

Vórtices Ciclônicos Desprendidos em Altos Níveis que Originam-se no leste do Pacífico Tropical Sul. Parte II: Uso de Imagens de Satélites

María Cleofé Valverde Ramírez
Nelson Jesus Ferreira
Manoel Alonso Gan

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - Jd da Granja - São José dos Campos - São Paulo. CEP: 12227 - 010
e-mails: valverde@met.inpe.br, [nelso@met.inpe.br](mailto:nelson@met.inpe.br), gan@met.inpe.br

ABSTRACT

This work analyses the main meteorological features of two events of upper tropospheric cut-off lows (CL) in the Southeast Pacific Ocean. The analysis was based on multispectral GOES imagery for two case studies, between 7 and 15 August 1993 and 19 and 26 October 1999. It was observed that in the initial stage the CL is clearly identified using water vapor imagery. The information contained in this imagery helps to infer characteristics of the cloudiness patterns associated to the occurrence of CL. The presence of a cold frontal system associated with a wave pattern (ciclogensis/ridge) which extends to the upper levels and an area of cloudiness in the east sector of the frontal system were indicative of the CL formation. Moreover, the identification of jet stream in the water-vapor image (precursor of the intensification and displacements of the wave pattern) was important to define the CL formation. On the other hand the CL may be easily identified in its mature stage over land using infrared imagery.

INTRODUÇÃO

A identificação de vórtices ciclônicos desprendidos na alta troposfera (VDs), através das imagens de satélites meteorológicos é fundamental para a previsão de tempo. Seu monitoramento é importante por que durante o deslocamento em direção ao continente eles atingem extensas áreas de América do Sul, modificando consideravelmente as condições atmosféricas. Normalmente o meteorologista detecta este sistema nas imagens infravermelho, somente quando o vórtice já está na fase madura e com nebulosidade bem organizada modificando as condições de tempo sobre a costa oeste da América do Sul. Portanto, em situações deste tipo, não é possível fazer uma previsão correta usando apenas informação do canal infravermelho. Nesta segunda parte do trabalho, será mostrado a importância do uso de imagens de vapor de água para detectar os VDs em seu estágio de formação. Além disso, serão mostrados os padrões de nebulosidade associados à formação do vórtice e sua relação com o escoamento observado na análise sinótica apresentada na primeira parte deste trabalho (Parte I - Ramírez, et al., 2000).

DADOS E METODOLOGIA

Foram usadas imagens do satélite GOES-E e GOES-8 nos canais infravermelho (IV) e vapor de água (VA), para os períodos de 7 a 15 de agosto de 1993 e 17 a 22 de outubro de 1999, nos horários das 12:00 UTC, respectivamente. O critério para a identificação dos VDs nas imagens de VA foi a presença de uma configuração ciclônica de umidade, acompanhada em seu centro de uma banda escura, indicando a separação de ar seco e ar úmido. Na imagem IV o VD caracteriza-se por apresentar um padrão de nebulosidade em forma de virgula. Além disso, as características do escoamento são identificadas pelos padrões de nebulosidade presentes nas imagens.

RESULTADOS

As imagens do período de 7 a 15 de agosto de 1993 (Fig. 1) mostram a evolução do vórtice do primeiro caso analisado. Estas imagens cobrem uma extensa área do Pacífico Sudeste, possibilitando uma boa visão da formação do VD sobre oceano. O primeiro par de imagens (dia 8) VA e IV, mostra uma região com nebulosidade (ABC) bem definida associada a um sistema frontal sobre o Oceano Pacífico, e um padrão de nebulosidade em forma de virgula (D) a oeste do litoral central do Chile. Aparentemente, a frente e o sistema D não estão relacionados entre si. Entretanto, observando a imagem de VA nota-se que a nebulosidade D está associada ao sistema frontal. Uma área branca de umidade ao sul de D une os dois sistemas. Esta união é mais evidente nas imagens (IV e VA) do dia 7

(imagens não mostradas). A banda escura na imagem de VA (indicada pela seta), a nordeste da configuração D, indica ventos fortes. Esses ventos estão associados a um ramo do jato subtropical (Fig. 1, Parte I) com a presença de nuvens cirrus que atravessam o norte de Chile. A outra banda escura (indicada pela seta), com rotação ciclônica no interior da frente, mostra um ramo do jato polar.

Na segunda seqüência de imagens (dia 9), a frente adquire uma orientação um pouco mais meridional em seu setor norte e sul (imagem IV), e desloca-se para leste. Observa-se em seu setor leste linhas transversais de nuvens cirrus, indicando turbulência associada à corrente de jato. Além disso, a nebulosidade no sistema D diminui, mantendo a configuração de virgula com nuvens cirrus e cirrustratos. Na imagem de VA observa-se o início do desprendimento do sistema D da frente, que estão separados por uma banda não muito escura. Neste dia, esse sistema tem uma configuração de vórtice ciclônico bem definida. No entanto, segundo a análise sinótica (Parte I), o VD ainda estava associado ao escoamento do cavado de altos níveis. É importante ressaltar que as análises sinóticas apresentadas na Parte I são médias diárias. Desta forma, algumas características mais específicas observadas nas imagens de satélites, não estão evidentes nas análises sinóticas. Observa-se que pela configuração bem definida da nebulosidade, o VD já está formado. O jato associado à frente fria estende-se anticiclonicamente para leste. A banda escura, paralela à costa sul do Perú, associada a um ramo do jato subtropical, definiu-se melhor e adquire uma inclinação mais meridional e intensifica-se (Fig. 2 dia 9, Parte I).

Na seqüência do dia 10, a imagem de VA mostra que a nebulosidade associada ao setor leste do VD encontra-se sobre o sul peruano, Bolívia e norte de Chile. O novo ramo do jato subtropical (banda escura bem definida) ao sul do vórtice, adquire uma curvatura anticiclônica, indicando intensificação. Observa-se também a separação do VD e da frente. O jato associado a frente, segue seu deslocamento para o leste. Na imagem IV, ainda não existe uma configuração definida do VD. Entretanto, observa-se uma área de nebulosidade com convecção sobre o sul Peruano, Bolívia e norte de Chile, associada ao setor leste do vórtice. Esta característica provocou fortes chuvas com presença de granizo no Sul do Peru (Boletim Climatológico do Instituto Geofísico do Perú, 1993). Além disso, provavelmente associado aos ventos fortes observados (Parte I), ocorreram temporais sobre a costa sul deste país, o que não é comum na região. Possivelmente o norte de Chile, assim como Bolívia e Argentina também sentiram o impacto deste sistema.

Na seqüência seguinte, dia 11, o VD localiza-se sobre a costa norte e central do Chile; seu setor leste com nebulosidade convectiva, estende-se também sobre a Bolívia e Noroeste de Argentina. Isto pode ser observado tanto no IV como no VA. O jato subtropical, ainda com curvatura ciclônica ao sul do vórtice, estende-se sobre o centro do Chile e Argentina. Além disso, observa-se uma banda de nuvens cirrus associada ao jato subtropical (indicada pela seta). Uma banda escura associada a ventos fortes encontra-se sobre costa sul peruana. Essa característica também foi visualizado na análise sinótica (Parte I).

Nos dias posteriores (imagens não mostradas), o VD com uma configuração bem definida pode ser facilmente monitorado nas imagens IV. A nebulosidade tipo cumulus e cumulonimbus concentra-se a leste desse sistema. Ele deslocou-se sobre a Argentina no dia 13, e no dia 14 alcança o Paraguai, atingindo posteriormente o sul do Brasil. Como conseqüência, ocorreram chuvas moderadas e fracas sobre a região (Climanalise, 1993).

O segundo VD ocorreu no período de 19 a 26 de Outubro de 1999. Neste caso, as imagens do satélite GOES-8 tinham uma cobertura limitada do Pacífico sudeste. Isto impediu uma visão ampla dos padrões de nebulosidade associados a formação do vórtice. No dia 20, sobre o oceano Pacífico a oeste da costa central de Chile, a imagem de VA já mostrava uma provável configuração de formação de VD. Observam-se duas evidências de formação do vórtice, uma banda escura bem definida atravessando a costa central de Chile (30°S), e outra mais ao norte que não está bem definida, mas tem uma linha de nuvens cirrus em seu setor norte (indicada pelas setas). A banda de cirrus também observada na imagem IV já era um indicativo da presença de um cavado em altos níveis, conforme mostrado na Parte I. A outra banda, melhor definida, possivelmente estava associada ao forte cisalhamento que cruza o centro do Chile (Parte I). Ao sul da América do Sul, um jato polar com uma curvatura anticiclônica (indicada pela seta) está evidente. Essa característica também foi observada na análise sinótica (Parte I). Estas características presentes na imagem de VA indicavam uma provável bifurcação do escoamento.

No dia 21, a imagem de VA identifica claramente a presença do VD a oeste da costa do Chile. A banda escura (ar seco) atravessa a costa central do Chile e situa-se ao sul do VD. Ela estende-se com curvatura ciclônica até o Norte da Argentina. A diferença em relação ao caso anterior é que o vórtice apresentou um centro escuro (ver imagem), indicando a presença de ar seco e subsidência. Provavelmente só havia nebulosidade baixa. Weldon (1991) explica que em situações desse tipo, aparentemente a presença de ar frio na troposfera média muda as características da inversão no topo da camada marítima. Assim, as nuvens baixas podem estar presentes no centro do VD. Observa-se também que no sul da América do Sul o jato polar desconfigura-se. Nesse dia, a imagem IV ainda não mostra evidências do VD.

A partir do dia 22, o vórtice apresenta uma banda de nebulosidade bem definida sobre o noroeste da Argentina, com nuvens cirrus e nuvens convectivas em seu setor sudeste (ver imagem IV). A banda escura ao sul do VD, associada ao jato subtropical, continua presente. Posteriormente o VD na fase madura pode ser facilmente monitorado através das imagens IV (não mostrado). Ele atravessa o continente, e atinge o sudeste do Brasil no dia 25. Finalmente o VD desloca-se para o Nordeste, e ao interagir com um sistema frontal sobre a Bahia intensifica-se, causando fortes chuvas na região (Climanálise, 1999).

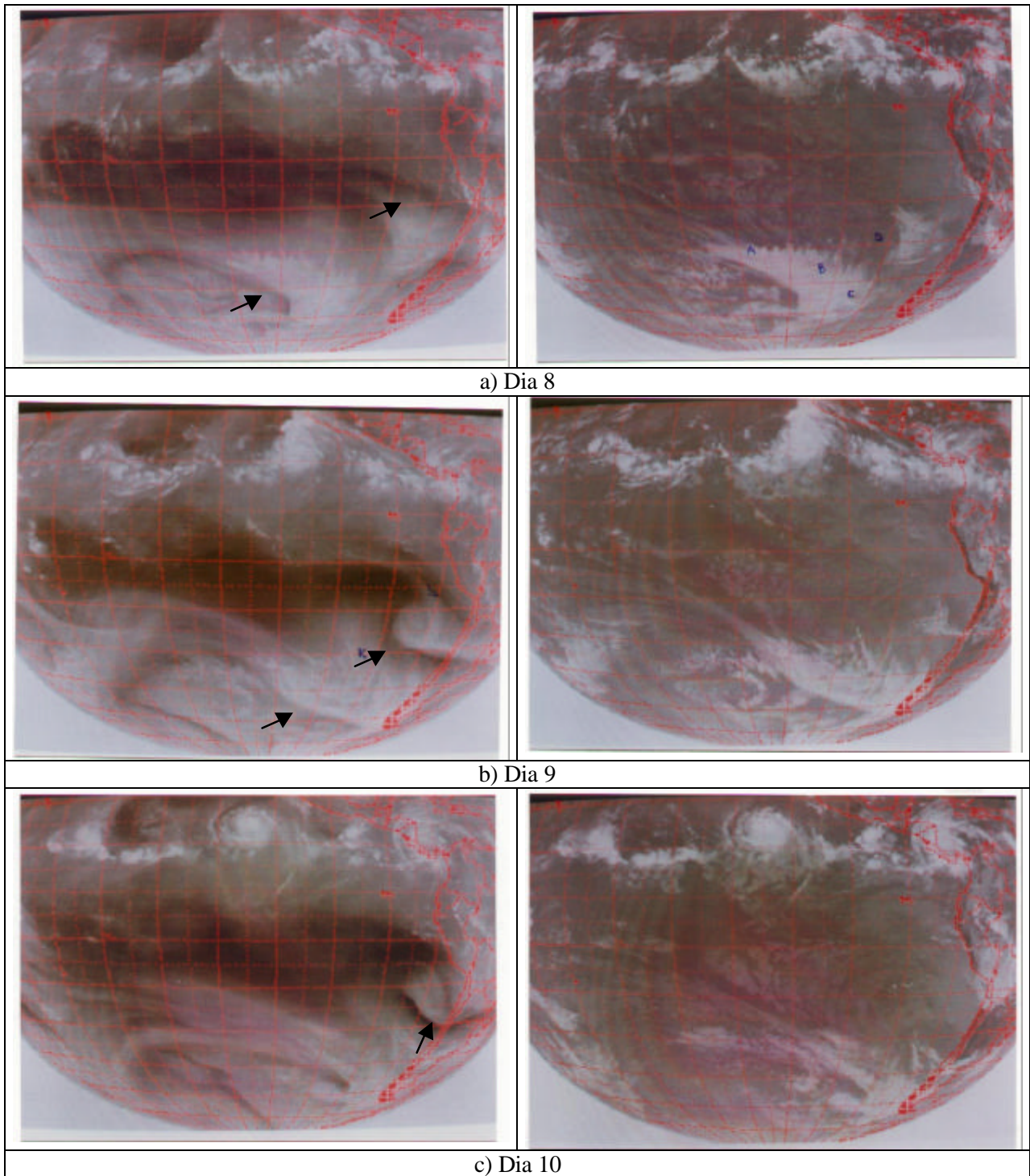


Fig.1. - Imagens do Satélite GOES-E no horário das 12:00 UTC, para o período do 7 ao 11 de Agosto de 1993, nos canais de vapor de água e infravermelho: a) dia 8, b) dia 9, c) dia 10, d) dia 11. As setas indicam áreas escuras associadas a corrente de jato.

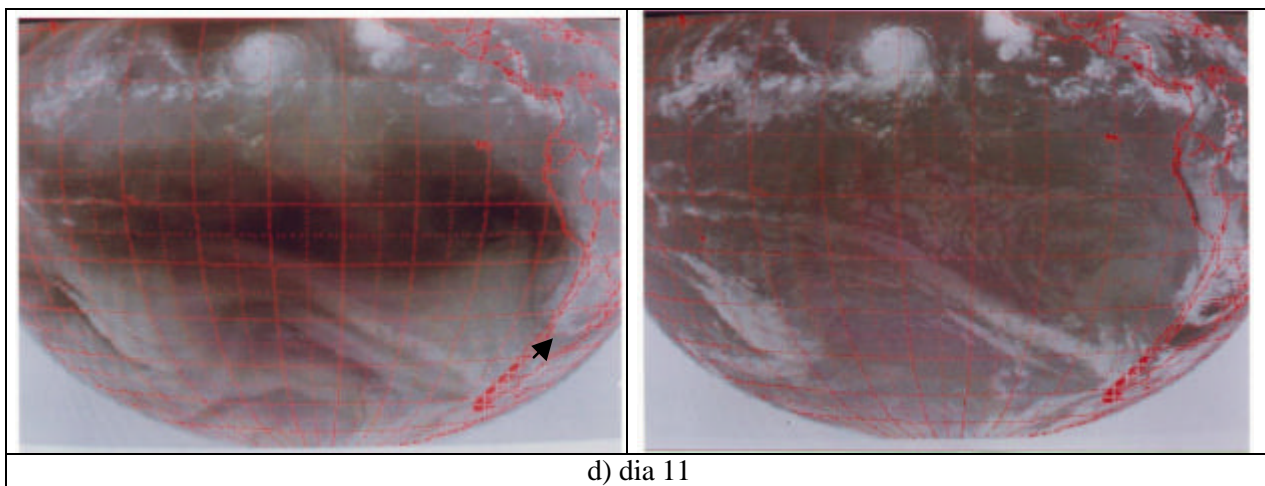


Fig. 1 – Continuação.

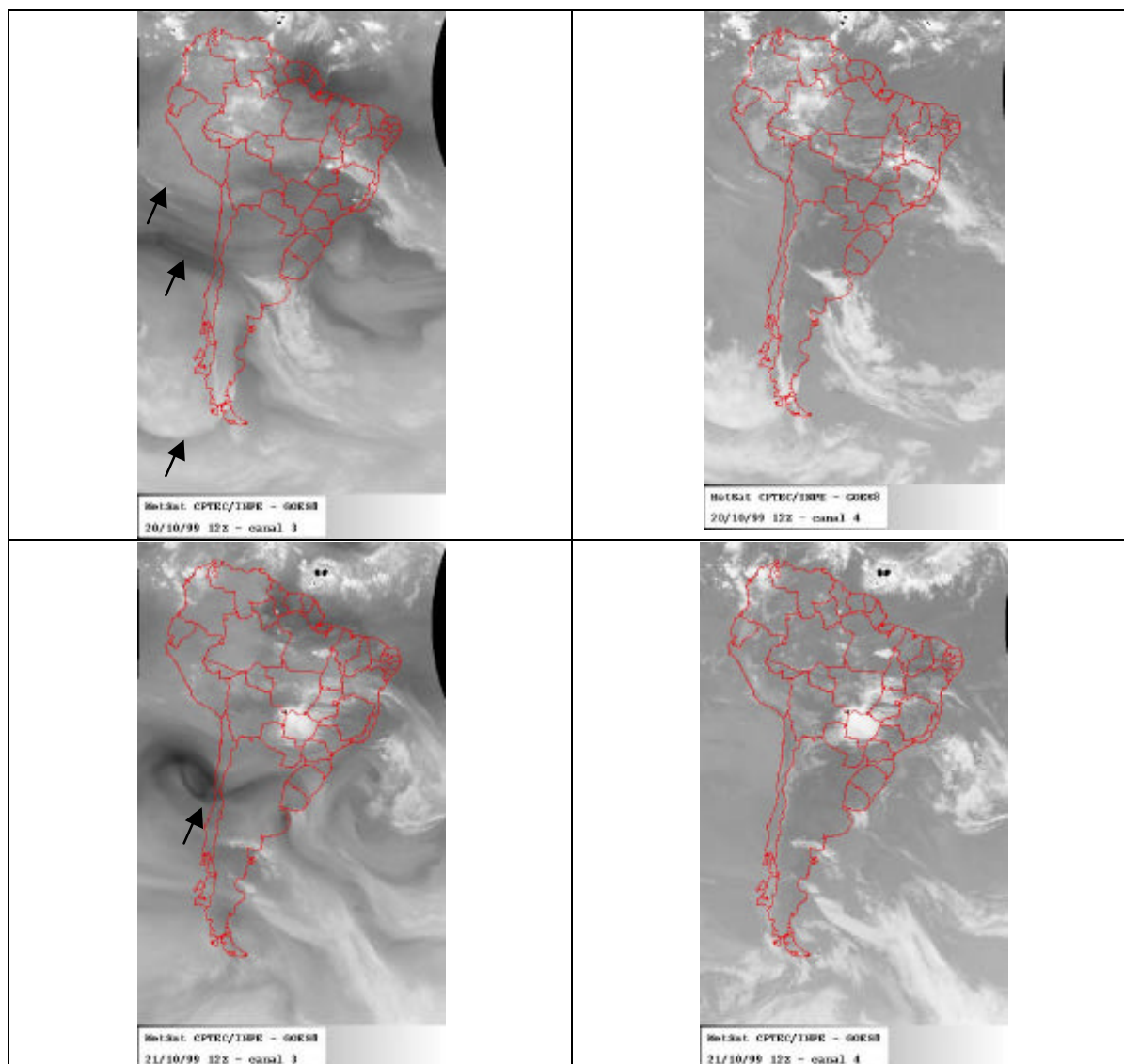


Fig.2 - Imagens do Satélite GOES-8 no horário das 12:00 UTC, para o período do 19 ao 23 de outubro, no canal IV e VA. As setas indicam áreas escuras associadas a corrente do jato.

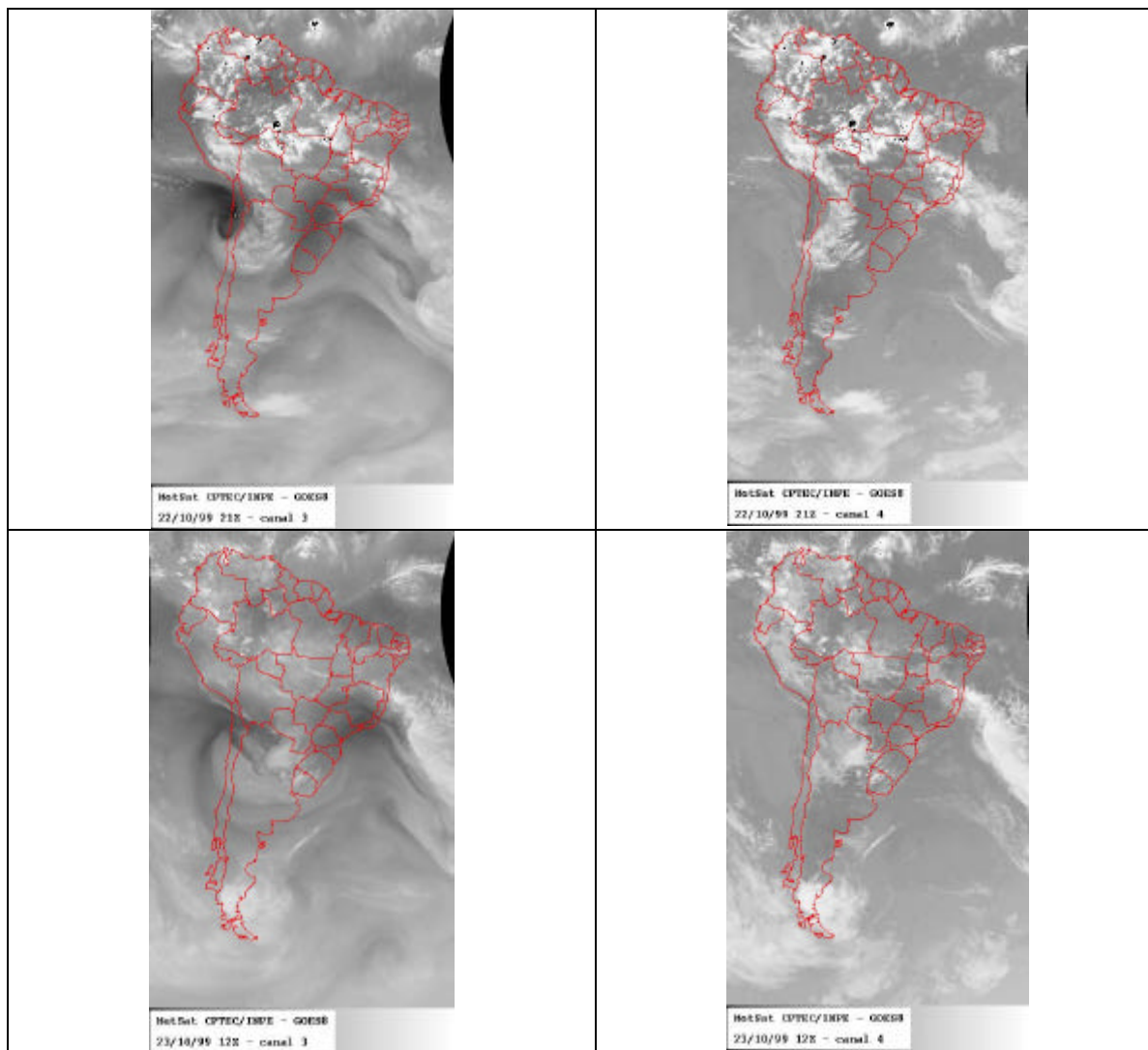


Fig. 2 – Continuação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das imagens de satélites meteorológicos, especificamente o canal de VA, é extremamente útil para o monitoramento da formação de VDs. Elas possibilitam identificar as características dos padrões de nebulosidade associados a esse tipo de sistema de tempo. No primeiro estudo de caso apresentado neste trabalho, os indícios da formação rápida de um VD foram a existência de uma frente fria bem definida, associada a uma ciclogênese em superfície em seu setor sudoeste, e a configuração da nebulosidade (D) no Pacífico Sudeste, próximo ao litoral oeste do Chile. De acordo com o campo de vento mostrado na Parte I, o setor leste da frente coincide com o eixo da crista (C) em altos níveis e a ciclogênese está associada a uma circulação ciclônica (V1) que se estende-se até o nível de 300 hPa. A configuração da nebulosidade (D) estava associada a um cavado em altos níveis, localizado ao norte da crista. Essa característica sugere a existência de uma bifurcação. O deslocamento da frente fria com uma inclinação NW-SE, acompanhado de um jato intenso, foi um indicativo da amplificação da C. Além disso, as células abertas a sudoeste da frente, no centro de V1 indicavam advecção de ar frio, o que também contribuiu para a intensificação da C. A separação do sistema D do sistema frontal, visível na imagem de VA, indicou o início da formação do VD. A

existência de um jato ao sul e ao nordeste desse vórtice contribuiu para a sua intensificação. Uma vez desprendido ele continuou sua evolução sobre o continente.

No segundo caso analisado, não foi possível observar os diversos padrões de nebulosidade associados ao escoamento, mas confirmou-se que o jato presente no setor sul e nordeste do VD contribuem para a intensificação e fortalecimento do sistema. Uma característica deste tipo de vórtice foi a presença de ar seco em seu centro, indicando uma modificação na inversão sobre a camada marítima. Isto também contribuiu para que ele não fosse detectado nas imagens IV em seu estágio inicial de formação.

Na fase inicial, em ambos os casos dos VDs, também foi observada uma banda escura ao nordeste dos vórtices associada a um ramo do jato subtropical. Esta importante característica, que foi observada apenas nas imagens de VA, também contribuiu para a formação do VD, como indicado na análise sinótica (Parte I – Ramírez, et al. 2000) deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- CLIMANÁLISE. Boletim de Monitoramento e Análise Climática. São José dos Campos, INPE. Ed. Carlos Nobre. Agosto, 1993.
- CLIMANÁLISE. Boletim de Monitoramento e Análise Climática. São José dos Campos, INPE. Ed. Carlos Nobre. Outubro, 1999.
- BOLETIN CLIMÁTICO, INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU. Observatório de Ancon. N° 4, Noviembre, 1993.
- WELDON, R. AND HELMES, S. Water Vapor Imagery. Interpretation and Applications to weather Analysis and Forecasting. NOAA Technical Report Nesdis 57. Washington. April, 1991.