/02/10 às 00Z.

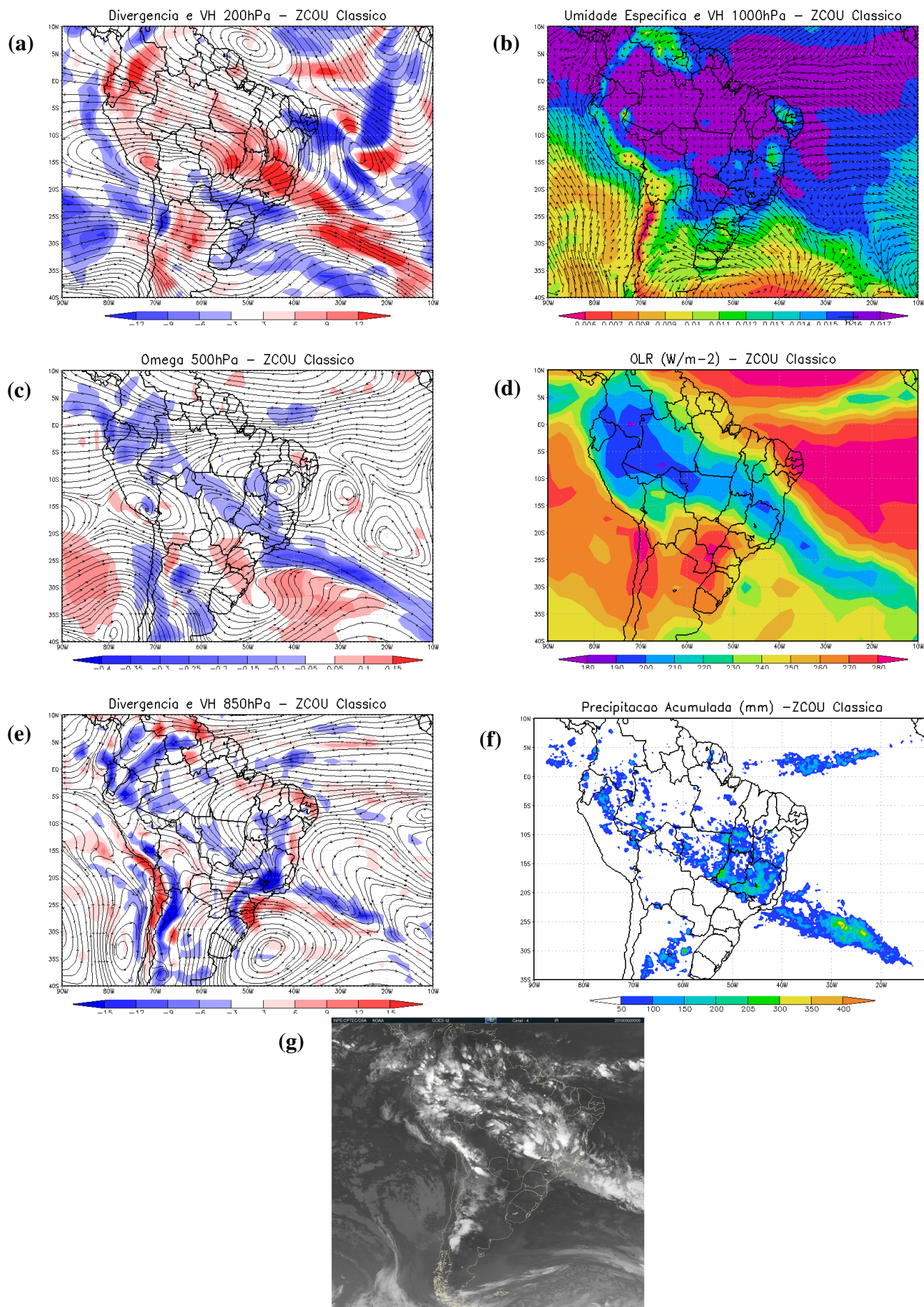


Figura 2. (a) Divergência (s^{-1}) e escoamento horizontal (m/s) em 200hPa, (b) umidade específica (kg/kg) e escoamento horizontal (m/s) em 1000hPa, (c) omega ($Pa s^{-1}$) e escoamento horizontal (m/s) em 500hPa, (d) radiação de onda longa emitida (W/m^2), (e) divergência (s^{-1}) e escoamento horizontal (m/s) em 850hPa e (f) precipitação acumulada (mm) para a média do período de ZCOU clássica (01 à 03/03/09) e (g) imagem do satélite GOES-12 referente ao dia 13/02/10 às 00Z.

Observando as imagens de satélite vê-se para um dia específico do caso de ZCAS (**Fig. 1g**) que a banda de nebulosidade é bem marcada e intensa, orientada preferencialmente NO-SE desde a Amazônia até o Atlântico Sudoeste. Já no caso de ZCOU (**Fig. 2g**) a banda se mostra mais fraca, mais estreita, não cobrindo muito a região amazônica e ligeiramente desorganizada.

Vale a pena ressaltar que o fato do período escolhido para a ZCOU Clássica esta compreendido no mês de março, sendo assim o escoamento típico de verão encontra-se mais deslocado para Norte, bem como a banda de nebulosidade associada ao fenômeno.

3.2. PERÍODO I (13 à 17/01/10)

Ao fazer a análise de cada dia deste período e também das médias para os períodos definidos na **Tab. 2**, foi constatada uma situação de ZCOU compreendida nos dias estabelecidos pelo *Período I(d)*. A seguir são detalhados os principais argumentos que reforçam tal caracterização.

Na circulação de altos níveis (**Fig. 3a**) nota-se que a AB e o CN, com vórtice associado, se encontram bem definidos e posicionados de acordo com a climatologia. Já no campo de divergência vê-se que não há valores significativos bem marcados nem com orientação continua na direção NO-SE.

Já nos níveis médios (**Fig. 3c**) não se observa a presença de um cavado à sudoeste do Brasil, mas sim um cavado com eixo sobre a Cordilheira dos Andes, fatos conjuntos que não favorecem a persistência de nebulosidade/precipitação característica de um caso de ZCAS. O campo de velocidade vertical Omega apresenta valores negativos significativos na orientação NO-SE, indicando levantamento de massa, porem o campo de divergência em 200hPa não apresenta valores que acompanham tal constatação, o que pode indicar que a atividade convectiva não é muito ativa ou persistente ao longo dos dias de atuação do sistema.

No nível de 850hPa (**Fig. 3e**) vê-se um padrão descontínuo de valores máximos de convergência (divergência negativa) ao longo da orientação preferencial esperada para um caso de ZCAS, e que não se mostra em fase com o campo de Omega em 500hPa e de divergência em 200hPa, marcando a descaracterização da

atividade convectiva intensa e persistente. É constatado que o JBN está desconfigurado, boa parte de seu escoamento aponta para Sul e o pouco que está direcionado NO-SE é proveniente da entrada da circulação anticiclônica da ASAS no continente. Tal fato evidencia a deficiência na canalização de umidade em baixos níveis que favorece o padrão de não-persistência do sistema já mostrado nos níveis superiores.

Em 1000hPa observa-se muita umidade disponível em todo o Brasil, como era de se esperar para um período de verão, e o escoamento superficial, apesar de pouco conclusivo, apresenta preferência para Sul e alguma região de convergência na região do Atlântico Sudoeste.

O campo de OLR (**Fig. 3d**) apresenta poucas regiões, e bem pontuais, de mínimos abaixo de 200 W/m² com extensão espacial estreita, além de pouca propagação para o oceano. A precipitação acumulada no período (**Fig. 3f**) acompanha bem a OLR, se mostrando estreita, esparsas e com acúmulos pouco significativos para um caso de ZCAS (**Fig. 1f**).

A imagem de satélite referente ao dia 15/01/10 às 06Z (**Fig. 3g**) mostra como essa banda de nebulosidade é fraca, e ao observar as imagens ao longo do tempo de duração do fenômeno vê-se como ela não permanece organizada.

As análises feitas nesta seção permitiram concluir que a presença de cavados transientes em níveis médios desconfiguram a orientação preferencial do JBN e desfavorecem a persistência de nebulosidade/precipitação na orientação NO-SE, refletindo na diferença de fase entre os campos de divergência em baixos e altos níveis em relação aos campos de Omega em 500hPa. Sendo assim é possível, e suficiente, concluir que o período compreendido entre 14 e 16 de janeiro de 2010 é de ZCOU.

3.3. PERÍODO II (20 à 24/01/2010)

Ao analisar os campos diários do referido período, bem como os campos médios definidos na **Tab. 2**, foi constatada uma situação de ZCAS com duração definida pelo *Período II(b)*. Os argumentos que reforçaram tal definição são descritos e analisados ao longo desta seção.

Em altos níveis (**Fig. 4a**) observam-se, como já verificados nos casos anteriores, que a AB e o CN, com vórtice associados, estão bem

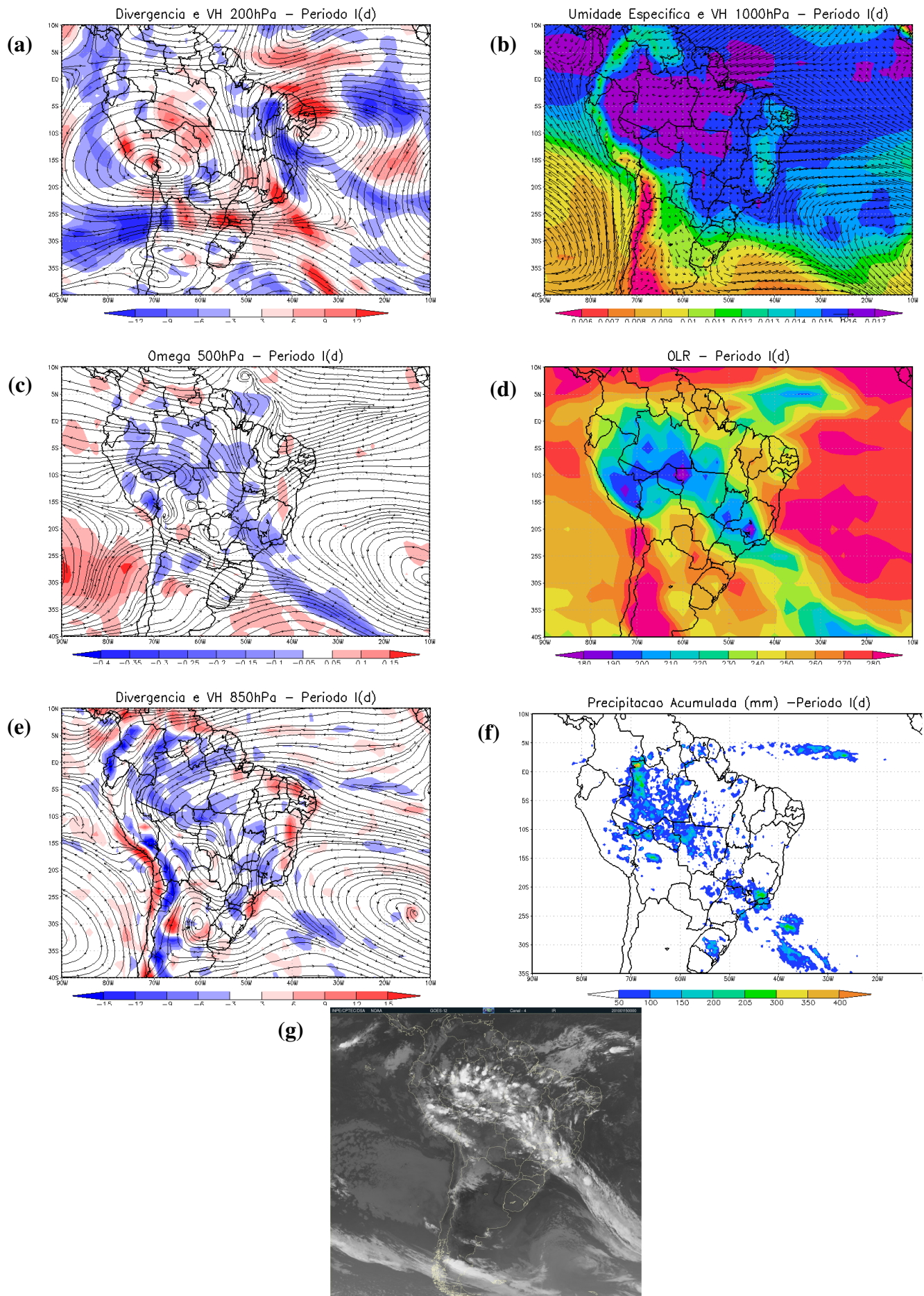


Figura 3. (a) Divergência (s^{-1}) e escoamento horizontal (m/s) em 200hPa, (b) umidade específica (kg/kg) e escoamento horizontal (m/s) em 1000hPa, (c) omega ($Pa s^{-1}$) e escoamento horizontal (m/s) em 500hPa, (d) radiação de onda longa emitida (W/m^2), (e) divergência (s^{-1}) e escoamento horizontal (m/s) em 850hPa e (f) precipitação acumulada (mm) para a média do período de estudo Id (14 à 16/01/10) e (g) imagem do satélite GOES-12 referente ao dia 15/01/10 às 06Z.

definidos e posicionados. O diferencial deste campo ao período anterior, por exemplo, é o fato da divergência apresentar máximos bem marcados orientados NO-SE e praticamente contínuos, desde a Amazônia até o Atlântico Sudoeste, mesmo apresentando valores relativamente baixos na região centro-oeste do Brasil. Vale frisar a atuação de um cavado no norte da Argentina, centro-leste do Paraguai, que se aprofunda pra 500hPa, situação favorável para a manutenção de uma situação de ZCAS.

Em níveis médios (**Fig. 4c**), no que diz respeito ao escoamento, vê-se um cavado bem marcado com eixo no MS que mostrou pouca movimentação ao longo das análise diárias, além da assinatura em altos níveis. Como vem sido dito até agora, manutenção desse cavado é um importante elemento para a manutenção da nebulosidade e atividade convectiva na orientação da ZCAS. Outro aspecto importante no nível de 500hPa são os valores negativos intensos de Omega, que concordam muito bem com a divergência já observada em altos níveis.

No nível de 850hPa (**Fig. 4e**) fica clara a orientação NO-SE do JBN, vindo continuamente desde a Amazônia até a costa sudeste brasileira, onde recebe suporte de circulação e umidade da ASAS adentrando o continente. O campo de convergência (divergência negativa) apresenta valores significativos ao longo da orientação do JBN e se mostra em fase com os campos de divergência em 200hPa e Omega em 500hPa.

O campo de Umidade Específica em 1000hPa (**Fig. 4b**) denota a grande quantidade de umidade disponível em todo o Brasil, que alimenta a atividade convectiva intensa na região da ZCAS. Quanto ao escoamento superficial neste mesmo nível observa-se movimentos na direção NO-SE e certa convergência na região do Atlântico Sudoeste.

Em termos de OLR (**Fig. 4d**) vemos que a faixa de nebulosidade é larga, extensa e continuam, apesar de só apresentar valores efetivamente menores que 200 W/m² na região Amazônica e na região da costa de SP. Quanto à precipitação acumulada (**Fig. 4f**) no período vê-se que a distribuição espacial se assemelha à da situação de ZCAS *Clássica*, apesar de apresentar acúmulos menores e mais espaçados, principalmente na região centro-oeste do Brasil.

A imagem de satélite referente ao dia 21/01/10 às 06Z mostra a banda de nebulosidade

bem organizada, mesmo visivelmente fraca, se mantendo assim em boa parte do período de duração do sistema.

As análises feitas nesta seção permitiram concluir que a manutenção de um cavado em 500hPa, centrado no MS, e com assinatura em 200hPa deu suporte à manutenção da nebulosidade/precipitação na orientação NO-SE durante os 4 dias de duração do sistema. Isto faz o JBN se configurar na orientação preferencial e permite que os campos de divergência em altos e baixos níveis permaneçam em fase entre si e com o campo de Omega em 500hPa, resultando em campos mínimos relativos de OLR e máximos locais de precipitação. Sendo assim pode-se classificar este evento como ZCAS, compreendido entre 20 e 23 de janeiro de 2010.

3.4. PERÍODO III (09 à 13/02/2010)

Tendo em vista que as análises dos dois períodos anteriores foram feitas de maneira bem detalhada e um foi caracterizada como ZCOU e o outro ZCAS, as ultimas duas análise serão feitas de maneira mais sucinta, apenas explicitando as características principais para a classificação do sistema.

Com base em análise diárias e dos 4 tipos de campos médios plotados, o *Período III(d)* foi escolhido para a caracterização deste sistema como ZCOU.

A divergência em altos níveis (**Fig. 5a**) apresenta alguns valores máximos, mas sua orientação não é preferencialmente NO-SE. Além disso a AB e o CN não aparecem tão bem configurados como nos casos anteriores.

Já o campo de Omega em 500hPa (**Fig. 5c**) se mostra intenso e relativamente em fase com a divergência nos altos níveis, porém não há cavado presença de um cavado bem marcado no sudoeste do Brasil

A convergência em 850hPa (**Fig. 5e**) apresenta orientação preferencial para Sul, já que o JBN tem esta orientação também. A ASAS adentra ao continente porém não deflete o jato para a direção preferencial, somente intensifica o escoamento para Sul.

O campo de OLR (**Fig. 5d**) se mostrou mais condizente com uma situação de ZCAS do que o período analisado na seção anterior, porém ao analisar o acumulado de precipitação (**Fig. 5f**) vê-se que não há orientação preferencial como

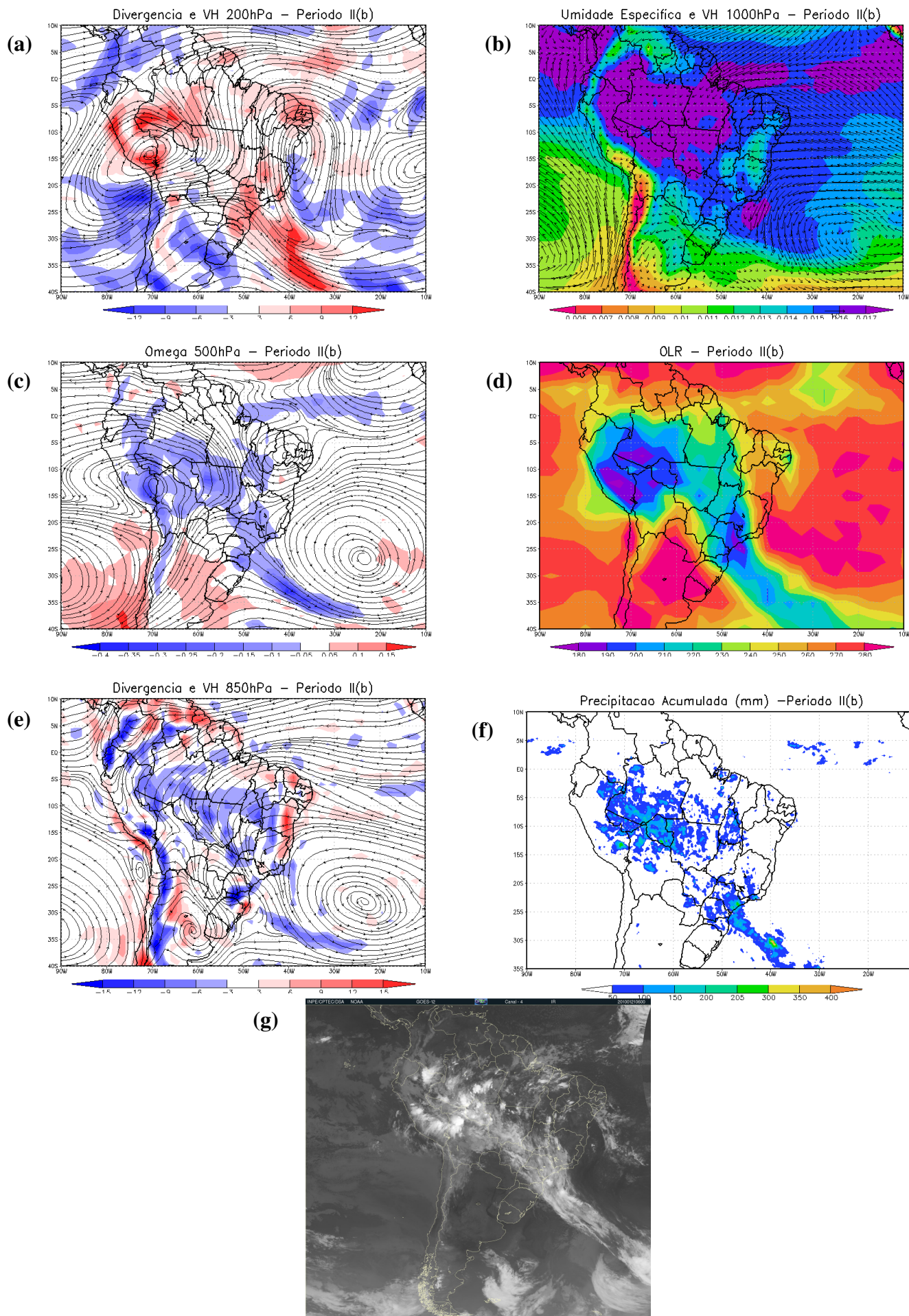


Figura 4. (a) Divergência (s^{-1}) e escoamento horizontal (m/s) em 200hPa, (b) umidade específica (kg/kg) e escoamento horizontal (m/s) em 1000hPa, (c) omega ($Pa s^{-1}$) e escoamento horizontal (m/s) em 500hPa, (d) radiação de onda longa emitida (W/m^2), (e) divergência (s^{-1}) e escoamento horizontal (m/s) em 850hPa e (f) precipitação acumulada (mm) para a média do período de estudo IIb (20 à 23/01/10) e (g) imagem do satélite GOES-12 referente ao dia 21/01/10 às 06Z.

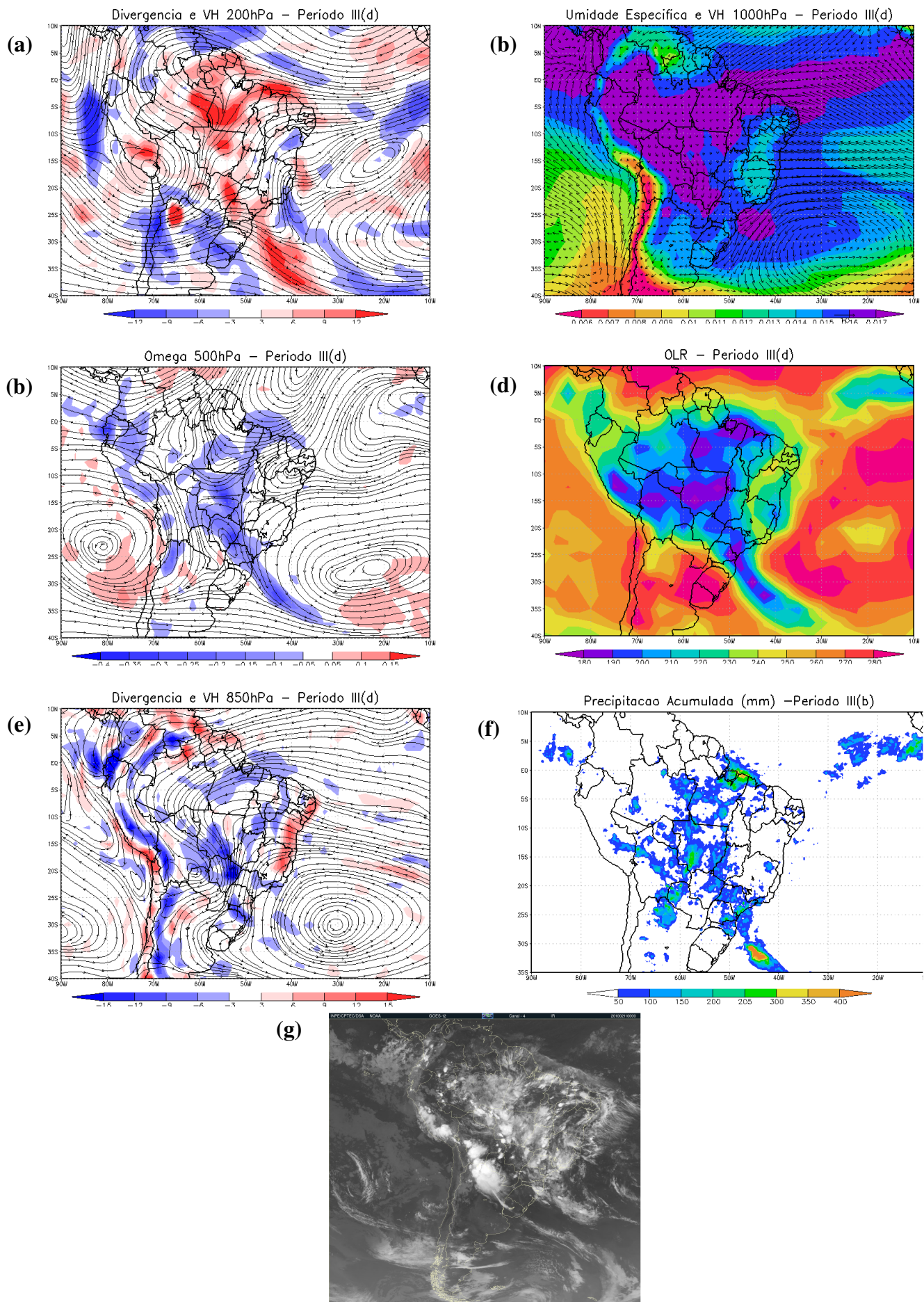


Figura 5. (a) Divergência (s^{-1}) e escoamento horizontal (m/s) em 200hPa, (b) umidade específica (kg/kg) e escoamento horizontal (m/s) em 1000hPa, (c) omega ($Pa s^{-1}$) e escoamento horizontal (m/s) em 500hPa, (d) radiação de onda longa emitida (W/m^2), (e) divergência (s^{-1}) e escoamento horizontal (m/s) em 850hPa e (f) precipitação acumulada (mm) para a média do período de estudo III(d) (10 à 12/02/10) e (g) imagem do satélite GOES-12 referente ao dia 11/02/10 às 00Z.

como observado anteriormente até para os casos de ZCOU. A imagem de satélite referente ao dia 11/02/10 às 00Z mostra claramente a desorganização da banda de nebulosidade, algo pouco comum para uma situação de ZCAS.

Sendo assim, apesar dos campos de divergência em altos e baixos níveis estarem relativamente em fase com Omega em 500hPa, além do campo de OLR apresentar uma extensão significativa de valores menores que o limiar de 200 W/m^2 , a ausência de um cavado característico na troposfera média não propiciou a configuração do JBN na direção NO-SE, defletindo todo seu escoamento na direção Sul, o que descaracteriza a banda de nebulosidade/precipitação. Logo tal período é classificado como ZCOU persistindo de 10 à 12 de fevereiro.

3.4. PERÍODO IV (16 à 20/02/2010)

O período em questão, estudado nessa seção fazendo uso do *Período IV(d)* (Tab. 2), é o que menos se assemelha à uma situação de ZCAS clássica, podendo ser facilmente classificado como ZCOU.

Em altos níveis (Fig. 6a) não há valores significativos de divergência na orientação NO-SE, mas a AB e o CN se mostram bem configurados.

Nos níveis médios (Fig. 6c) não há levantamento significativo de massa ao longo da orientação preferencial, apenas alguns pontos isolados na região sudeste e centro-oeste. A presença do cavado que dá suporte à persistência de nebulosidade não existe, dando lugar a um escoamento praticamente zonal.

Em 850hPa (Fig. 6e) há máximos pontuais de convergência, mas nada concordante com os campos em médios e altos níveis, enquanto o JBN tem escoamento preferencialmente N-S, sem muita influencia da ASAS, que se encontra desconfigurada e um tanto afastada da costa.

Respondendo a todo este escoamento que desfavorece estabelecimento de ZCAS, o campo de OLR (Fig. 6d) se mostra estreito e bem fraco em relação aos outros períodos estudados, padrão semelhante ao visto no acumulado de precipitação (Fig. 6f), que não apresenta a orientação preferencial esperada. A imagem de satélite referente ao dia 18/02/10 às 12Z mostra

bem uma banda estreita de nebulosidade bem tênue.

Como observado não há uma situação favorável para a persistência da nebulosidade/precipitação, mesmo havendo um canal de umidade considerável (Fig. 6b) o período é considerado como ZCOU com duração de 17 à 19 de fevereiro de 2010.

4. CONCLUSÕES

Analisando 4 períodos classificados como Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) pelo GPT-CPTEC (Ref. 5) pode se concluir que apenas um deles, ocorrido entre os dias 20 e 23 de janeiro de 2010, pode se encaixar nas definições clássicas de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), mas com intensidade mais fraca, dados valores de OLR relativamente altos. Todos os demais casos apresentam diferenças notáveis no escoamento de baixos e de médios níveis que desfavorecem a persistência da nebulosidade e da precipitação associada, concluindo que a definição de ZCOU não está ligada somente ao tempo de duração desta zona de convergência.

A presença de um cavado em 500hPa, à leste dos Andes com eixo centrado na região sudoeste do Brasil, propicia o abaixamento relativo de pressão em superfície na região central do país e a conseqüente convergência de massa (e umidade). Ao apresentar movimento relativamente lento e pouca deformação, a presença deste cavado torna-se essencial para que haja persistência de nebulosidade e precipitação na orientação NO-SE, sendo um dos fatores principais para diferenciar um episódio de ZCAS de um de ZCOU.

Em uma situação de ZCOU são identificados cavados transientes na troposfera média, o que desfavorece a persistência do fenômeno e desconfigura o JBN, que pode apresentar bifurcação orientada para Sul ou um escoamento preferencial na direção N/S.

Ao analisar os campos de divergência em altos e baixos níveis e também a velocidade vertical Omega nos níveis médios, para um caso de ZCOU nota-se diferença de fase entre os três campos, tanto em posição quanto em distribuição de máximos e mínimos. Para um caso de ZCAS há concordância vertical relativa entre posição e valores de tais campos.

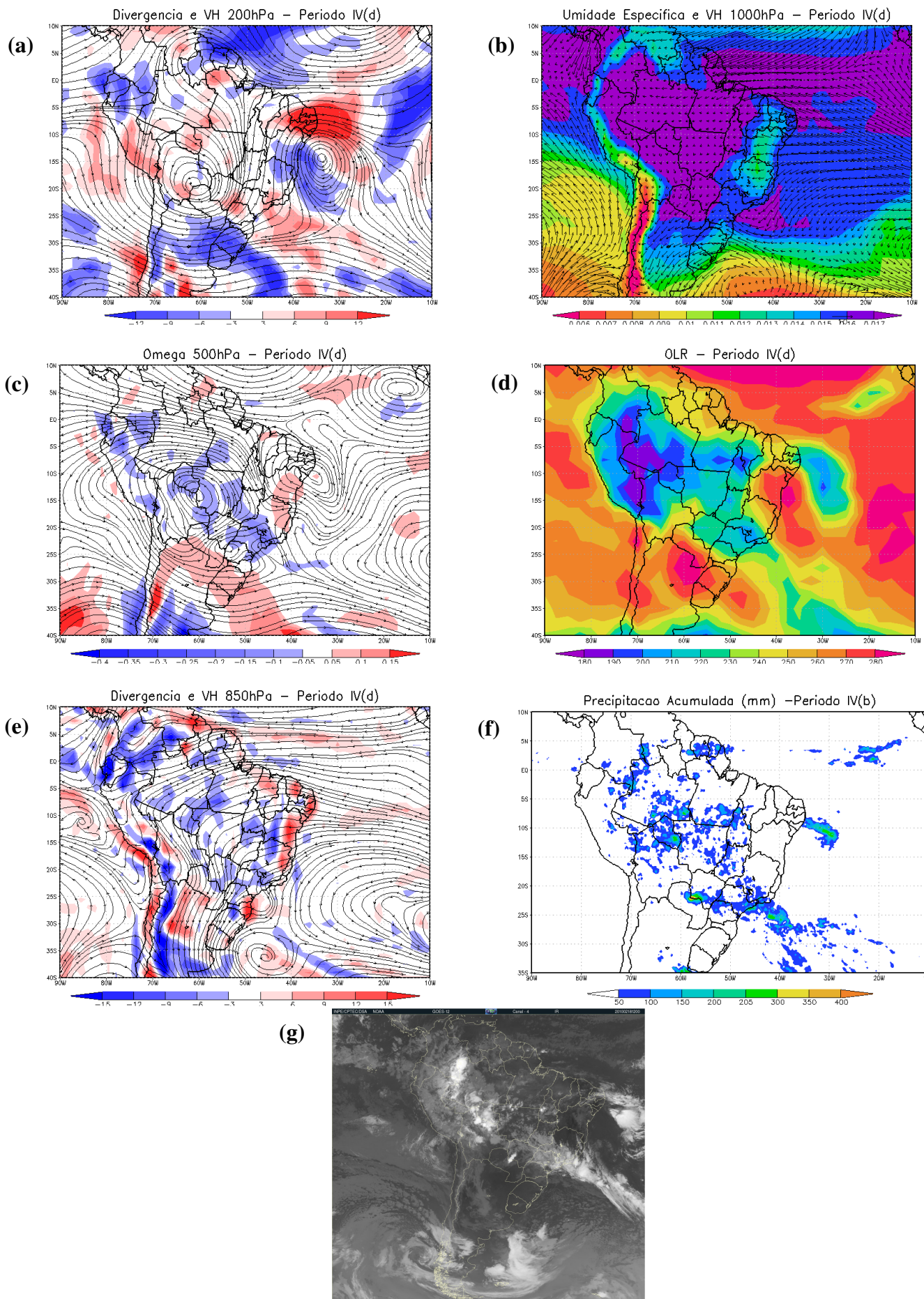


Figura 6. (a) Divergência (s^{-1}) e escoamento horizontal (m/s) em 200hPa, (b) umidade específica (kg/kg) e escoamento horizontal (m/s) em 1000hPa, (c) omega ($Pa s^{-1}$) e escoamento horizontal (m/s) em 500hPa, (d) radiação de onda longa emitida (W/m^2), (e) divergência (s^{-1}) e escoamento horizontal (m/s) em 850hPa e (f) precipitação acumulada (mm) para a média do período de estudo IVd (17 à 19/02/10) e (g) imagem do satélite GOES-12 referente ao dia 18/02/10 às 12Z.

No que diz respeito à nebulosidade, os episódios de ZCOU apresentaram valores de OLR relativamente altos quando comparados à ZCAS, além de distribuição espacial mais estreita e com menos aparência de canalização.

Já os acúmulos de precipitação não apresentaram resultados muito conclusivos, até por que foram comparados períodos com diferentes durações, mas a variabilidade espacial deste campo se mostrou eficiente na caracterização dos sistemas. Para um caso de ZCAS a banda de precipitação tem pontos de acúmulos significativos mais próximos entre si, em uma orientação preferencialmente NO-SE com o mesmo aspecto canalizado visto no campo de OLR. Já no caso de ZCOU os acúmulos significativos estão mais espalhados e a orientação não se apresenta tão bem definida.

5. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Após a conclusão do trabalho, pudemos verificar que a análise de alguns outros itens acrescentariam na conclusão. Assim, indicamos os seguintes itens para que futuros trabalhos possam acrescentar às conclusões chegadas nesse trabalho:

- Verificar melhor o papel da Alta Subtropical do Atlântico (ASAS) em episódios de ZCAS e determinar como esta se comporta em períodos de ZCOU;
- Dado que os meses de janeiro e fevereiro de 2010 apresentaram anomalias positivas significativas na região do Atlântico Sudoeste (**Ref. 5**), verificar as influências da TSM na ZCAS e qual é o padrão dela em ocorrências de ZCOU.

6. AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos vão primeiramente aos professores Ricardo de Camargo e Rita Yuri Ynoue pela motivação, pelas idéias e pela ajuda na realização deste trabalho.

Agradecemos também ao laboratório MASTER por fornecer os dados de precipitação, ao Daniel Faria pela ajuda com o tratamento desses dados e à Ana Carolina Tomaziello pela ajuda com os dados de OLR e as dicas sobre a ASAS.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMARO, H. A.; LACERDA, E. G.; MOLION, L. C. B. Um episódio da Zona de Convergência na América do Sul. **XVI Congresso de Meteorologia**, 2010.
- [2] BERRISFORD, P. et al. ERA-Interim Report Series – The ERA-Interim archive Version 1.0. European Centre for Medium Range Weather Forecasts, United Kingdom, 2009.
- [3] CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone: persistence, intensity, form, extreme precipitation and relationships with intraseasonal activity. **J. Climate**, 17, p. 88-108, 2004.
- [4] CAVALCANTI, I. F. A., FERREIRA, N. J., DA SILVA, M. G. A. J., SILVA DIAS, M. A. F., Tempo e clima no Brasil, Oficina de Textos, 2009
- [5] CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC-INPE): Apresenta cartas sinóticas, boletins técnicos e análise de casos significativos a cada mês. Disponível em: <<http://tempo.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: set. 2010.
- [6] FERREIRA, N. J.; SANCHES, M.; SILVA DIAS, M. A. F. Composição da zona de convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 1, p. 89-98, 2004.
- [7] NÓBILE TOMAZIELLO, A. C. **Influências da temperatura da superfície do mar e da umidade do solo na precipitação associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul**. 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)– Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- [8] PESQUERO, J. F.; NOBRE, C. A.; MARENGO, J. Um sistema simples de identificação da Zona de Convergência do Atlântico Sul em rodadas longas de mudanças climáticas. **XVI Congresso de Meteorologia**, 2010.
- [9] SACRAMENTO NETO, O. B.; ESCOBAR, G. C. J.; SILVA, P. E. D. Método objetivo para identificar episódios de Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU) no ambiente operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estados Climáticos - CPTEC. **XVI Congresso de Meteorologia**, 2010.