

DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRECIPITAÇÃO UTILIZANDO SATÉLITE E RADAR METEOROLÓGICO

Jorge Conrado Conforte	1
Maria Aparecida Senaubar	2
Oswaldo Massambani	2
Fausto Carlos de Almeida	1

RESUMO

Este trabalho consiste na avaliação inicial de uma metodologia a ser utilizada no desenvolvimento de algoritmos objetivando-se inferir áreas de precipitação a partir de dados obtidos através de satélites meteorológicos e que sejam adequados à natureza dos sistemas meteorológicos da região tropical. Analisou-se um único caso através de imagens no IR e VIS e do campo de precipitação medido através de radar meteorológico para a região de Bauru-São Paulo. As imagens IR e VIS são navegadas em relação à localização geográfica do radar e dos dados de VIS e os CAPPIS do radar são reduzidos à mesma resolução espacial que a do IR. Apresenta-se neste trabalho os testes com diferentes limiares de intensidade VIS e IR e as respectivas comparações com o campo de precipitação medido através do radar meteorológico.

1. INTRODUÇÃO

A estimativa da quantidade de precipitação efetuada a partir de imagens de satélite é claramente de grande interesse à implementação de modelos numéricos de tempo e clima através da determinação da distribuição espacial aproximada do campo de calor latente liberado. Essa estimativa permite também ser utilizada como um indicador da intensidade de corrente ascendente, e sua distribuição espacial pode ser utilizada como um indicador da organização espacial da convecção (Martin e Scherer, 1973).

O sensoriamento remoto da precipitação é também de grande interesse, devido à grande variedade de aplicações operacionais incluindo hidrologia, hidroeletricidade e agricultura.

O fator de grande importância nas observações efetuadas através dos satélites meteorológicos é a significativa ampliação de área de cobertura alcançada pelos sensores a bordo do satélite. Com os sensores no visível (VIS) e Infra-vermelho (IR), torna-se possível obter dados de cobertura quase global, de forma praticamente contínua (a cada trinta minutos), durante o dia e à noite, e assim regiões continentais e marítimas são monitoradas com alta resolução espacial e temporal. Esse monitoramento permite uma inferência indireta do campo de precipitação associado à estrutura vista através daqueles sensores.

Neste trabalho relatamos sucintamente uma avaliação inicial de algoritmos que relacionam as intensidades IR e VIS objetivando a

-
- 1) Departamento de Meteorologia - INPE/CNPq
 - 2) Departamento de Meteorologia - IAG/USP

determinação de áreas de precipitação em regiões tropicais. O método inicialmente abordado é aquele utilizado por Lovejoy e Austin (1979). O campo de precipitação obtido pelo radar meteorológico Banda-C ($\lambda = 5$ cm) em Bauru-SP é utilizado como verdade terrestre para diagnosticar o "campo de precipitação" inferido a partir de diferentes limiares de intensidade IR e VIS obtidos para a mesma área que aquela apresentada pelo radar. Os dados referem-se àqueles obtidos durante o Experimento Meteorológico II do Projeto RADASP II.

2. DADOS BASE

Os dados obtidos através do satélite GOES (Geostationary Operational Environment Satellite) faz uso do sistema Radiômetro Visível e Infra-Vermelho de Varredura por Rotação (VISSR), que opera nas faixas espectrais de $0.5 - 0.7 \mu\text{m}$ (VIS) e $10.5 - 12.5 \mu\text{m}$ (IR). A resolução espacial da latitude de São Paulo é de $8 \times 4 \text{ km}^2$ (IR) e de $1 \times 1 \text{ km}^2$ (VIS) e esses dados referem-se a pixels em coordenadas esféricas. Publicação interna INPE (1980) apresenta a metodologia utilizada na recepção desses dados que é feita em Cachoeira Paulista-SP pelo INPE.

Os dados de precipitação foram coletados em Bauru-SP através de radar meteorológico Banda-C operado pelo IPMet/FEB. Este radar possui um sistema automático de coleta de dados e de processamento digital do campo 3-D da precipitação, a partir do qual constroem-se os mapas de precipitação e de altura constante CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator) (Massambani et alii, 1983).

O caso aqui apresentado refere-se à análise de imagens obtidas no dia 10 de fevereiro de 1983 às 16:30 hora local para a região central do Estado de São Paulo.

3. METODOLOGIA

As imagens digitalizadas do IR e VIS foram navegadas, utilizando-se a metodologia desenvolvida pelo INPE através do imageador I100, para a localidade de Bauru. O setor de interesse da imagem completa armazenada foi restrito unicamente à área de cobertura do radar a qual estabeleceu-se ser uma área retangular de $150 \times 150 \text{ km}^2$ com o centro sobre o radar meteorológico. A imagem foi então processada produzindo-se uma saída de 16 níveis de "counts" que são convertidas em temperatura de Topo (T) ou Intensidade no visível (I), através de níveis de calibração previamente estabelecidos. Para o VIS essa matriz resultante possui pixels com $1 \times 1 \text{ km}^2$ e para o IR, pixels de $8 \times 4 \text{ km}^2$. A partir destes a resolução do VIS é então deteriorada à resolução do IR, constituindo-se assim matrizes com a mesma resolução espacial de $8 \times 4 \text{ km}^2$. Por outro lado, a resolução espacial do radar é polar com "bins" de $1 \text{ km} \times 1^\circ$ de azimute.

Esses dados polares foram processados e convertidos à coordenadas cartesianas na projeção CAPPI, constituindo-se então uma matriz de $150 \times 150 \text{ km}^2$ com resolução de $8 \times 4 \text{ km}^2$ adequados à comparação com os dados do satélite. A partir desse novo conjunto de dados selecionou-se para análise, três diferentes limiares baseados nos trabalhos de Lovejoy e Austin (1979) e Griffith et alii (1978) determinou-se áreas comuns para as várias combinações desses limiares, conforme apresentados na tabela I.

Tabela I - Limiares de intensidades VIS e IR
Lovejoy et alii (1979) e Griffith et alii (1978).

VIS	IR →	T < 1°C	T < -15°C	T < -30°C
I > 0.47		< 1°C	< -15°C	< -30°C
		> 0.47	> 0.47	> 0.47
I > 0.60		< 1°C	< -15°C	< -30°C
		> 0.60	> 0.60	> 0.60
I > 0.68		< 1°C	< -15°C	< -30°C
		> 0.68	> 0.68	> 0.68

As distribuições espaciais dessas temperaturas (IR) e intensidades (VIS) são apresentadas na Figura 1 e as respectivas áreas comuns de IR e VIS para várias combinações daqueles limiares são apresentados na Figura 2. Na Figura 3 apresentamos o campo de precipitação obtido através do radar ao lado da aparentemente melhor correlação entre (IR x VIS) com o campo de precipitação.

4. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A região central do Estado de São Paulo no instante dessas observações estava sensivelmente encoberta o que pode ser evidenciado através das imagens IR e VIS da Figura 1. A área de precipitação sensivelmente inferior cobria grande parte de área de abrangência do radar (Figura 3).

À medida em que selecionamos limiares de baixas temperaturas estamos restringindo as observações dos topos mais elevados do sistema presente. Devido à natureza convectiva desse sistema observa-se uma redução na área correspondente. Analogamente, para maiores valores de I maior é a espessura da nebulosidade associada àquele ponto. De modo que a seleção de limiares crescentes de I permite a definição das regiões mais "densas" de nebulosidade (Barret e Martin, 1981). A partir dessa distribuição espacial de "temperaturas" e "espessura" determinamos as áreas comuns para as várias combinações desses limiares, conforme apresentados na Tabela 1.

A inspeção dessas imagens evidenciam que a espessura é neste caso um fator de maior importância no sentido de restringir as áreas de atividade associadas à precipitação. Isto pode ser observado através da redução da área de cobertura do VIS passando-se de I > 0.47 a I > 0.68. Enquanto que isso não é tão acentuado no IR. Este fato é também notável se compararmos o VIS com I > 0.68 com a intersecção de IR com T < -30° e VIS com I > 0.68 (Figura 1 e Figura 2). Note a não alteração do "pattern" resultante. Isto parece sugerir que as áreas de precipitação possuem como melhor indicador a espessura e não é fortemente dependente do campo de temperatura medido através de IR. Isto é suportado pelo fato de

ter-se observado precipitação em regiões cujos topos não eram tão elevados.

A comparação entre esse "pattern" com o da precipitação obtida através do radar (Figura 3), permite notarmos a existência de correlações positivas como também negativas entre eles. Entretanto há uma certa representatividade do campo VIS x IR em relação ao campo de precipitação.

Apesar de não conclusiva isto realça a necessidade de utilizarmos uma metodologia inversa, ou seja, dada a área de precipitação observada, determinarmos quais os valores observados para IR e VIS e deste modo definirmos não um limiar mas um intervalo de ΔI e ΔT que permita uma correlação positiva máxima entre os dois campos.

Note que os limiares aqui analisados referem-se àqueles discutidos na literatura e que foram obtidos para condições climáticas não similares às da região tropical, mas efetivamente indicam uma tendência positiva no sentido da melhor correlação com o campo de precipitação, mesmo em nossa região climática.

Uma análise dos processos físicos associados à precipitação inferida através do VIS e IR obtido via satélite será efetuada à luz da determinação dos melhores limiares a serem obtidos a partir dessa metodologia.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IPMet/FEB e ao INPE/CNPq pelo fornecimento dos dados aqui utilizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARRET, E.C. & MARTIN, D.W. The Use of Satellite Data Monitoring. Academic Press, 1981.
2. GRIFFITH, C.G.; WOODLEY, W.L.; GRUBE, P.G.; MARTIN, D.W.; STOUT, J. and SIKDAR, D.N. Rain Estimation from Geosynchronous Satellite Imagery - Visible and Infrared Studies. Mon. Wea. Rev., 106, (8), 1153-1170, 1978.
3. LOVEJOY, S. & AUSTIN, G.L. The Delineation of Rain Areas from Visible and IR Satellite Data from GATE and Mid-latitude. Atmosphere Ocean, 17 (1), 77-92, 1979.
4. MARTIN, D.W. & SCHERER, W.D. Review of Satellite Rainfall Estimation Methods. Bull. Amer. Meteor. Soc., 54 (7), 661-674, 1973.
5. MASSAMBANI, O; BRIGUENTI NETO, J. & CALHEIROS, R.V. A Automação do Processamento de Dados de Precipitação Obtidos por Radar Meteorológico em São Paulo. 1º CONAI - Congresso Nacional de Automação Industrial. 11 a 15 de junho de 1983, São Paulo, 280-285, 1983.
6. Publicação interna do INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais. Navegação das Imagens dos Satélites Meteorológicos Geoestacionários, 1980.

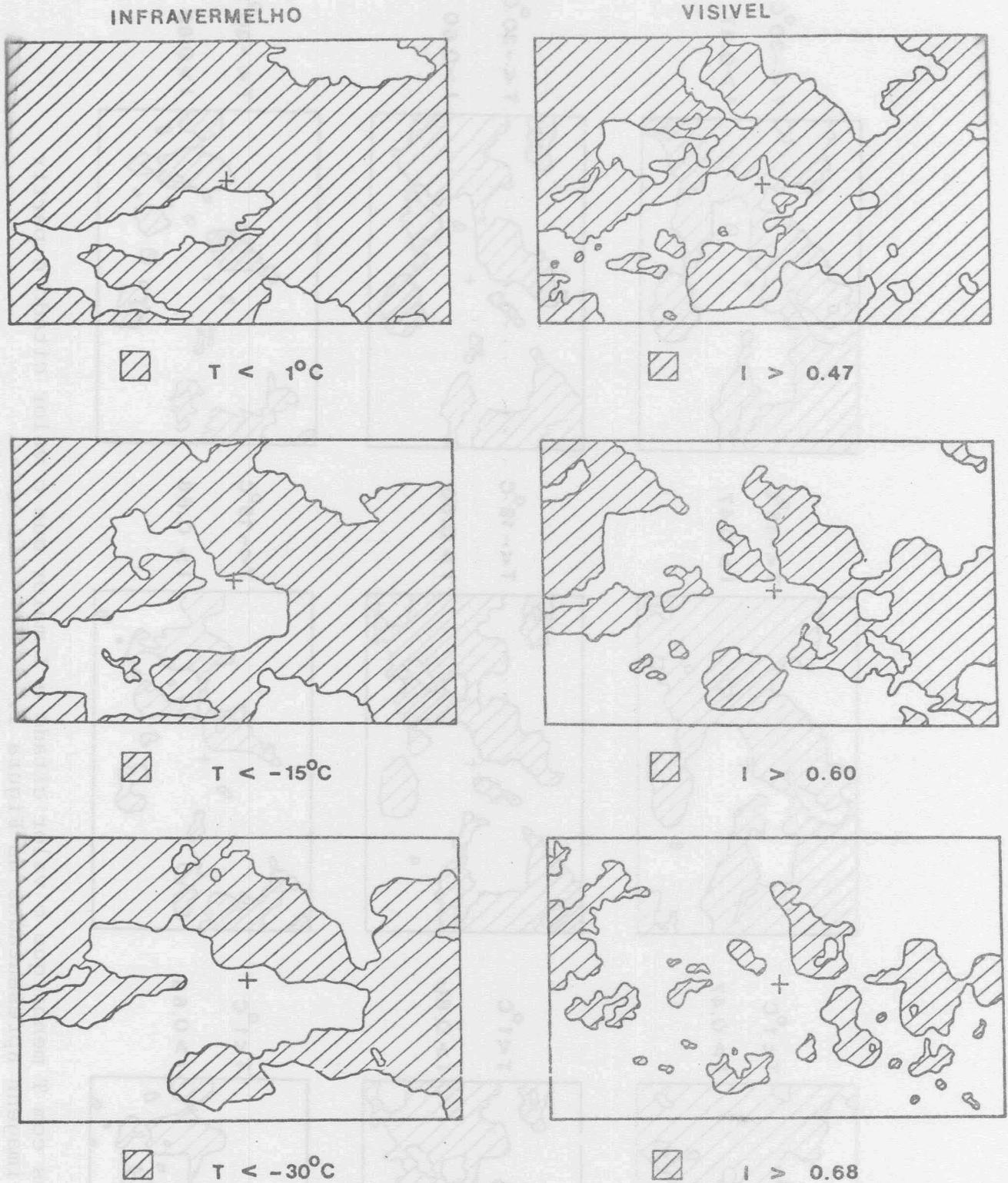


Figura 1. Imagem IR e VIS obtidos através do satélite GOES, medida 10/02/83 às 16:30 HL.

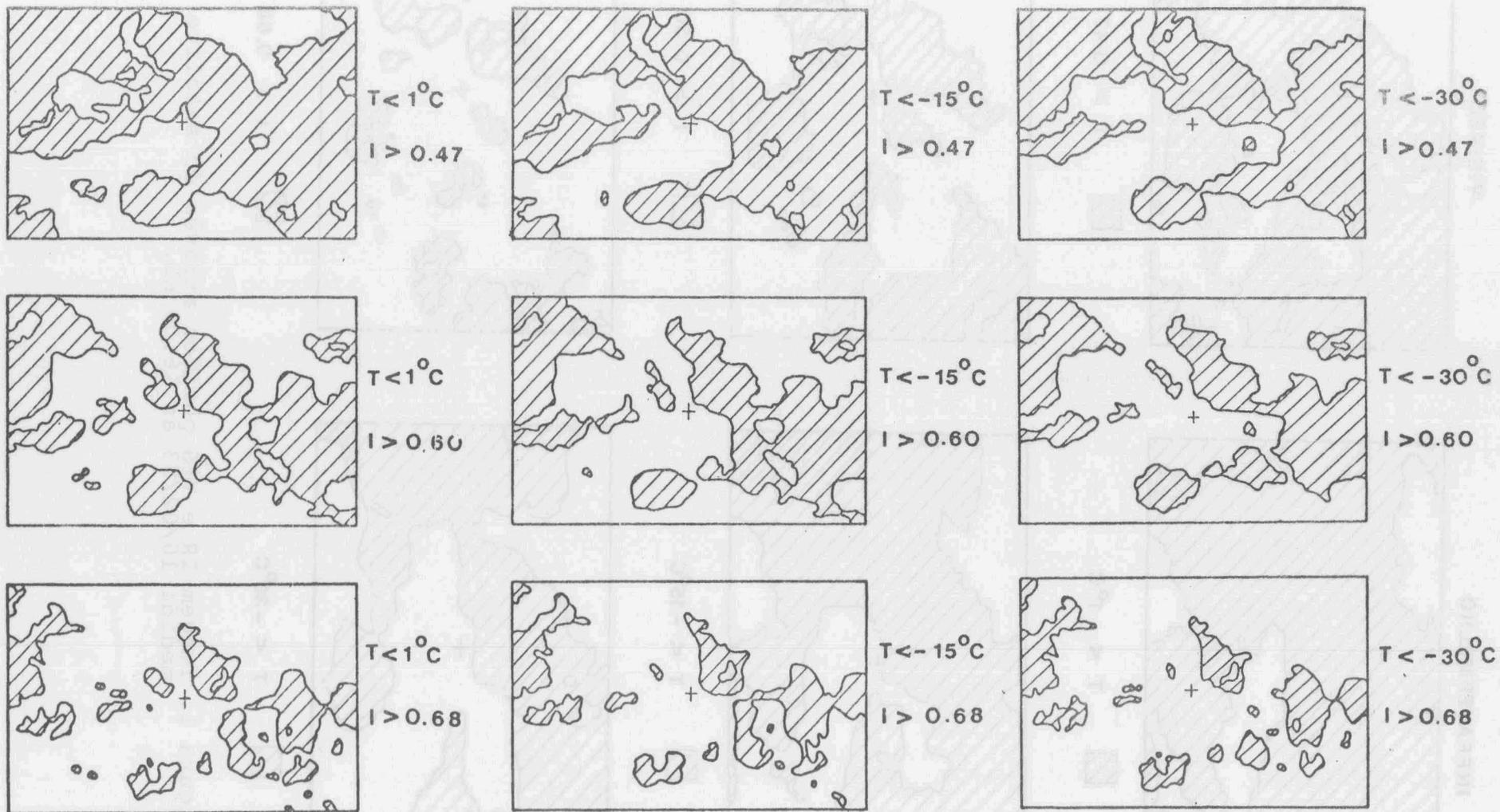
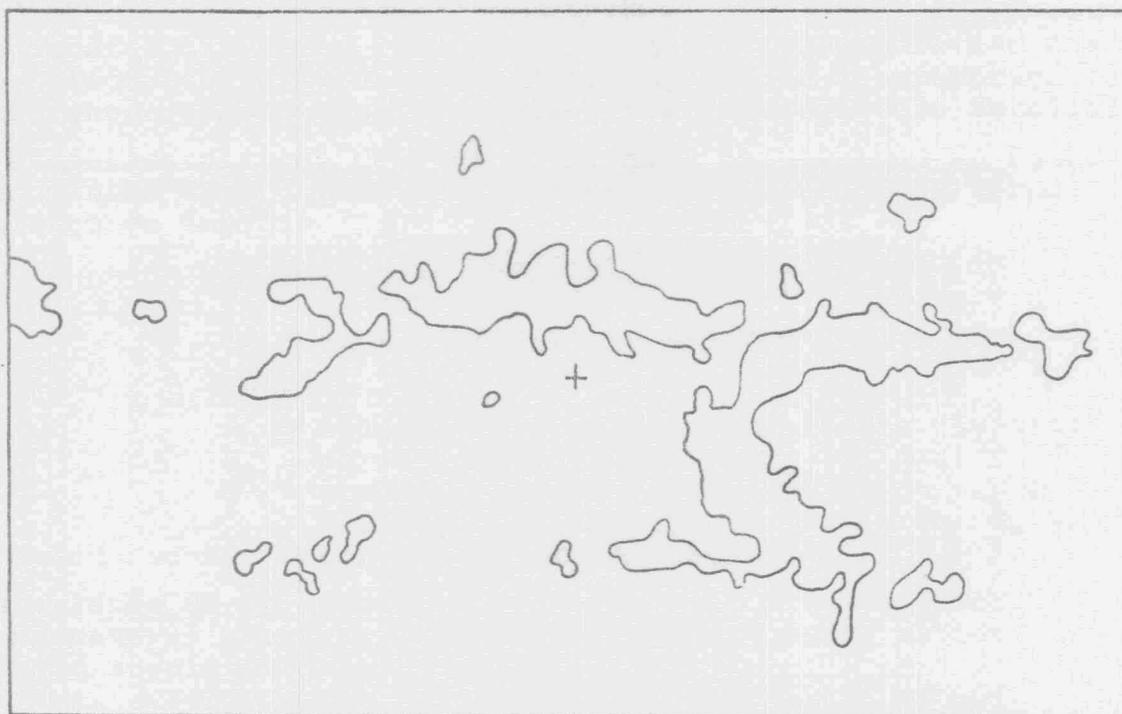


Figura 2. Áreas com T menor que o valor citado e I maior que o valor citado e partir das imagens apresentadas na Figura 1.



CAPPI - 3.5 Km

 $T < -30^{\circ}\text{C}$ e $I > 0.67$

Figura 3. Campo de precipitação medido pelo radar às 16:35 HL de 10/02/83 e o campo de correlação entre $T < -30^{\circ}\text{C}$ e $I > 0.67$ para o mesmo horário.

