

# Classificação Automática de Nebulosidade e Relações com Campos de Precipitação Prognosticados por um Modelo de Circulação Global

Marcus Jorge Bottino (1)

Juan Carlos Ceballos (2)

Paulo Nobre (3)

(1) Bolsista PIBIC.DCA.UFPb, estagiário CPTEC; (2) Pesquisador junto ao DCA.UFPb e CPTEC; (3) Pesquisador CPTEC/INPE

e-mails: bottino@dca.ufpb.br, juan@dca.ufpb.br, pnobre@cpfec.inpe.br

## Abstract

Cluster analysis was performed for Goes 8 images, defining 8 cloud cover types over the South American tropical belt, May 1996 at 1500 GMT. The resulting class distributions were compared with precipitation pattern forecasts from CPTEC/COLA GCM. Considering the spatial resolution and the data input for model, precipitation areas forecast satisfactorily fits to actually observed convective complexes and stratiform systems locations. This is not always the case for complexes in a smaller time and space scale, not forecast by the model.

## Introdução

Os mecanismos de desenvolvimento e precipitação dos sistemas meteorológicos na região tropical do Brasil ainda são de difícil prognóstico, devido à necessidade de um conhecimento mais exato dos campos de vento e de outras variáveis locais. O escasso número de estações de superfície e o ainda menor número de estações de altitude da América do Sul não permitem uma descrição mais precisa do vento nos diversos níveis da atmosfera na região. Uma ferramenta em crescente uso para suprir esta deficiência de dados é o sensoriamento remoto a partir de imagens de satélite meteorológico.

Imagens classificadas pelo tipo de cobertura de nuvens podem auxiliar no monitoramento de níveis de precipitação, e ao mesmo tempo estabelecer uma relação entre níveis de precipitação previstos e o tipo de nebulosidade presente.

Apresenta-se um estudo preliminar sobre imagens classificadas do satélite GOES 8 e comparações com campos de precipitação gerados pelo modelo global de previsão adotado pelo CPTEC, limitando-se à região tropical da América do Sul.

## Imagens GOES 8

Foi utilizado um conjunto de imagens do mês de maio de 1996, captadas pelo satélite geoestacionário de órbita equatorial GOES 8, situado em 75° W. Foram gravadas as bandas 1 e 4 correspondentes aos canais visível (VIS) e infravermelho térmico (IR), com faixas espectrais 0,52 - 0,72  $\mu\text{m}$  e 10,2 - 11,2  $\mu\text{m}$  respectivamente. A resolução espacial no ponto sub-satélite é de aproximadamente 1x1 km no canal VIS e 4x4 no canal IR.

Na versão utilizada as imagens enquadram toda a América do Sul entre as latitudes de -50° e +10° e as longitudes de -82° e -30°, constituem amostragens das imagens originais, projetadas em coordenadas retangulares latitude/longitude, compondo arquivos de 512 x 512 pixels. A resolução efetiva resultante é de aproximadamente 8x8 km em ambos os canais.

Foi selecionado como área de trabalho as latitudes de -20° a +10° e as longitudes de -82° a -30°, cobrindo a região tropical da América do Sul. O método de agrupamento descrito a seguir e a observação dos campos foram realizados sobre este sub-recorte. A figura 1 apresenta uma imagem deste sub-recorte no canal IR para o dia 23 de maio às 1500 hs GMT.

## Classificação da Cobertura Nublosa

Foi aplicado o método de agrupamento denominado "aglomerados dinâmicos" (Sèze e Desbois, 1987). Este método fora previamente implementado em programas computacionais através da linguagem "Visual Basic", com a estrutura de "janelas" no ambiente "Windows" (Bottino, 1996).

Um objeto (alvo) em uma imagem será identificado como uma superfície com uma certa distribuição de valores de *count* (VIS e IR) e de variância espacial "intrínseca" (VIS e IR), configurando histogramas típicos tetra-dimensionais. Consideram-se variáveis normalizadas com relação à média e variância da imagem. O método de agrupamento utilizado baseia-se no critério de mínima distância euclidiana entre pontos nesse hiperespaço (Bottino, 1996).

## Resultados da Classificação

Um conjunto de 20 imagens no horário das 1500 hs GMT entre os dias 9 e 28 de maio foi classificado pelo processo citado acima. Como resultado foram discriminadas 8 classes, representando sete tipos de coberturas de nuvens e uma de superfície. O horário de 1500 hs GMT (aprox. meio-dia solar no Brasil) apresenta a vantagem de ter uma distribuição mais uniforme de ângulos de incidência e de reflexão dos raios solares na região.

A tabela abaixo ilustra os resultados da classificação, caracterizando 8 grupos pelos respectivos valores médios (centróides) de brilho no VIS e IR, textura (em termos do desvio padrão) e temperatura.

A ordenação das classes segue à da temperatura de brilho. Observa-se uma exceção com a relativamente elevada temperatura média de nuvens cirriformes (devida a sua pequena espessura óptica, com transmitância parcial da radiação proveniente de camadas inferiores mais quentes). Um outro fator a ser considerado ao se observar os valores acima é a degradação espacial da imagem, a qual afeta as estimativas de textura ao considerar pontos com distância mínima de 8-10 km entre si.

Código e Tipo de cobertura	count VIS	textu. VIS	count IR	textu. IR	Temp. °C
Superf. - Superfície de solo e oceano.	20,3	2,2	111,0	2,5	24,5
St - Stratus e ou cumulus humilis.	23,0	4,7	125,5	3,7	17,5
Cu 1 - Cumulus mediocris.	44,0	13,7	134,4	5,3	13,0
Cu 2 - Cumulus congestus.	63,8	21,6	152,4	9,1	3,2
As - Altostratus e altocumulus.	67,2	10,0	175,2	7,9	-10,9
Cs - Cirrostratus.	34,0	8,7	150,3	13,7	4,4
Cc - Cirrocumulus.	50,6	17,2	168,4	23,5	-6,4
Cb - Complexos convectivos.	118,3	11,9	212,4	6,6	-41,3

## Campos do Modelo

O campo de precipitação prognosticado utilizado em nosso trabalho provém do modelo de escala global espectral de previsão de médio alcance MRF (Medium Range Forecast), com previsão de até seis dias. Os resultados têm uma resolução horizontal nas direções zonais e meridionais de  $1,875 \times 1,875^\circ$ , representando uma área de aprox.  $200 \times 200$  km por elemento de grade.

O modelo é rodado no supercomputador NEC SX3/12R., em 4 horários: 0000, 0600, 1200, 1800 e 2400 hs GMT. Na saída, os intervalos de previsão do modelo são de 6 hs para os três primeiros dias, 12 hs para o quarto e quinto dia e 24 hs para o sexto dia.

## Comparações

Uma amostra de 10 dias de maio foi selecionada para uma análise subjetiva. Foram sobrepostos às imagens classificadas das 1500 hs GMT, os campos prognosticados de precipitação, acumulada das 1200 às 1800 hs GMT.

Assumi-se inicialmente, dentro do intervalo do prognóstico, que: i) O campo de nebulosidade não sofreria grandes alterações diante da escala sinótica observada. ii) As coberturas mais significativas para precipitação, seriam os complexos convectivos formados por Cb's e as nuvens médias.

Como resultado da análise subjetiva dos 10 campos mencionados acima, descrevemos os seguintes aspectos: i) O modelo na maioria dos casos prevê a localização aproximada da ZCIT, compreendida de vários complexos convectivos cercados por nuvens médias e cirriformes. Entretanto, ocorrem erros significativos entre os centros de forte precipitação prognosticados e a posição dos complexos convectivos. ii) Em dois casos o modelo parece estimar o campo geral de precipitação mais ao norte, e em outros dois casos mais ao sul da região compreendida por nuvens precipitantes.

É nítido o erro apresentado pelo contorno das isolinhas com respeito a forma dos sistemas precipitantes. Deve-se entretanto considerar que: 1) O grande intervalo da grade do modelo e a precisão dos dados de inicialização, não

permite prever sistemas de pequena e meso escala de espaço e tempo. 2) O campo gerado pelo modelo corresponde ao total de precipitação acumulado em seis horas, e a imagem é um "instantâneo" no meio deste período.

## Comportamento de Alguns Complexos

O desenvolvimento dos complexos convectivos dentro do intervalo de tempo prognosticado pelo modelo foi observado por imagens classificadas das 1200, 1500 e 1800 hs GMT. Apresentamos aqui alguns resultados para o dia 23 de maio. Pode-se observar pelas imagens classificadas da figura 3 (em anexo), o comportamento dos complexos convectivos no período de 6 horas. Esta seqüência de imagens mostra que alguns complexos intensificam-se enquanto que outros se dissipam. Pensando em termos de pequena escala verifica-se uma grande variação espacial destes elementos, mas considerando o campo de nebulosidade de outras nuvens precipitantes e o conjunto em uma escala maior, pode-se esperar que o campo previsto pelo modelo (figura 2 em anexo) consegue identificar de forma aproximada as regiões precipitáveis.

A variação da temperatura média de alguns complexos convectivos classificados, e marcados pelos retângulos (alvos) a, b e c na figura 3, pode ser observada pela figura 4. A temperatura do topo de uma nuvem varia principalmente quando: o aprofundamento da nuvem (intensificação) provoca o resfriamento das partículas por elevação, por outro lado, o aquecimento deve ocorrer quando suas partículas descem para níveis inferiores (dissipação). Com respeito aos alvos selecionados salientamos as seguintes notas: i) Para os alvos a e b presentes em uma região com previsão de considerável precipitação a temperatura média sofreu pouca variação tendendo a um pequeno aquecimento, o que é de se esperar para complexos em fase de dissipação. ii) A temperatura média do alvo c não previsto pelo modelo como região precipitante, apresenta nos primeiros dois horários uma pequena elevação, mas em seguida um grande resfriamento ( $> 20^{\circ}\text{C}$ ).

## Referências Bibliográficas

Bottino, M.J. 1996. Classificação espacial e temporal de nebulosidade, baseada em imagens de satélite geostacionário. Relatório preliminar de pesquisa I.C. CNPq, março de 1996.

Sêze, G. e Desbois, M. 1987. Cloud cover analysis from satellite imagery using spatial and temporal characteristics of the data. *J. Climate A. Meteor.* 26: 287-303.

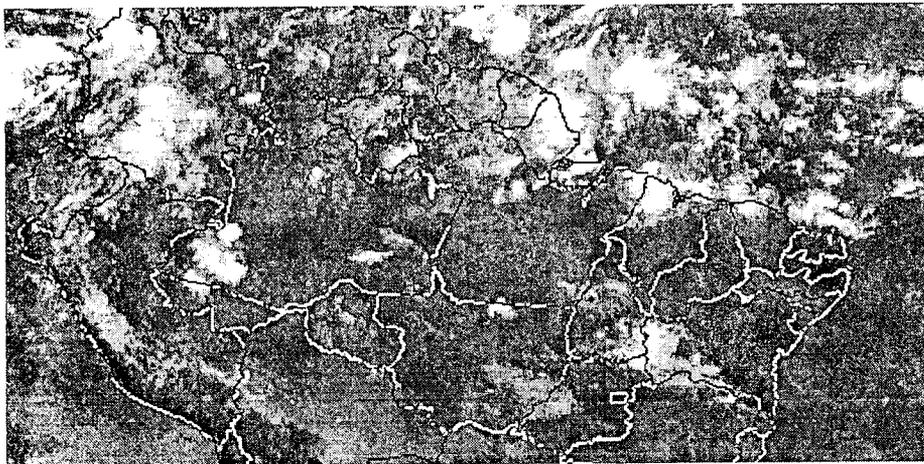


Fig. 1. Imagem GOES 8 no canal IR, 1500 hs GMT - 23/05/96.

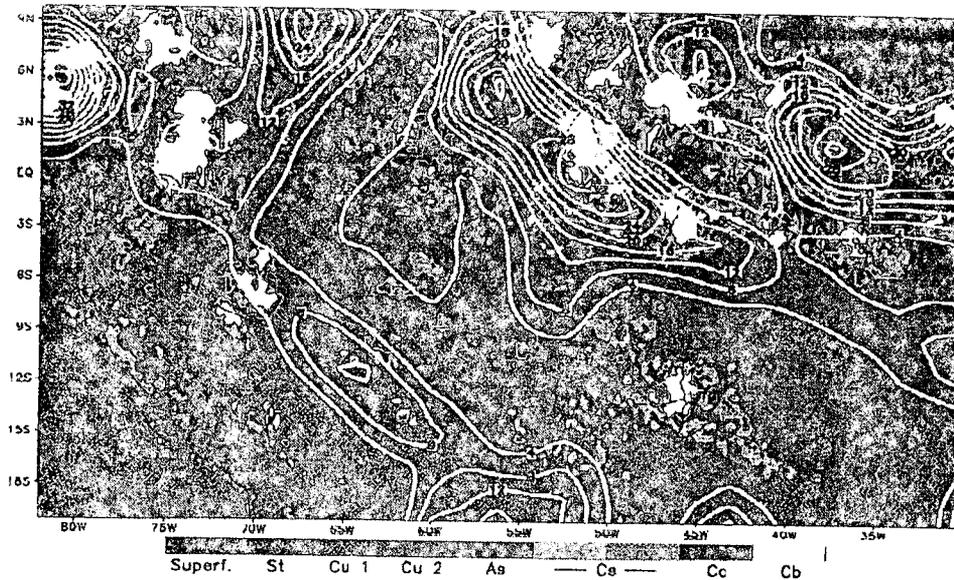


Fig. 2. Isolinhas: Campo prognosticado de precipitação acumulada 12 -18 GMT.  
 Áreas em tons: Imagem Classificada (15 GMT), tipo de cobertura vide legenda.

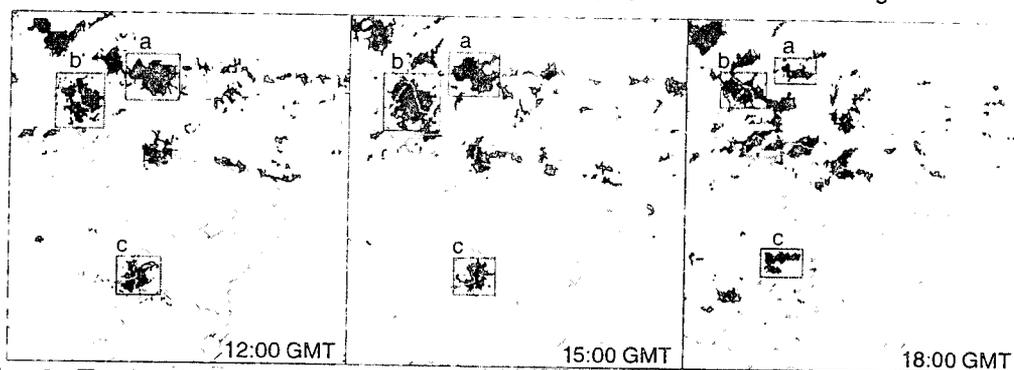


Fig. 3. Evolução da cobertura de complexos convectivos do dia 23 de maio.

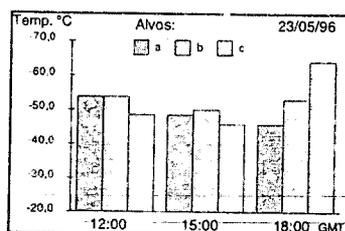


Fig. 4. Temperatura média de três complexos convectivos em três horários, identificáveis pelos alvos a, b e c sobre as imagens classificadas da figura 3.