

Previsão Imediata de Tempestades Intensas e Entendimento dos Processos Físicos no Interior das Nuvens

O SOS- CHUVA

(Sistema de Observação e Previsão de Tempo Severo)

Relatório do Subprojeto Estimativa de Precipitação por Satélite

Participantes: Daniel Alejandro Vila, Lia Amaral

1 -INTRODUÇÃO

Muitos esforços para quantificar as incertezas (componentes aleatórios e erros sistemáticos) associadas as estimativas de precipitação por satélite vem sendo feitos nos últimos anos. Um exemplo é Projeto CHUVA (Cloud processes of tHe main precipitation systems in Brazil: A contribUtion to cloud resolVing modeling and to the GPM [GlobAl Precipitation Measurement]), teve por objetivo principal coletar informações acerca dos processos físicos/microfísicos associados aos principais sistemas precipitantes através em seis diferentes regiões no Brasil através de sete campanhas experimentais ocorridas entre 2010 e 2014.

Cabe recordar que o Brasil possui uma área de aproximadamente 8,5 milhões de quilômetros quadrados e está situado principalmente ao sul da linha do Equador, propiciando a realização de estudos sobre convecção tropical continental através de variados regimes de precipitação em um único país. A região nordeste do Brasil é uma região semiárida, com ocorrência de nuvens quentes e convecção organizada influenciada pela Zona de Convergência Intertropical e Ondas de Leste. Na região amazônica, o predomínio é de convecção local, linhas de instabilidade, e sistemas convectivos de mesoescala. No sudeste, o regime é associado a passagens de sistemas frontais, sistemas convectivos de mesoescala e convecção local intensa. A particular extensão territorial do país implica também em alta heterogeneidade do tipo e uso do solo, extensa linha costeira e diversidade orográfica. Como o espectro eletromagnético em micro-ondas possui bandas de absorção que permitem a observação dos constituintes atmosféricos e microfísica de nuvens, os radiômetros em micro-ondas possuem maior habilidade em recuperar as taxas de precipitação que os sensores no visível e infravermelho.

Por outro lado, o projeto SOS-CHUVA tem por objetivo principal desenvolver conhecimento na área de previsão imediata e estimativa de precipitação por radar e satélite para reduzir o impacto na sociedade dos desastres climáticos associados à ocorrência de eventos extremos. A partir desse objetivo geral, diversos seus objetivos específicos foram colocados neste projeto sendo que este relatório abordará os seguintes aspectos: (a) Desenvolver uma estimativa de precipitação pelo radar testando as diferentes metodologias e ajustando as relações Z-R e Z-KDP e aplica-las a um modelo de produtividade agrícola; (b) Avaliar os dados de estimativas de precipitação por satélite (com ênfase na constelação GPM) com medidas na superfície.

Uma parte das pesquisas apresentadas neste relatório foram desenvolvidas em parceria com o grupo de validação de produtos de precipitação do H-SAF (EUMETSAT Satellite Application Facility on Support to

Operational Hydrology and Water Management). A atividade conjunta (“Federated Activity”) teve como objetivo homogeneizar, ao máximo possível, as metodologias de validação empregadas no grupo de validação do H-SAF (H-SAF Common Validation Code), de acordo com as características do conjunto de dados disponíveis no Brasil, e estabelecer uma estrutura colaborativa para a avaliação periódica dos produtos de estimativa de precipitação por satélite. Uma atividade similar foi proposta para a NASA para validar os produtos gerados pelo programa GPM (Global Precipitation Measurements) que está sendo avaliado pela coordenação científica desse programa.

2- ALGORITMOS DE PROCESSAMENTO DE DUPLA POLARIZAÇÃO PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO DE RADAR

O principal objetivo desta seção é fornecer estimativas de precipitação de radar para a validação dos produtos de precipitação durante o projeto CHUVA (Machado et al. 2014) realizado no Brasil, entre 2011 e 2014. De um modo geral, a estimativa de precipitação quantitativa (QPE) usando os radares meteorológicos é afetada por várias fontes de incerteza. Entre estas fontes, as mais importantes são as seguintes: calibração do radar, ground clutter, bloqueio do feixe, atenuação do radome molhado, atenuação da chuva, ampliação do feixe, enchimento do feixe não uniforme, variabilidade vertical da precipitação e interferências WLAN. Na banda X, a atenuação pode gerar efeitos prejudiciais nas aplicações de precipitação quantitativa.

São empregados diferentes estimadores de precipitação, com base na fase diferencial específica (K_{dp}), na refletividade (Z_h) e numa combinação das duas variáveis. Uma vez que o desempenho dos estimadores depende tanto da qualidade das variáveis polarimétricas e do processamento polarimétrico aplicado, o trabalho descreve a sequência do processamento polarimétrico e a qualidade das variáveis polarimétricas utilizadas

Uma versão otimizada da abordagem de qualidade de dados desenvolvida pelo Departamento Italiano de Proteção Civil (DPC) foi implementada neste trabalho, com o objetivo de avaliar a incerteza relacionada às fontes de erro acima mencionadas (“quality index”). Na Figura 1 é mostrada, em forma sintética, os processos mencionados no primeiro parágrafo.

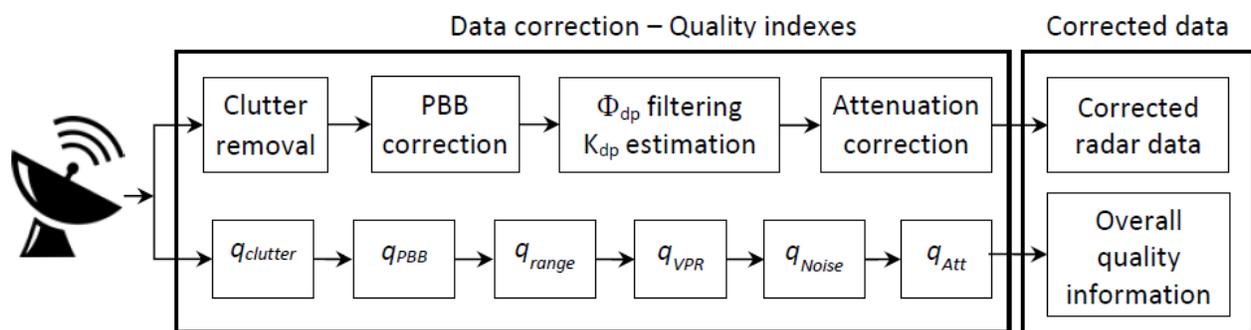


Figura 1: Sequência do processamento polarimétrico e a qualidade das variáveis polarimétricas

As variáveis $q_{clutter}$, q_{ppb} (partial beam blockage), q_{range} (distancia), q_{vpr} (vertical variability), q_{noise} (estimativa de fase diferencial) e q_{att} (atenuação) são combinadas em um único índice de qualidade que é calculado para cada volume de acordo com as seguintes equações:

$$q_{range} = q_{distance} \cdot q_{VPR}$$

$$q_{loss} = q_{PBB} \cdot q_{attenuation}$$

$$Q = q_{blank} \cdot q_{range} \cdot \max\{q_{loss}, q_{noise}\}$$

A Figura 2 mostra o PPI a 1° de elevação e o índice de qualidade associado (numa escala entre 0 e 1) para o dia 13 de novembro de 2011 às 22:06 UTC durante o experimento CHUVA-VALE. Valores menores que 0.5 devem ser utilizados com maior cautela devido às incertezas associadas com a estimativa.

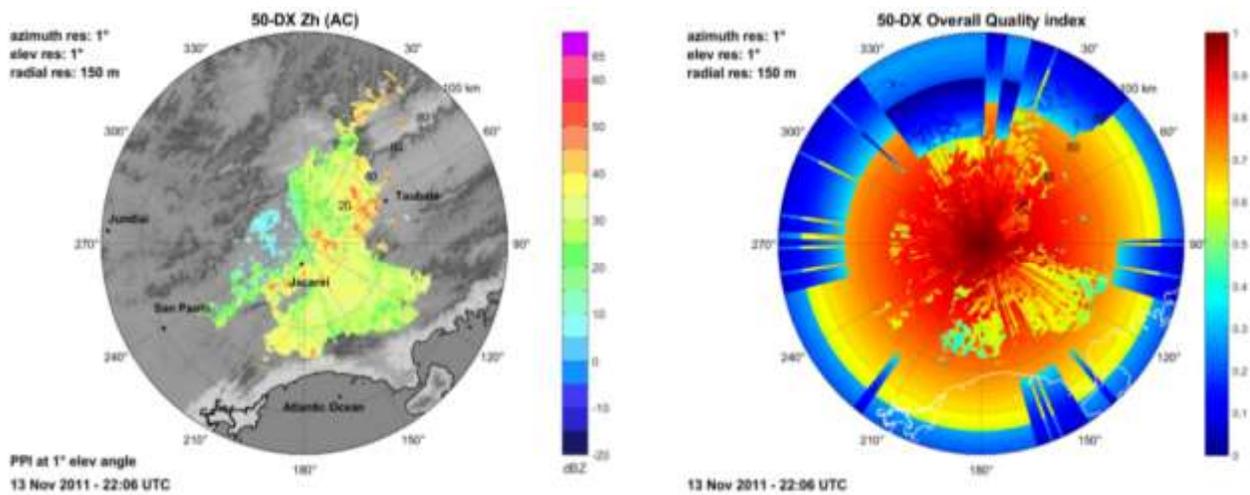


Figura 2: PPI a 1° de elevação (esquerda) e o índice de qualidade associado (numa escala entre 0 e 1, direita) para o dia 13 de novembro de 2011 às 22:06 UTC.

O objetivo desta primeira etapa é o tratamento dos dados do radar para avaliar diferentes algoritmos para a estimativa de precipitação por radar e definir qual é o melhor produto para comparar com as estimativas feitas por satélite. Nesse caso 4 algoritmos foram avaliados:

$$Z_h = 296 R(Z_h)^{1.47}$$

Rz → Coefficients by Marshall and Palmer (1948) (MP48)

$$R(K_{dp}) = 19.1931 K_{DP}^{0.85}$$

Rk2 → Coefficients by Bringi and Chandrasekar (2001) (BC01)

Rq2 → Combinação dos anteriores

Rq2vul15 →

$$R_q = \frac{q_{loss} \cdot R_Z + q_{Noise} \cdot R_K}{q_{loss} + q_{Noise}}$$

A Tabela 1 mostra as estatísticas para o evento do 13-14 de dezembro de 2011 no experimento CHUVA – VALE para os diferentes algoritmos utilizados para estimar a precipitação por radar. Neste caso, seis estações foram consideradas (CTA, IEAV, Jambeiro, CESP, Pousada e Caragua) e o valor do radar mais próximo da estação foi selecionado

NEAREST VALUE				
	R _Z	R _{K2}	R _{q2}	R _{q2vul15}
Corr	0.93	0.96	0.95	0.97
Bias	-0.71	-0.36	-0.54	-0.34
MAE	0.80	0.52	0.68	0.51
RMSE	2.36	1.87	2.42	1.86

As correlações dos diferentes modelos apresentaram valores acima de 0,90, sendo que Rq2vul15 teve o maior valor (0,97). O radar subestimou a chuva quando comparada com os pluviômetros, sendo que as estimativas que envolvem as variáveis polarimétricas tem um melhor desempenho.

3- AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO POR SATÉLITE

Com o objetivo de verificar o desempenho dos produtos de precipitação H-SAF (H01, H02 e H18) em comparação com os dados do Radar banda X coletados durante as campanhas do experimento CHUVA, e aplicando o código de validação comum (CVC) desenvolvido pelo Grupo de Validação de Produtos de Precipitação H-SAF (PPVG), foram calculadas as estatísticas para as campanhas de Manaus (IOP1 e IOP2) e CHUVA-VALE usando os algoritmos do H-SAF para os seguintes sensores:

SSMIS (H01)	
Source	NOAA Web Site (select overpasses from NOAA Web Site)
Satellites	DMSP Satellites
Format	Binary Files, NetCDF Format (ECMWF data)
File type	Complete orbit
AMSU-A, AMSU-B and MHS (H02)	
Source	NOAA Web Site
Satellites	NOAA-18, NOAA-19, MetOp-1 and MetOp-B
Format	Binary files, 1B (Use of AAPP to convert in 1C*)
File type	Complete orbit
ATMS (H18)	
Source	NOAA Web Site
Satellites	Suomi-NPP
Format	HDF5
File type	Fragmented orbit

Foram consideradas observações coincidentes as orbitas com tempo inferior a 16 minutos em relação ao tempo de observação do radar, enquanto os dados do radar foram reamostrados para coincidir com o IFOV de cada sensor usando uma função gaussiana. Na Figura 3 pode observar-se como este procedimento foi implantado no experimento CHUVA-VALE : na figura da esquerda o valor estimado pelo radar logo do processo de ‘upscaling’, a estimativa do algoritmo H01 (SSMI/S) no centro e o índice de qualidade a direita

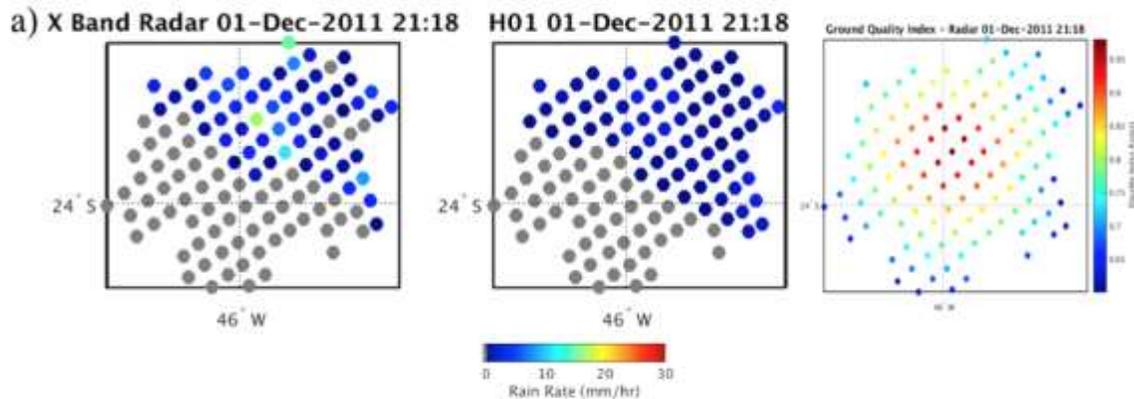


Figura 3: Valor estimado pelo radar logo do processo de ‘upscaling’ (esquerda), a estimativa do algoritmo H01 (SSMI/S) (centro) e o índice de qualidade (direita) para o dia 01 de dezembro de 2011 as 21:18 no Vale do Paraíba

Neste caso o valor estimado pelo satélite é menor que o observado pelo radar, enquanto as áreas de precipitação são bem próximas entre os dois sensores.

Esse processo foi implementado para outros eventos dessa campanha considerando o índice de qualidade como uma variável a considerar. As Tabelas 3 e 4 mostram os índices contínuos e categóricos para a quantidade de pixels indicada em cada caso (QI>0,5 = 368 pixels, QI>0,6 = 287 pixels e 181 pixels para QI>0,7 para os índices contínuos e 3569, 3197 e 2420 pixels para os índices multicategóricos) para H01.

PRODUCT	Sat. mean	Rad. mean	ME	RMSE	SD	FSE	CORR	PRODUCT	POD	FAR	CSI
H01								H01			
QI > 0,5	2,74	2,81	-0,07	3,78	3,77	1,34	0,39	QI > 0,5	0,62	0,42	0,42
QI > 0,6	2,67	2,88	-0,2	3,83	3,82	1,32	0,44	QI > 0,6	0,57	0,45	0,38
QI > 0,7	2,53	2,89	-0,35	4,00	3,98	1,38	0,44	QI > 0,7	0,49	0,49	0,33

Tabela 3: Continuous and multicategorical scores for H01 for Vale do Paraíba

PRODUCT H02	Sat. mean	Rad mean	ME	RMSE	SD	FSE	CORR	PRODUCT H02	POD	FAR	CSI
QI > 0,5	2,61	2,35	0,25	3,55	3,54	1,50	0,30	QI > 0,5	0,50	0,23	0,43
QI > 0,6	2,54	2,35	0,18	3,57	3,57	1,51	0,27	QI > 0,6	0,49	0,22	0,42
QI > 0,7	2,45	2,76	-0,30	3,56	3,55	1,29	0,37	QI > 0,7	0,43	0,21	0,39

Tabela 4: Idem for H02 for Vale do Paraíba

Dos principais resultados obtidos a partir desta comparação, é possível concluir que, tanto para os produtos H01 como para H02, o índice de qualidade tem uma baixa incidência nas estatísticas devido ao pequeno número de pixels. O viés (ME) apresentou valores negativos (positivos) para H01 (H02), mas todos eles inferiores a 1 mm/h. O POD não possui valores satisfatórios (de 0,43 a 0,62) no entanto, o FAR é maior para H01 que para H02. Para esta região, é necessário fazer uma verificação com uma amostra maior de pixels.

A partir destes resultados, o grupo pretende continuar o processo de validação das estimativas de precipitação para outros algoritmos relacionados com o programa GPM (GPROF) durante o projeto SOS-CHUVA utilizando a mesma metodologia descrita nos parágrafos anteriores. Outras atividades incluem a validação das estimativas do DPR/GPM em colaboração com a equipe de Ground Validation da missão GPM.