

CHUVA Project: Main Goals

WORKING GROUP-1: CHARACTERISTICS OF THE PRECIPITATING SYSTEMS AS FUNCTION OF THE REGION AND LIFE STAGE (Luiz Machado)

WORKING GROUP-2: PRECIPITATION ESTIMATION – DEVELOPMENT AND VALIDATION ALGORITHM (Daniel Vila)

WORKING GROUP-3: ELETRIFICATION PROCESS: MOVING FROM CLOUDS TO THUNDERSTORMS (Carlos Morales)

WORKING GROUP-4: CHARACTERISTICS OF THE BOUNDARY LAYER FOR DIFFERENT CLOUD PROCESSES AND PRECIPITATION REGIMES (Gilberto Fisch)

WORKING GROUP-5: MODEL IMPROVEMENTS AND VALIDATION, WITH FOCUS IN CLOUD MICROPHYSICS AND AEROSOL INTERACTIONS, FOR SATELLITE PRECIPITATION ESTIMATES IN BRAZIL (Maria Assunção Dias)

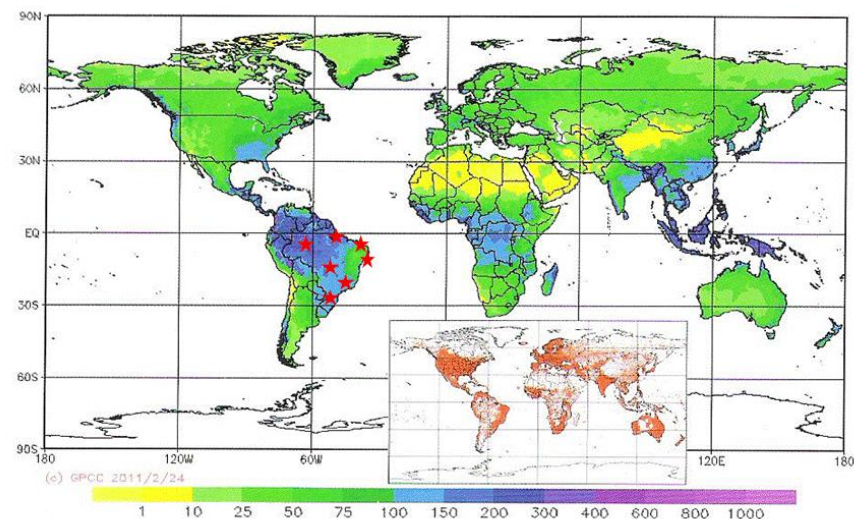
- **Contributes to Improve Rainfall Estimation Using Satellites and/or Radar**
- Contributes to Improve Skill of Cloud Resolving Models
- Develop a Cloud Process Climatology of the Main Precipitation Systems in Brazil.
- Develop Tools for Nowcasting.



CHUVA Field Campaign Schedule



| | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JUL | AUG | SEP | OCT | NOV | DEZ |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------------|
| 2010 | | | ALCAINTARA | | | | | | | | | |
| 2011 | | | FORTALEZA | FORTALEZA | | BELEM | BELEM | | | | Vale do Paraíba | Vale do Paraíba |
| 2012 | Vale do Paraíba | Vale do Paraíba | Vale do Paraíba | | | | | | | | Santa Maria | Santa Maria |
| 2013 | | BRASILIA | BRASILIA | | | | | | | | | |
| 2014 | | MAIAUS | MAIAUS | MAIAUS | MAIAUS | MAIAUS | MAIAUS | MAIAUS | MAIAUS | MAIAUS | MAIAUS | MAIAUS |



Plot of the annual precipitation in mm/month derived from the 12 monthly gridded GPCC climatologies. Underlying station locations are shown in the inset map.

Experimentos



ALCANTARA - MA

**THE PRE - CHUVA - GPM 2010
CAMPANHA - 01/03/2010 à
25/03/2010**



FORTALEZA - CE

29/03/2011 à 29/04/2011



BELEM - PA

30/06/2011 à 02/07/2011



**VALE DO
PARAÍBA - SP**

Vale do Paraíba

Short Campaign - several over the year – The way to improve rainfall records by selecting rainfall season of each region.

Clôncia e Tecnologia
Ministério da Ciência e Tecnologia

CHUVA PROJECT

CPTEC

Annual Report
Chuva Project on Media
Data
Dual Polarization Radar
Experiments
GPM Brazil
Institutions
Mission
History
Papers
Presentations
Schedule
Staff
The Chuva Project
Videos
Workshops and Courses

Latest News

First Scientific Chuva Workshop
May 24th and 25th

The Workshop will be held after two years of experiments, aiming to present all available data, they are organized and integrate the research groups.

Read More!

Experiments

COMPLETED! ALCANTARA - MA
COMPLETED! FORTALEZA - CE
COMPLETED! BELEM - PA
COMPLETED! VILA DO PARAIBA - SP
IN PREPARATION! SANTA MARIA - RS
BRASILIA - DF
MANAUS - AM

Project Supported By

FAPESP

Project 2009/15235-8

Chuva Project

The physical processes inside clouds are one of the most unknown components of weather and climate systems. A description of cloud processes through the use of standard meteorological parameters in numerical models has to be strongly improved to accurately describe the characteristics of hydrometeors, latent heating profiles, radiative balance, air

Field
Campaign
and SOS
System

CHUVA - Alcântara



GPM-CHUVA 2010

Good Afternoon! Wednesday, may 25th, 2011

[Home](#) [E-mail](#)

[CLA Experiment](#)

[Data](#)

[Data Report](#)

[GPM Brazil](#)

[Instruments](#)

[Location](#)

[Measurement Strategy](#)

[Metadata](#)

[Participants](#)

[Pictures](#)

[Quicklook](#)

[Weather Forecasting](#)

[Weather Report](#)

THE CHUVA PROJECT

The physical processes inside clouds are one of the most unknown components of weather and climate systems. A description of cloud processes through the use of standard meteorological parameters in numerical models has to be strongly improved to accurately describe the characteristics of hydrometeors, latent heating profiles, radiative balance, air entrainment and cloud updrafts and downdrafts. Numerical models have been improved to run at higher spatial resolutions where it is necessary to describe explicit these cloud processes. For instance, to analyze the effects of global warming in a given region it is necessary to perform simulations taking into account all of these cloud processes described above. Another important application which requires this knowledge is satellite precipitation estimation.

The Brazilian space program is planning to launch, in 2014 a satellite to measure precipitation, which will be part of the GPM (Global Precipitation Measurement) constellation program. Warm clouds are responsible for a large amount of the precipitation in the tropics, especially in coastal regions. This cloud type is little studied and is not considered in satellite rainfall retrievals. This project will carry out field experiments at seven sites to investigate the different precipitation regimes in Brazil. To study these precipitation regimes, the field campaigns will make use of dual polarization radar, lidar, microwave radiometers, disdrometer, radiosonde and various other instruments.

The analysis will be performed focusing on the microphysical evolution and cloud life cycle, different precipitation estimation algorithms, the development of thunderstorms and lightning formation, processes in the boundary layer and cloud microphysical modeling. This project intends to extend the knowledge of these cloud processes to reduce the uncertainties in precipitation estimation, mainly from warm clouds and, consequently, improving the knowledge of the water and energy budget and cloud microphysics. This research project will carry out studies on climate and physical processes by way of conventional and special observations in order to create a database that can describe the cloud processes of the main precipitating system in Brazil. Accordingly, this proposal aims at the development of a database that can be carried out to improve remote sensed precipitation estimation, thus validating and improving cloud microphysical parameterization in cloud models. This project will especially focus on the warm cloud precipitation produced by different types of convection.

THE PRE - CHUVA - GPM 2010 CAMPAIGN - MARCH, 1st TO 25th, 2010

Pre-Chuva GPM 2010 is a preliminary field campaign to prepare the series of campaign that will start at the end of 2010. The Campaign is supported by AEB, INCT-Mudanças Climáticas (CNPq/MCT-FAPESP), INPE and NASA.

The scientific campaign GPM-CHUVA 2010, began on Monday (2010-03-01), the Alcântara Launch Center (CLA) in Maranhão, in order to study the formation of raindrops from warm clouds, trying to improve models for weather forecasting and the estimation of precipitation from meteorological satellite data. The trial,





CHUVA -Fortaleza





CHUVA PROJECT



FORTALEZA - CE

Boa Tarde! Sábado, 02 de abril de 2011

 Home  E-mail

[Portal Chuva Project](#)

[Relatório de Dados](#)

[Fotos](#)

[Instrumentos](#)

[Localização](#)

[Estratégias de Medidas](#)

[Participantes](#)

[Previsão do Tempo](#)

[Boletim Meteorológico](#)

[Notícias](#)

Campanha científica para investigar nuvens "quentes" começa em abril, em Fortaleza

Campanhas científicas irão abranger sete regiões brasileiras. O objetivo é melhorar modelos de previsão e estimativa de chuvas.

Começa no mês de abril, em Fortaleza, o primeiro experimento de uma série de sete do Projeto Chuva, sob coordenação geral do CPTEC/INPE e financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). A campanha científica, organizada com a Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), pretende coletar dados de nuvens "quentes", típicas de regiões tropicais, que evoluem sem formar partículas de gelo em seu interior.

As nuvens quentes estão associadas às chuvas fortes e contínuas, que costumam provocar deslizamentos de encosta e enchentes, como as que ocorreram nos últimos anos em Santa Catarina, Rio de Janeiro, Alagoas e Pernambuco. Chuvas provocadas por nuvens quentes não são consideradas nas estimativas de precipitação dos atuais satélites em órbita, uma das principais preocupações do projeto, segundo o pesquisador do CPTEC/INPE, Luiz Augusto Machado, coordenador principal do Chuva.

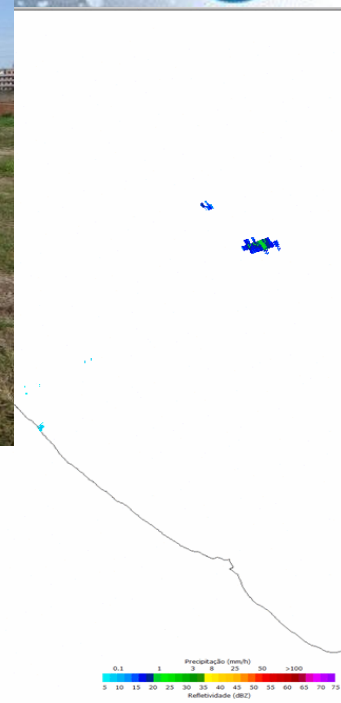
Os resultados da pesquisa irão orientar às especificações do satélite brasileiro que fará parte do programa Medidas Globais de Precipitação (<http://www.aeb.gov.br/mini.php?secao=gpm>) - Global Precipitation Measurement (GPM) -, liderado pelas agências espaciais dos Estados Unidos (NASA) e do Japão (JAXA). As pesquisas também serão aplicadas à área de mudanças climáticas, em análises dos efeitos dos aerossóis (partículas suspensas na atmosfera que podem ser natural ou associadas à poluição) na formação de nuvens de chuva e na modelagem de alta resolução espacial.

Nesta área em especial, os processos físicos associados às nuvens de tempestade, que evoluem em escala de alguns quilômetros, ainda são desconhecidos e descritos com pouca precisão pelos modelos numéricos de previsão de tempo e clima. Com o aumento da resolução espacial dos modelos de previsão, devido ao maior poder computacional do novo supercomputador do INPE, o Tupã, será preciso então descrever com maior detalhamento os processos que envolvem as partículas de chuva e gelo nas nuvens.

Sete regiões, com diferentes regimes de chuva e padrões climáticos, foram escolhidas para a realização das campanhas. Os experimentos irão cobrir regiões que costumam ser atingidas pelos principais sistemas convectivos do país, que apresentam a formação de nuvens quentes e de tempestades.

[Leia mais...](#)







CHUVA - Belém



Boa Tarde! Sexta-feira, 28 de outubro de 2011

[Home](#) [E-mail](#)

CAMPANHA DE BELÉM

[Portal Chuva Project](#)

[Relatório de Dados](#)

[Fotos](#)

[Instrumentos](#)

[Localização](#)

[Estratégias de Medidas](#)

[Participantes](#)

[Previsão Numérica](#)

[Boletim Meteorológico](#)

[Curso](#)

[SOS Belém](#)

[Quicklook](#)

[Balões Lagrangianos](#)

O projeto inicia em junho segundo experimento de campo para estudar e melhorar modelos de previsão e estimativa de chuvas.

Um mês após o encerramento da campanha científica de Fortaleza, começa em junho o segundo experimento de campo do Projeto Chuva, que até o final de 2012 cobrirá seis cidades. Desta vez, Belém (PA) será a sede da campanha, que terá o mesmo formato da de Fortaleza. Além dos trabalhos de coleta de dados, envolvendo diversas instituições e equipamentos, será montado o Sistema de Observação de Tempo Severo, como em Fortaleza, para a emissão de alertas e avisos meteorológicos, e o mini-curso - Processos Físicos das Nuvens -, voltado a alunos de graduação e pós-graduação, reeditado para ser realizado na Universidade Federal do Pará (UFPA).

O Projeto Chuva está sob a coordenação geral do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e conta com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

O foco principal da pesquisa será as linhas de instabilidades que se formam na região costeira do continente, dando origem a grandes aglomerados de nuvens Cúmulo Nimbo. Nesta época do ano, estes aglomerados penetram o interior da Amazônia, provocando chuvas intensas. Estas chuvas são fundamentais ao clima da Floresta Amazônica. Por outro lado, elas também provocam enchentes e prejuízos às cidades e metrópoles da região.

Para acompanhar os sistemas convectivos, o pesquisador Frederico Angelis, do CPTEC/INPE, e um dos coordenadores científicos do projeto, conta que será utilizado durante a campanha um dos mais avançados radares meteorológicos do mundo, com capacidade de discriminar diferentes tipos de precipitação e partículas no interior das nuvens. "O resultado é semelhante a uma tomografia, só que das nuvens", destaca.

A expectativa é de que as medidas tragam dados e informações que ajudem a conhecer melhor a estrutura das linhas de instabilidades. Os dados também poderão ser aplicados em áreas de pesquisa de mudanças climáticas e em análises dos efeitos dos aerossóis (partículas suspensas na atmosfera) na formação de nuvens de chuva.

Os processos de eletrificação das nuvens também serão estudados nesta campanha. O pesquisador da USP, Carlos Augusto Morales, coordena as atividades na área e a coleta de dados.

Outro resultado esperado com grande expectativa é a obtenção de dados que permitirão às novas gerações de satélites meteorológicos estimar as chuvas da região. As medidas de campo serão úteis na especificação de sensores a bordo de um satélite brasileiro, que fará parte do programa Global Precipitation Measurement (GPM ou Medidas Globais de Precipitação), sob a liderança das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA) e do Japão (JAXA).

Melhoria das previsões - O pesquisador Luiz Augusto Machado afirma que os processos físicos associados às nuvens de tempestade, que evoluem em escala de alguns quilômetros, ainda não são totalmente conhecidos e há pouca precisão na sua descrição pelos modelos numéricos de previsão de tempo e clima.

Com o aumento da resolução espacial dos atuais modelos, devido ao maior poder computacional do novo supercomputador do INPE (batizado de Tupã), os processos que envolvem as partículas de chuva e gelo nas nuvens terão que ser descritos com maior detalhamento. O pesquisador Saulo Freitas, também do CPTEC, irá rodar, durante a campanha, um modelo de alta resolução, com o intuito de testar e validar a previsão imediata para a região.







CHUVA – GLM - Vale do Paraíba



CHUVA PROJECT

GLM - VALE DO PARAÍBA

Sem Dia! Terça-feira, 05 de novembro de 2011

GLM - Vale do Paraíba

Portal Chuva Project

Relatório

Fotos

Instrumentos

Localização

Estratégias de medição

Participantes

Previsão Numérica

Satélite

Curso

SOS - Vale do Paraíba

Quicklook

O Projeto CHUVA continua realizando medidas das principais regimes de precipitação do país, após Alcântara (MA), Portaleza (CE) e Itolém (PA), agora é a vez do Vale do Paraíba. O curso associado ao experimento será ministrado na UFRJ, no Instituto de Geociências, nos dias 24 e 31 de outubro. No dia seguinte, 1 de novembro o experimento inicia a coleta de dados que irá se encerrar no dia 22 de Dezembro. Os dados coletados, relatórios, fotos, o sistema SOS, as aulas e todas as informações da campanha podem ser acessadas pela página do projeto - <http://chuva.project.cptec.inpe.br/portal/br/> - acessar o link experimentos e selecionar CHUVA-GLM-Vale do Paraíba.

O Projeto CHUVA consiste em 7 campanhas em diferentes regiões do país que permitem definir as características microfísicas das principais regimes de precipitação do país e consequentemente melhorar a estimativa de precipitação por satélite e radar, a modelagem em alta resolução espacial, a previsão imediata de tempestade e aprimorar o entendimento das processos físicos envolvidos na formação e no ciclo de vida das nuvens e da precipitação.

Os experimentos utilizam um radar meteorológico de dupla polarização, o mais moderno do país e diversos instrumentos tais como: radares de apontamento vertical para medir as perfis verticais das nuvens, Lidar para medir as partículas na atmosfera, uma rede de GPS para medida da umidade na atmosfera, uma rede de radiômetros para fazer medidas em alta resolução da dinâmica e termodinâmica da atmosfera, diafrômetros para medir as tamanhos das gotas de chuva, pluviômetros para medir a quantidade de chuva, uma torre de medidas das fluxos na superfície, um radiômetro de microondas para medir a quantidade de água líquida das nuvens.

Para o CHUVA-GLM-Vale do Paraíba, tornamos o radar instalado na UNIVAP, onde será o control de operações da campanha, diversas alturas de medidas na direção do litoral para estudar as mudanças nas características das nuvens e tempestades entre o litoral e o Vale. Também espalhados em uma rede de abrangência tornamos uma rede de detectores de descargas elétricas da NOAA e de diversas campanhas (caloré serão realizada uma intercomparação de sensores), e rede de descargas elétricas da EUMETSAT/INPE e câmeras de alta velocidade para filmagem das descargas elétricas. Esses instrumentos irão proporcionar um conjunto de medidas únicas no região e no Brasil.

Associado ao experimento caloré ocorrendo medidas do GLM (Geostationary Lightning Mapper) que são medidas tridimensionais das descargas elétricas para apoiar o desenvolvimento dos algoritmos de estimativa de descargas elétricas que equiparão a futura geração de satélites geostacionários meteorológicos da NOAA e da EUMETSAT.

Os resultados da pesquisa irão também apoiar o programa Medidas Globais de Precipitação (<http://www.esb.gov.br/minis.php?acao=gpm>) - Global Precipitation Measurement (GPM) -, liderado pelas agências espaciais dos Estados Unidos (NASA) e do Japão (JAXA). O Brasil também lançou um satélite para compor a constelação do GPM. As pesquisas também serão aplicadas à área de mudanças climáticas, em análises dos efeitos das aerossóis (partículas suspensas na atmosfera que podem ser naturais ou associadas à poluição) na formação de nuvens de chuva e na modelagem de alta resolução espacial.

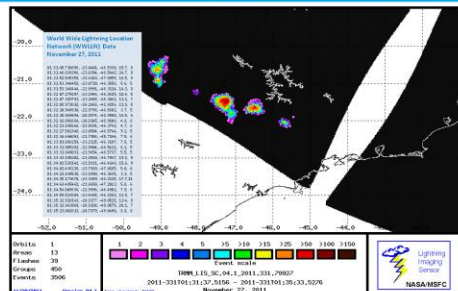
Aproveitando essa infraestrutura de pesquisa o Projeto CHUVA irá realizar um plano de ações disponibilizando informações em tempo real para as torres de descargas como a Defesa Civil do Vale do Paraíba e o CEMADEN, tal sistema será chamado de SOS-CHUVA-Vale do Paraíba.

Chuva Project 2011



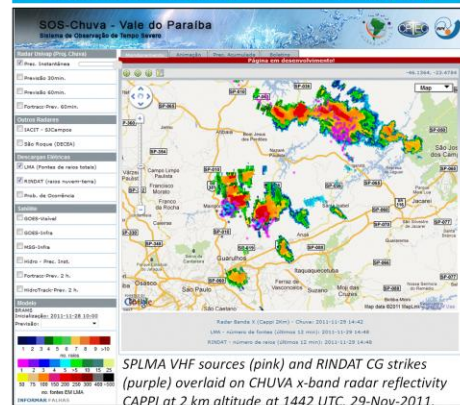


Coincident LIS, WWLLN, & LMA Observations

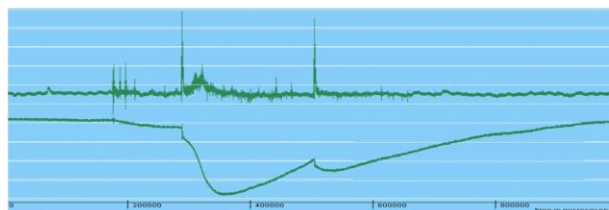
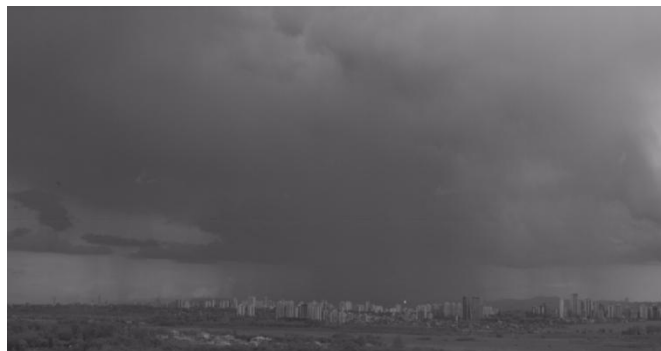


São Paulo Lightning Mapping Array (SPLMA) station showing the VHF (Channel 8, 162 MHz) ground plane antenna, sensor electronics and computer package (left). Plot with horizontal and vertical projections of 1-hour source density for 0100-0200 UTC on 27-Nov-2011 encompassing the LIS overpass 0131-0135 UTC and WWLLN observations (above).

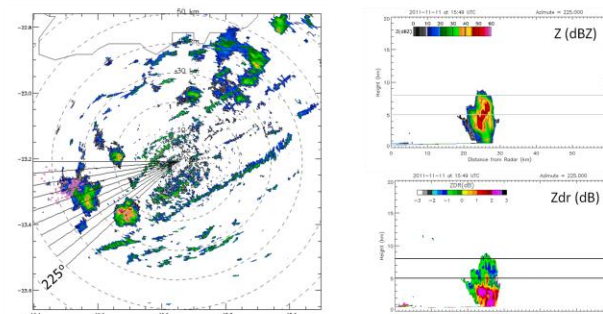
Coincident Radar, LMA, RINDAT (CG)



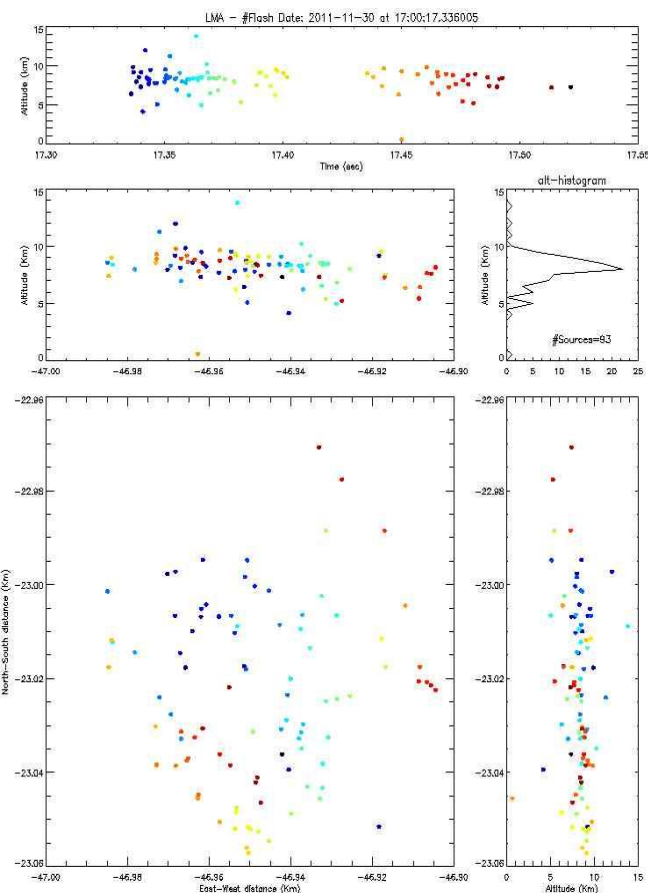
High Speed Video, Electric Field and Radar



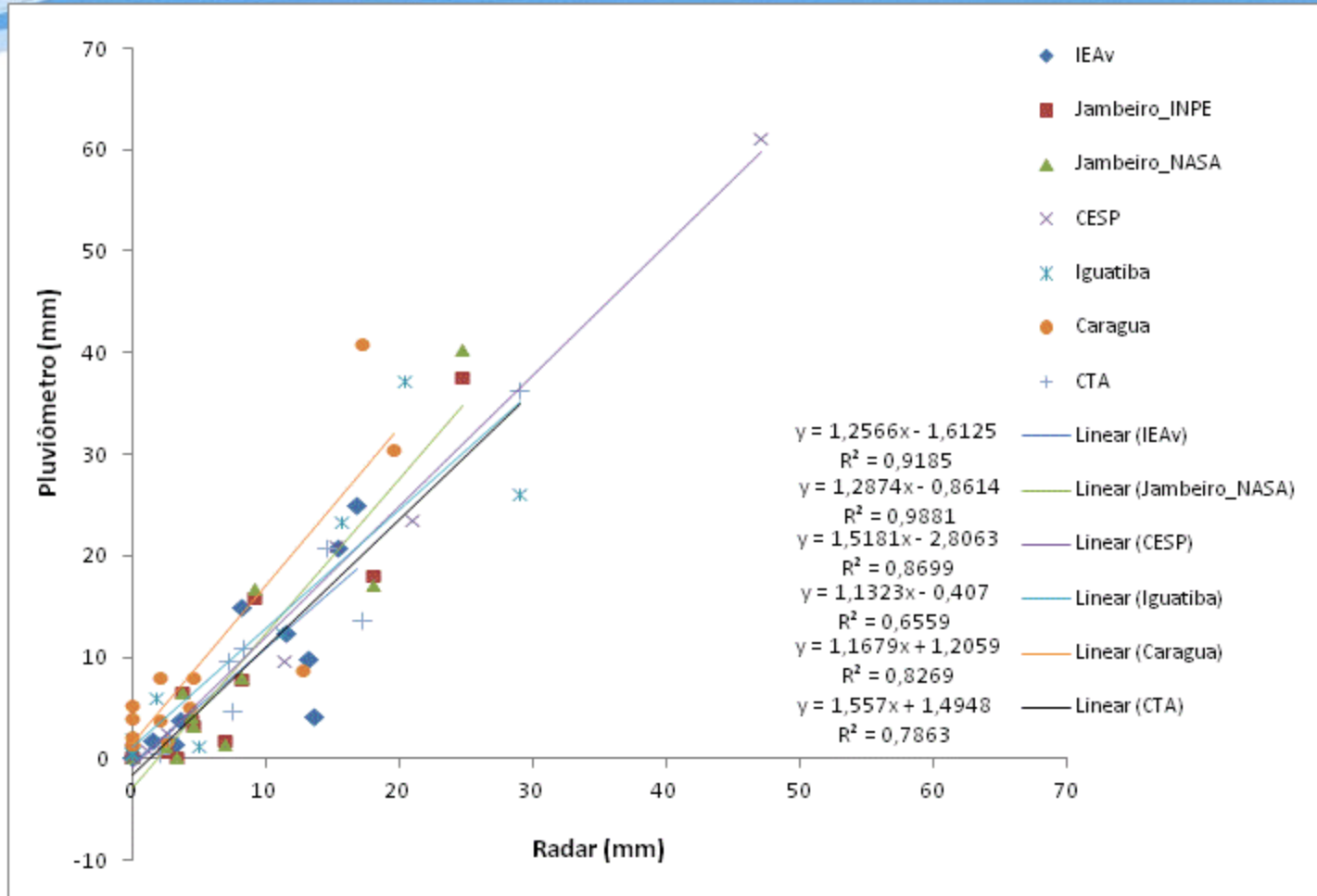
Slow-E and fast-E field for a positive CG flash



X-band dual-pol radar reflectivity CAPPI (dBZ) with overlay of SPLMA VHF sources in pink (above left) on 11-Nov-2011. Cross-section of reflectivity (dBZ, upper right) and Zdr (dB, lower right) along 225 degree azimuth. Region of frozen hydrometeors indicated by the high reflectivity and negative Zdr above the melting level at ~4 km.



Radar Rainfall and Raingauge - Daily

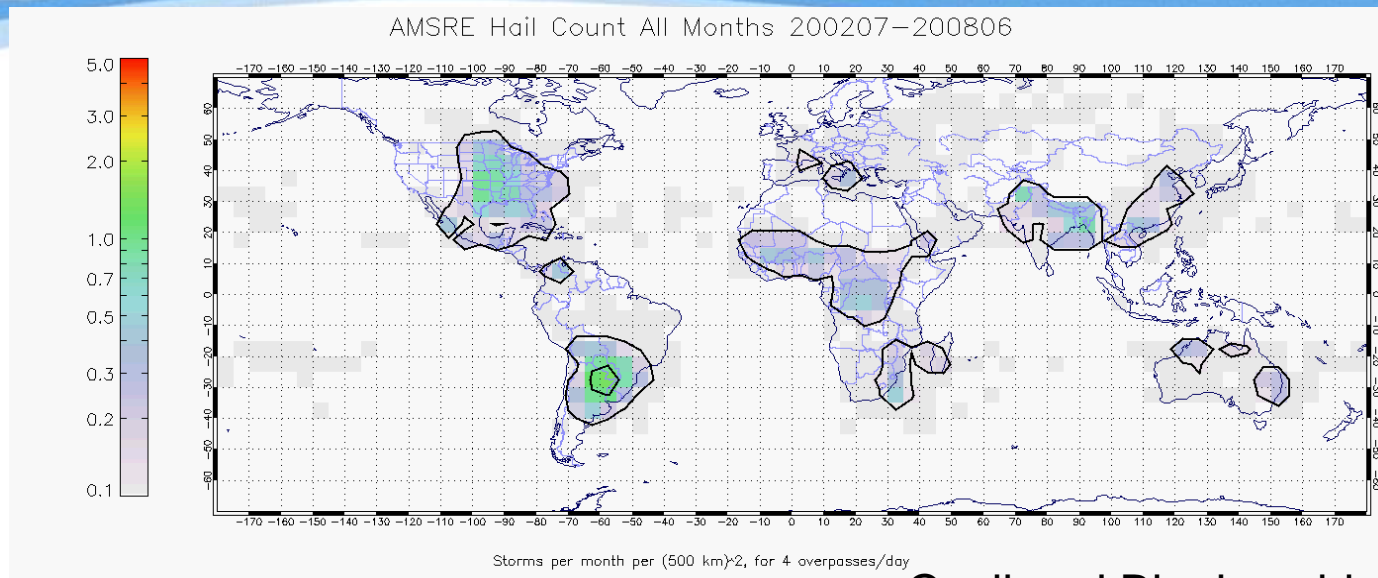


$IF - Z > 35dBZ$ – and – $KDP > 0.3deg/km$

$$R = 19.63|KDP|^{0.823}$$

Otherwise

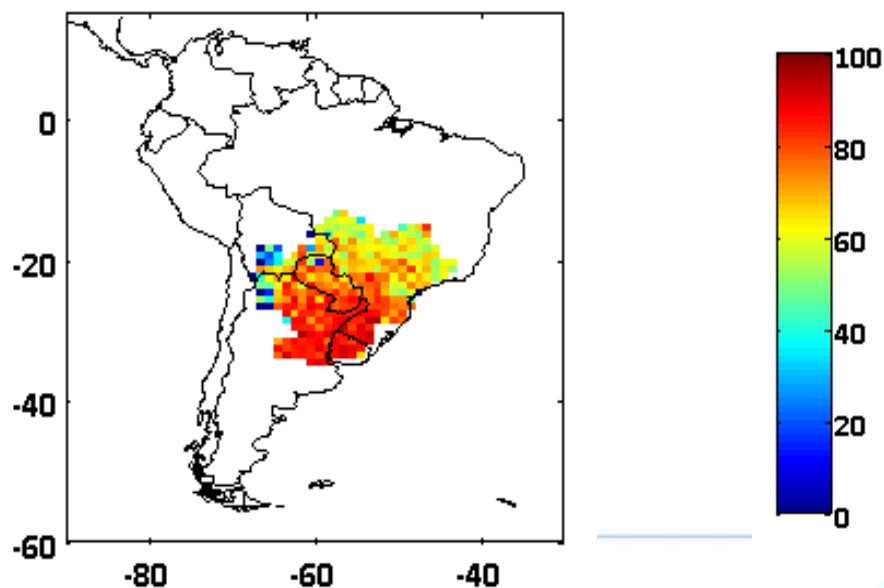
$$R = 200Z^{1.6}$$



Cecil and Blankenship, 2011, J. Clim.

Percentage of surface
rain from 2A25 explained
by MCSs over La Plata
Basin

Results from Paola Salio

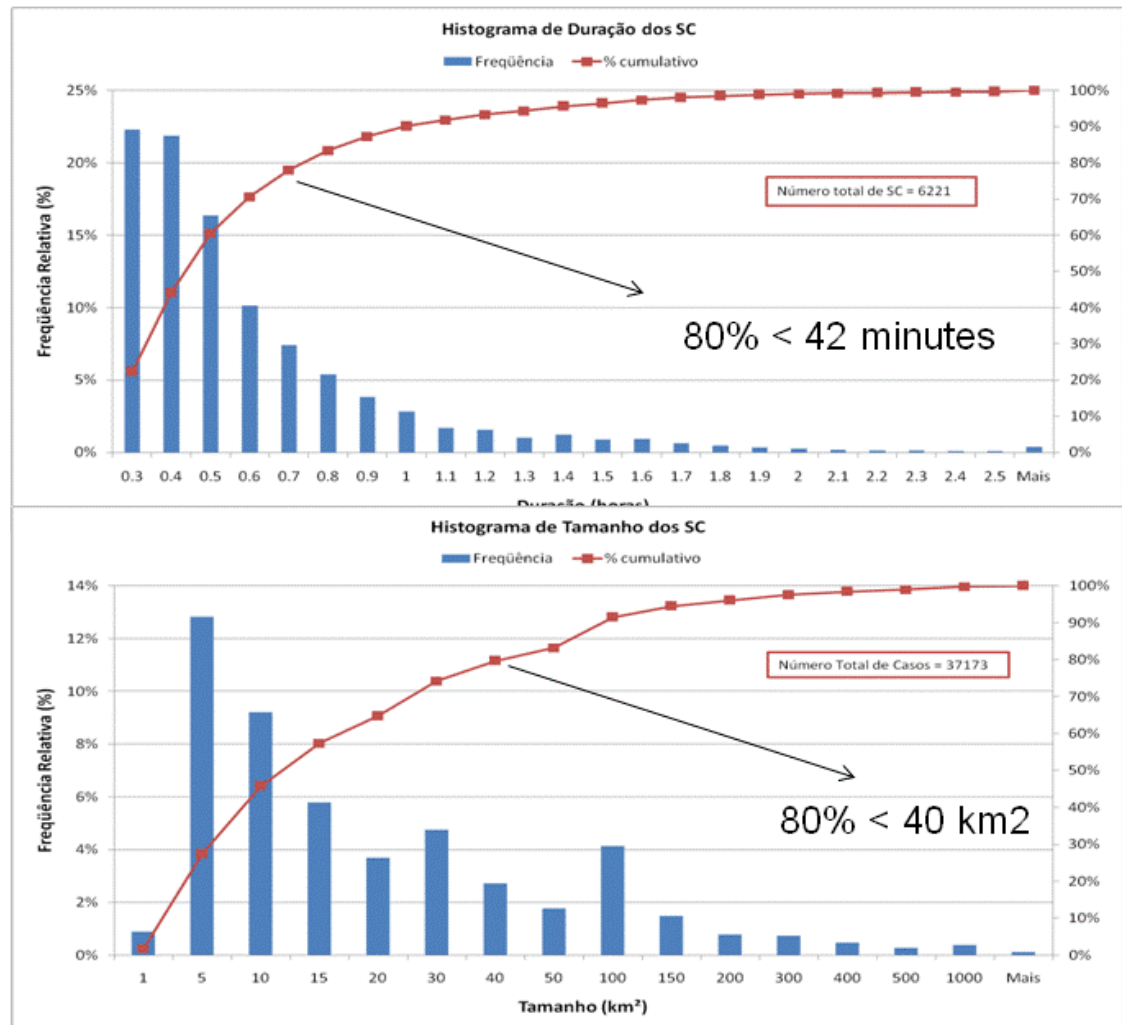


Preliminary Results and studies been done in CHUVA Project

Rain Cells Life Cycle and Size - Fortaleza

Life Cycle of Cloud type organizations and the relationships:

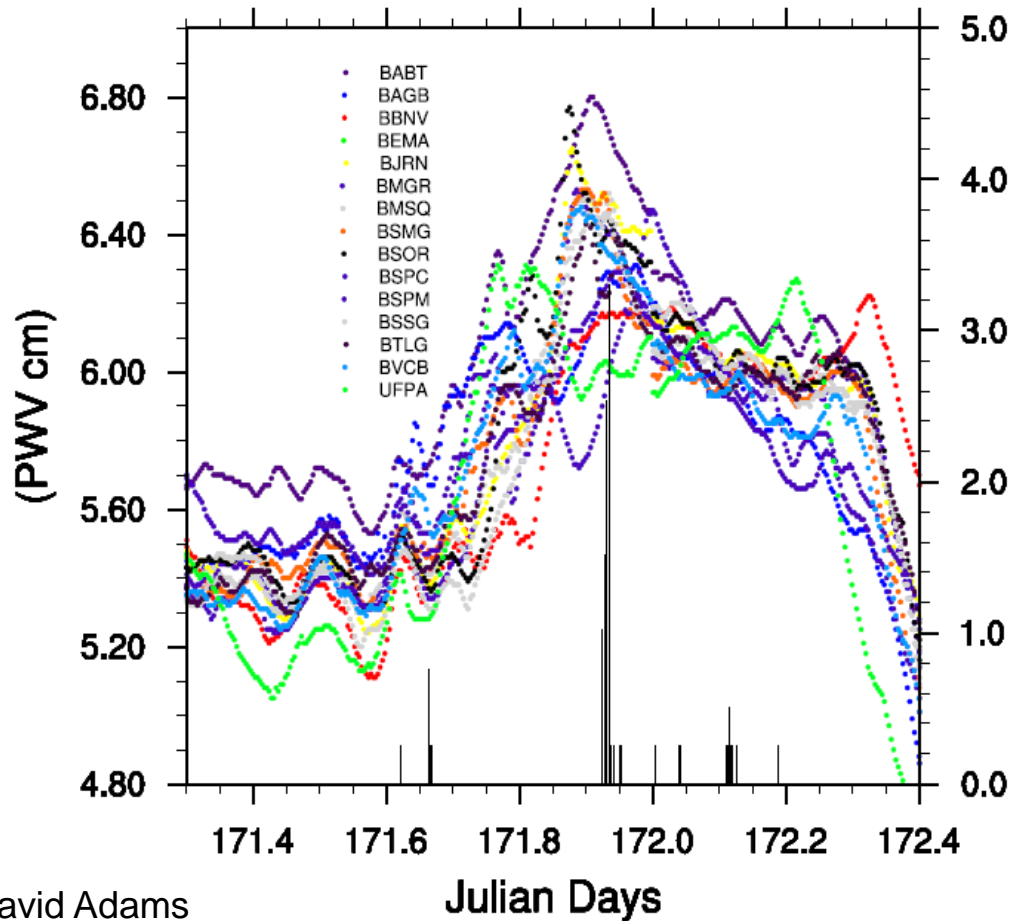
Scattering – rainfall
Hydrometeor population,
IWL, IIC and microwave
brightness temperature



Water Vapor variation and conversion to liquid water

Pranab Karmakar

Belem CHUVA PWV data



David Adams

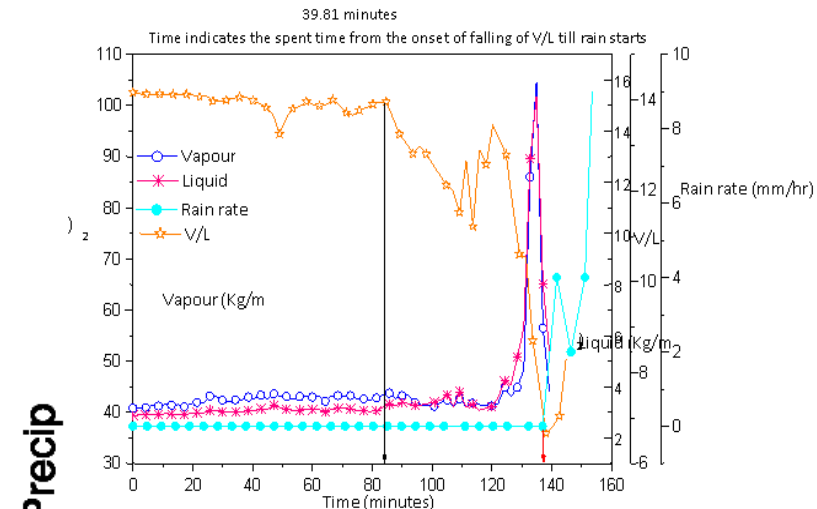
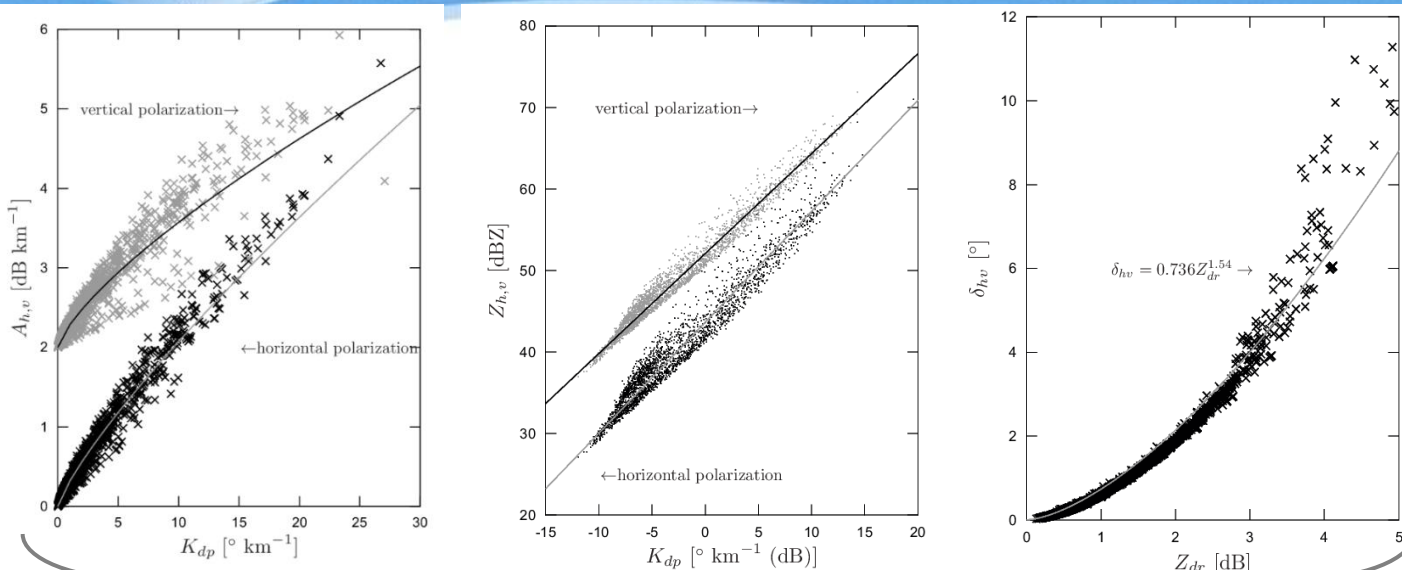


Figure 3: Time series of integrated water vapour and liquid content and also their ratio on 15th April 2009 in Brazil

Evolution of PWV and correlation and time lag with rainfall
Conversion Water Vapor to Liquid Water and the description by Brightness Temperature.

Radar data processing with Kalman filtering



T-matrix modeling of relations between polarimetric radar variables based on drop size distributions from Parsivel measurements

Observations of tropical rain with a polarimetric X-band radar: first results from the CHUVA campaign
M. Schneebeli, J Sakuragi, T. Biscaro, C. F. Angelis, I. Carvalho da Costa, C. Morales, L. Baldini, and L. A. T. Machado

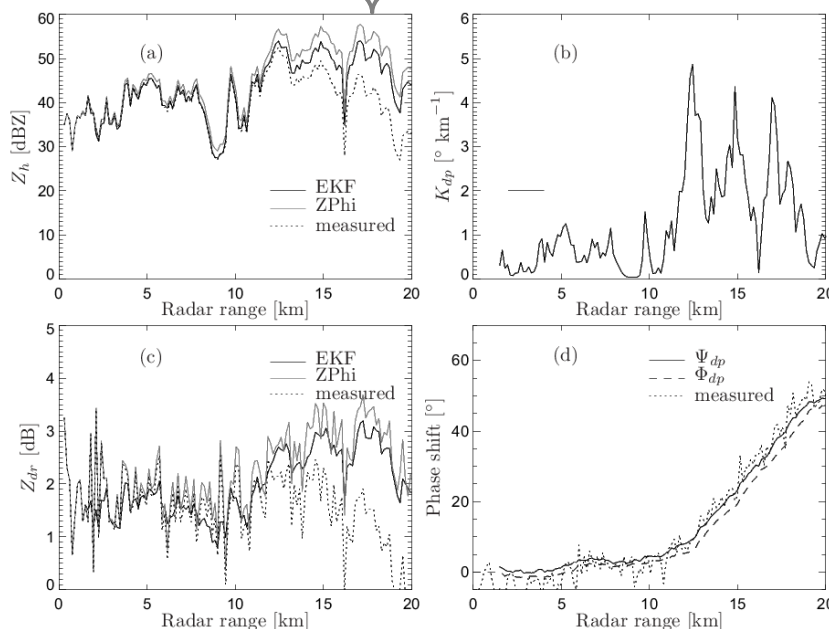
Atmospheric Measurement Techniques Discussions

Very accurate K_{DP} estimate

Estimate of the differential phase shift on propagation and on backscatter

Reflectivity corrected for rain and radome attenuation

Differential reflectivity corrected for rain attenuation and measurement noise

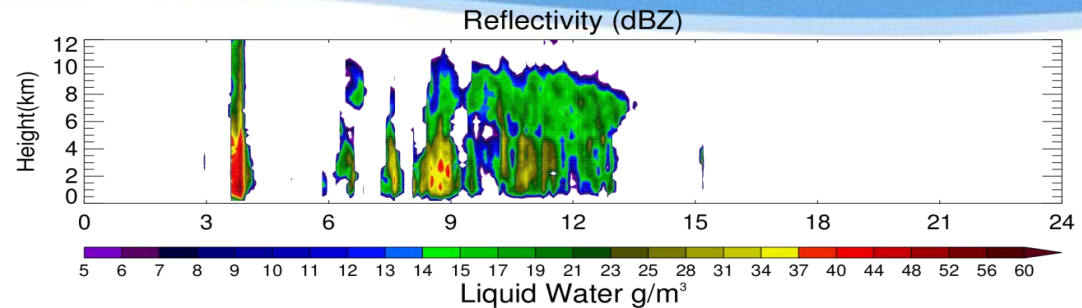




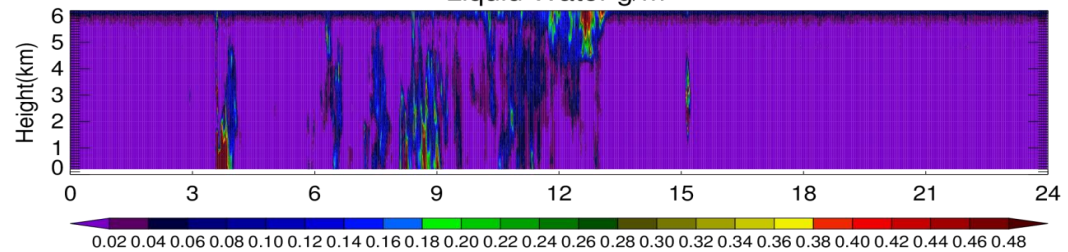
Cloud and rain Liquid Water



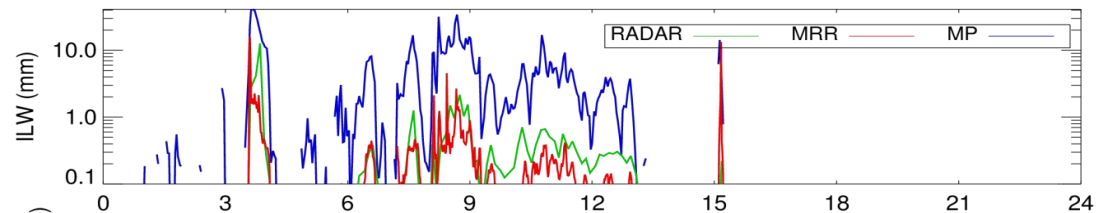
- XPOL Radar



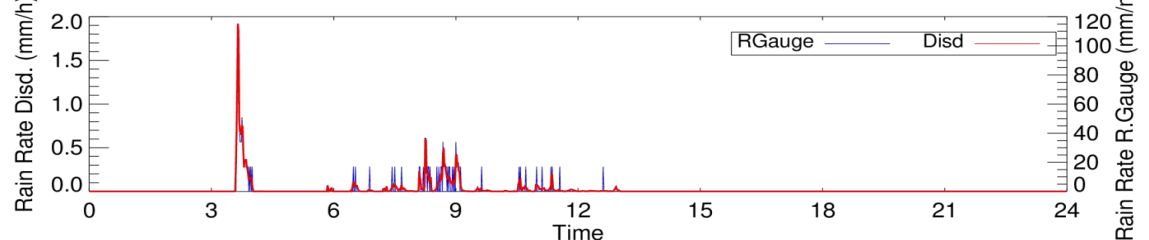
- MRR



- ILW from MP3000A, MRR, and XPOL

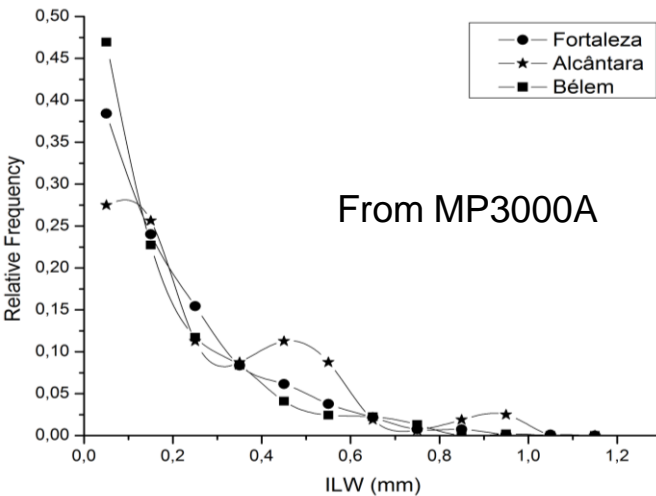


- Rain Rate from Disdrometer and Raingauge

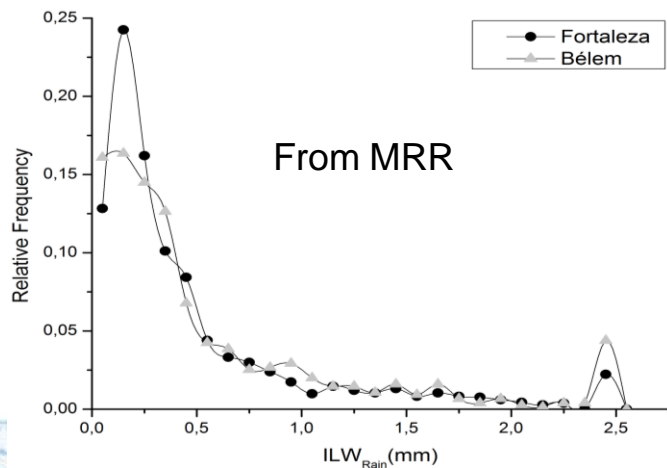


Cloud ILW for Different Sites

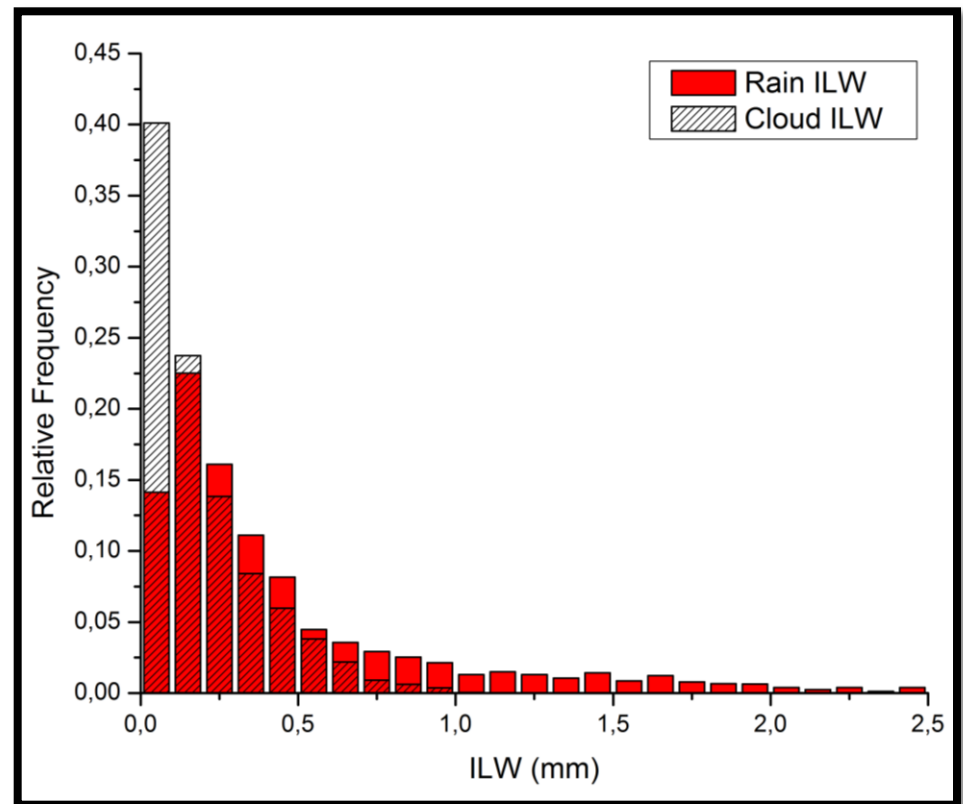
Alan Calheiros



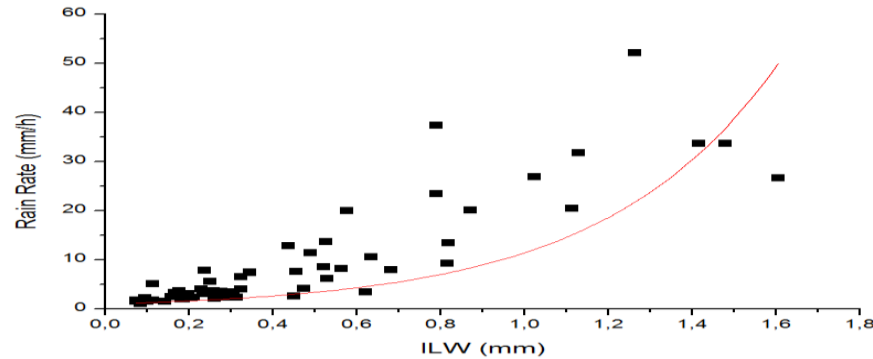
Rain ILW for Different Sites



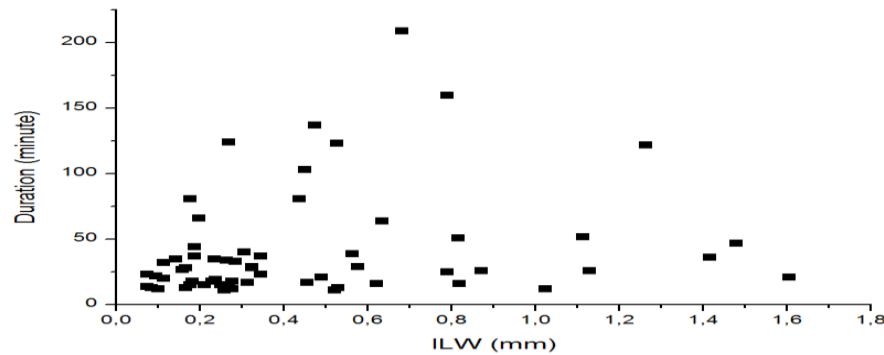
TOTAL RAIN AND CLOUD ILW (ALL SITES)



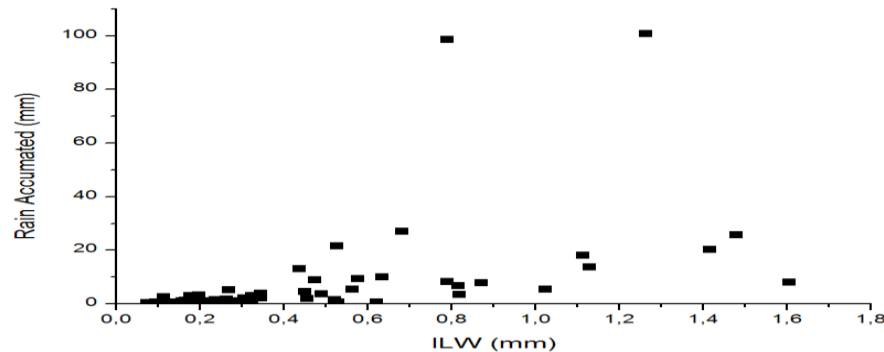
Integrated Liquid Water (ILW)



Mean ILW and
Mean Rain Rate



Mean ILW and
Rain Duration

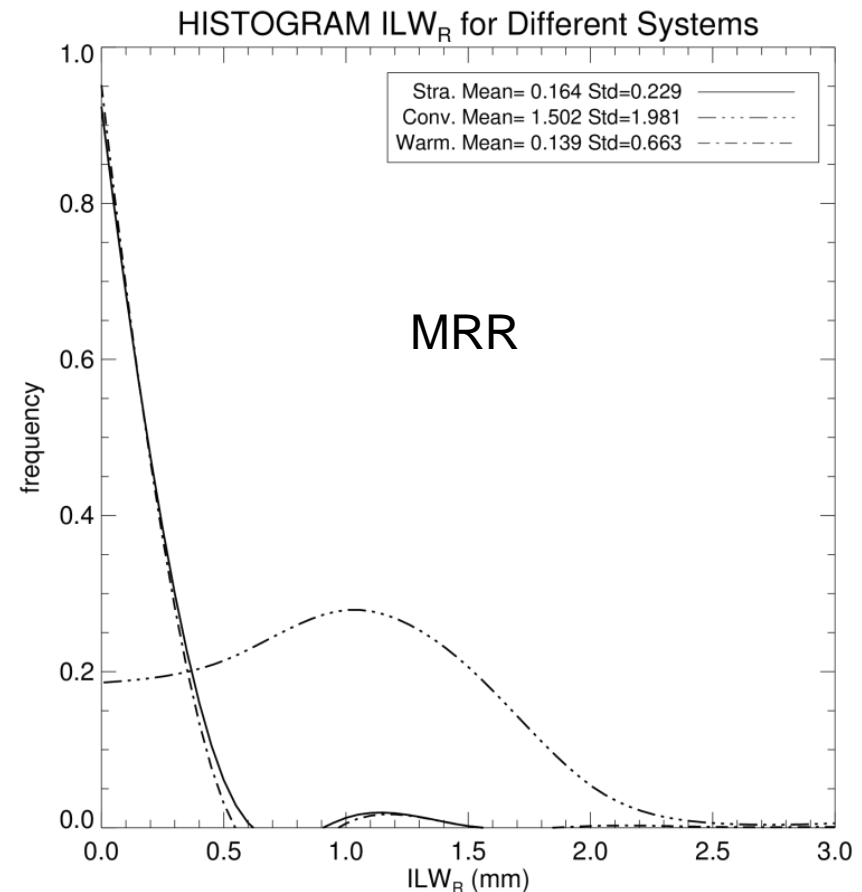


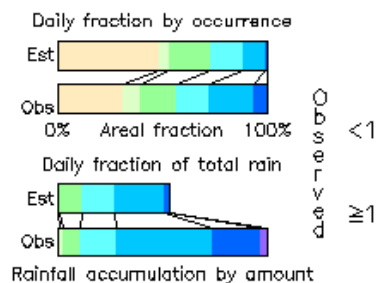
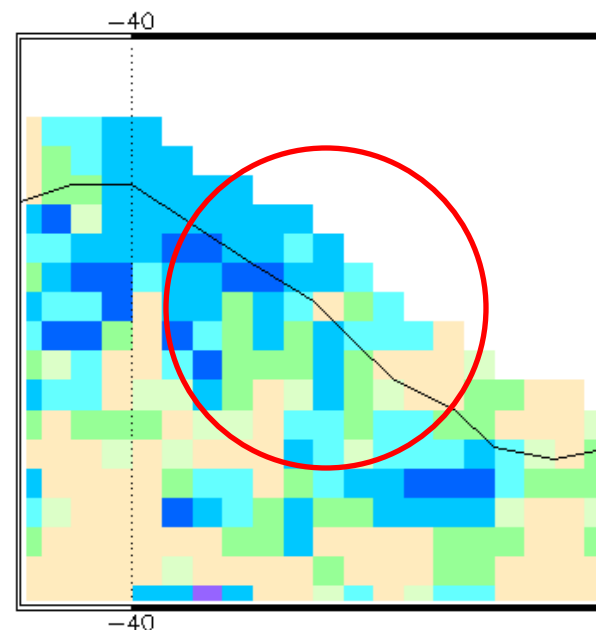
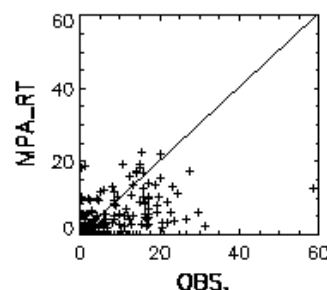
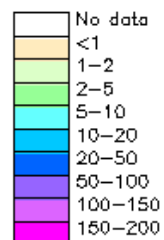
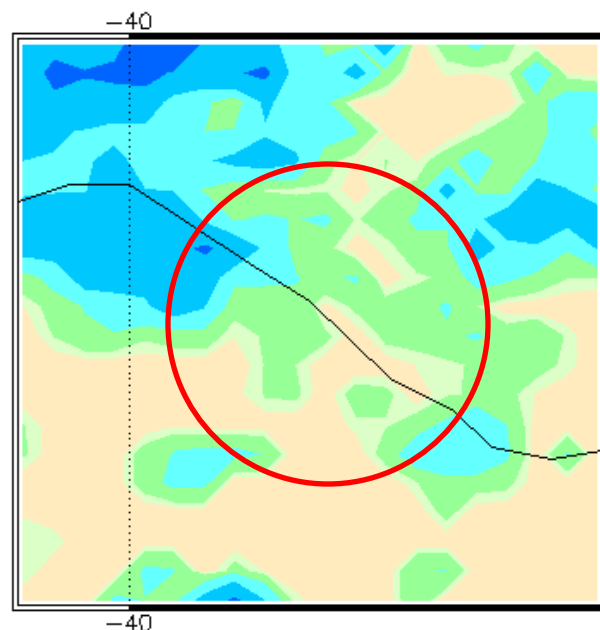
Mean ILW and
Rain Accumulation

- Regional Cloud Type Properties
DSD, cloud ILW, rain ILW, top and base

Radiative transfer Models and observation by Satellite to analyze
For clear, cloud and Warm rain cases
Different characteristics

$$\Phi(Freq) \Rightarrow \Delta Tb$$





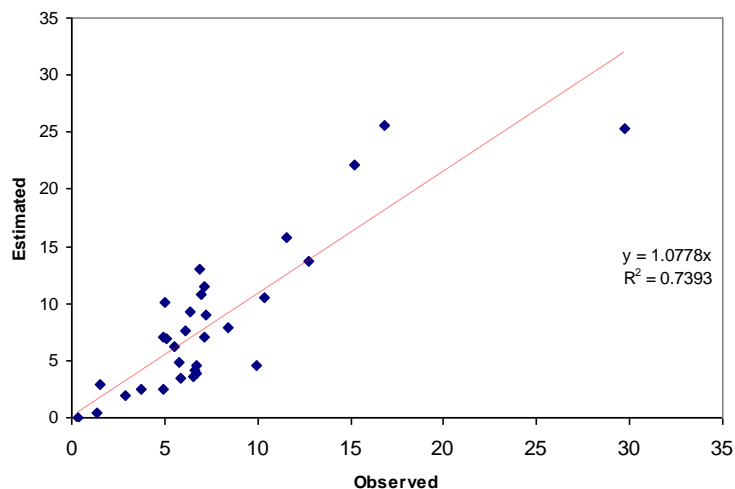
| | MPA_RT | |
|----|--------|-----|
| | <1 | ≥1 |
| <1 | 55 | 26 |
| ≥1 | 69 | 105 |

Verification statistics for 20110406 n=255 Verif. grid=0.25° Units=mm/d

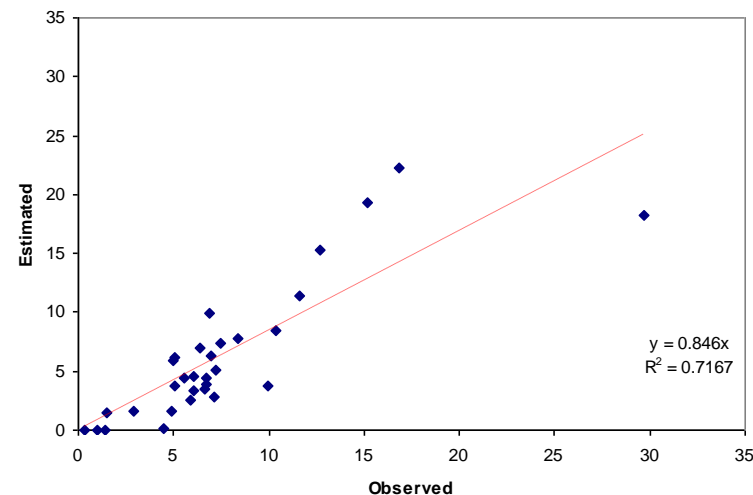
| | Observed | MPA_RT |
|--|----------|--------|
| # gridpoints raining | 174 | 131 |
| Average rain | 6.6 | 3.5 |
| Conditional rain | 9.6 | 6.9 |
| Rain volume (mm*km ² *10 ⁹) | 1.3 | 0.7 |
| Maximum rain | 58.5 | 22.4 |

Mean abs error = 5.0
RMS error = 7.8
Correlation coeff = 0.454
Frequency bias = 0.753
Probability of detection = 0.603
False alarm ratio = 0.198
Hanssen & Kuipers score = 0.282
Equitable threat score = 0.141

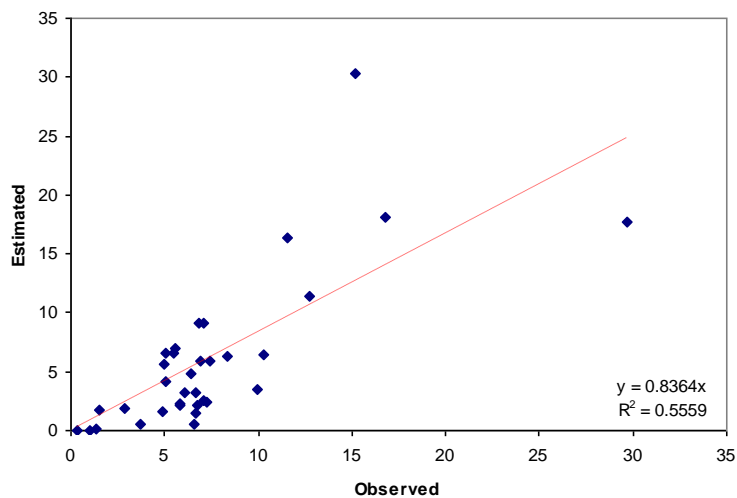
FORTALEZA: Daily Rainfall



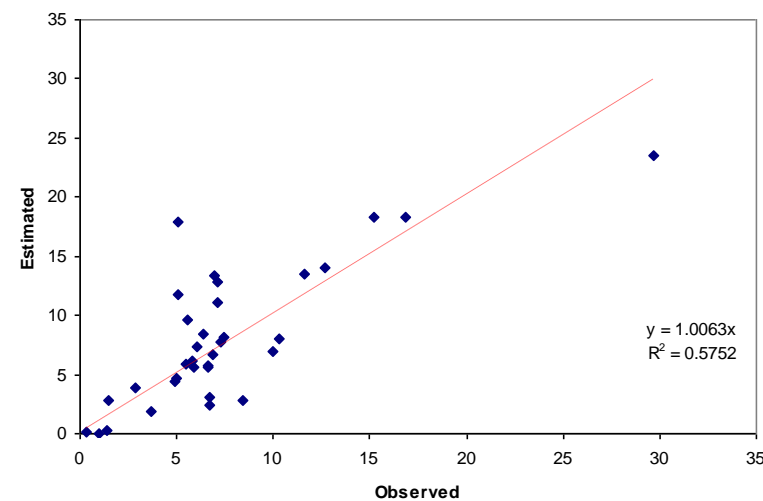
◆ 3b42RT



◆ CMORPH

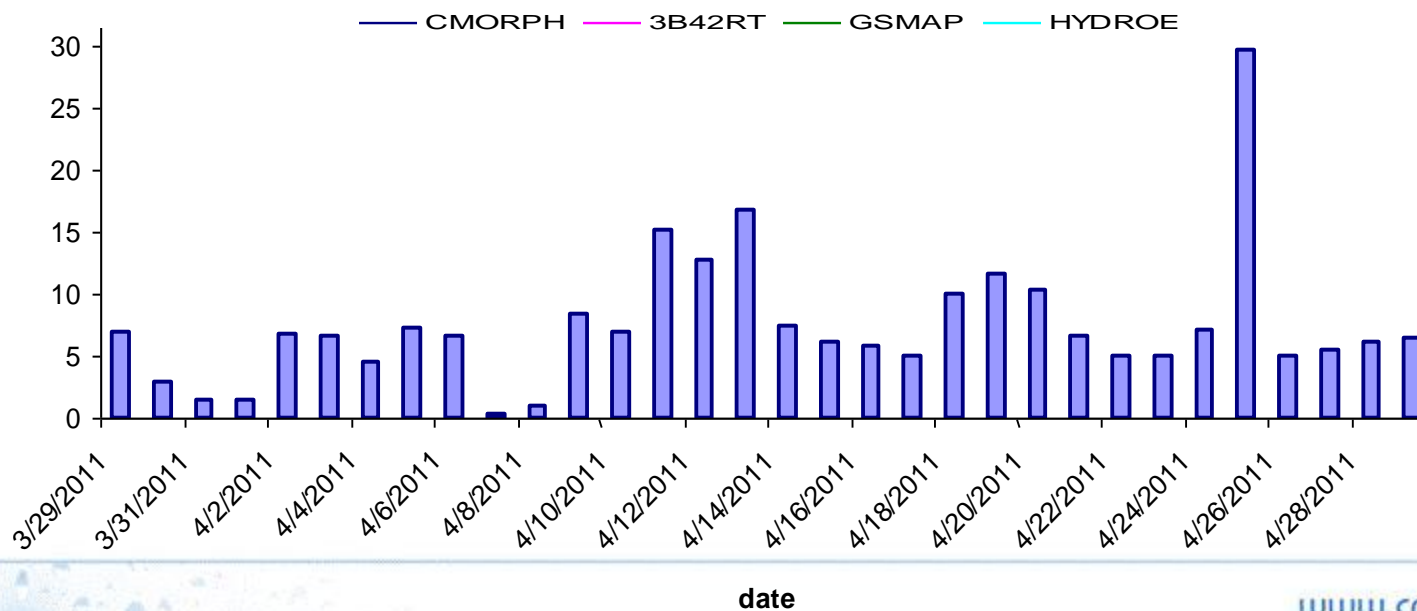
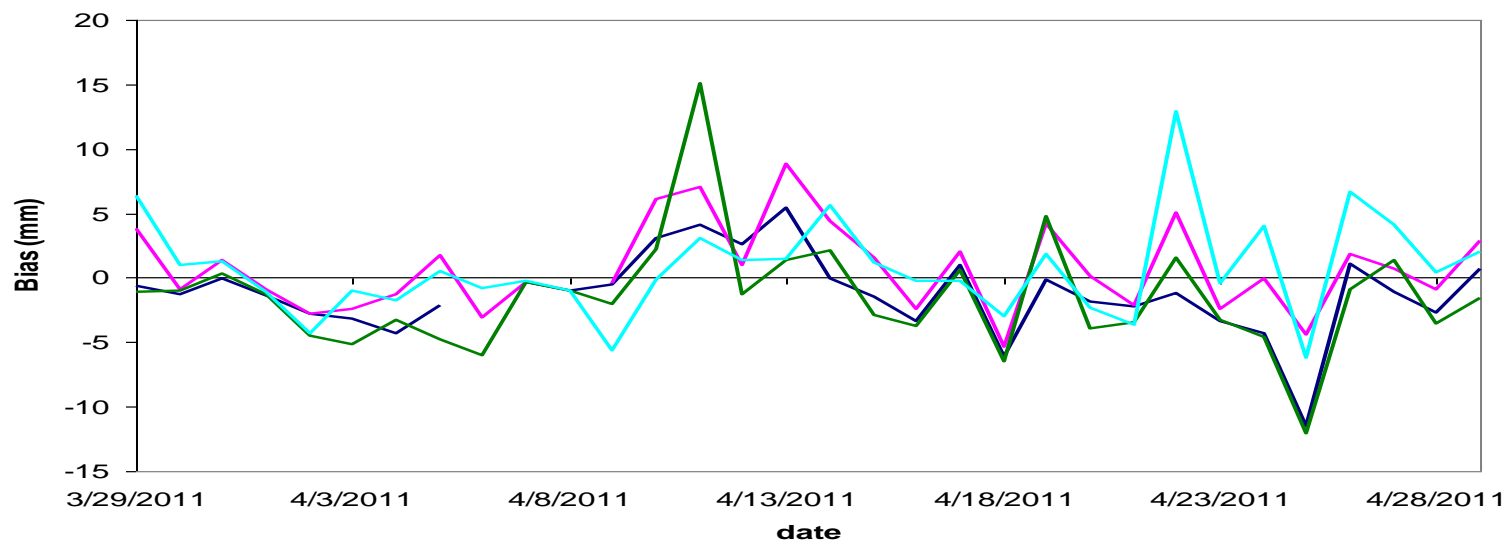


◆ GSMAP



◆ HYDRO

FORTALEZA – Bias



- Data Base – cloud process and microphysics using high resolution model

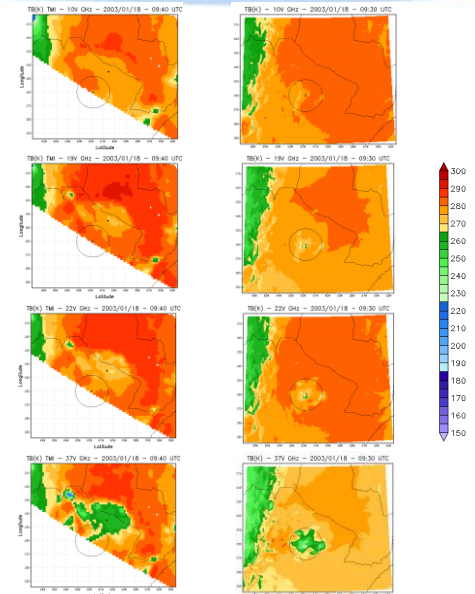
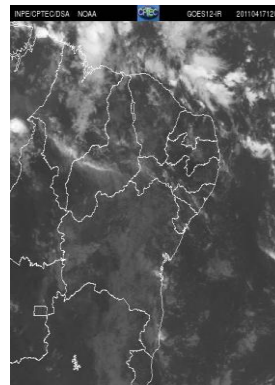
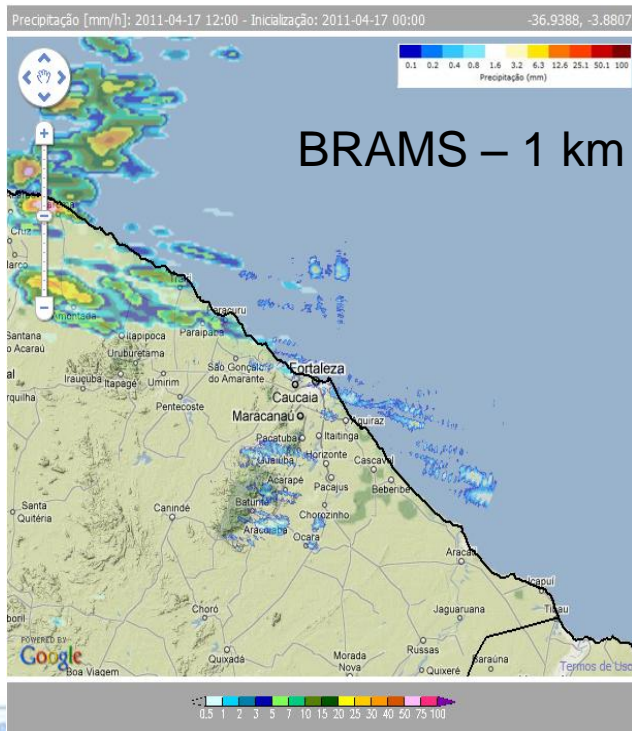
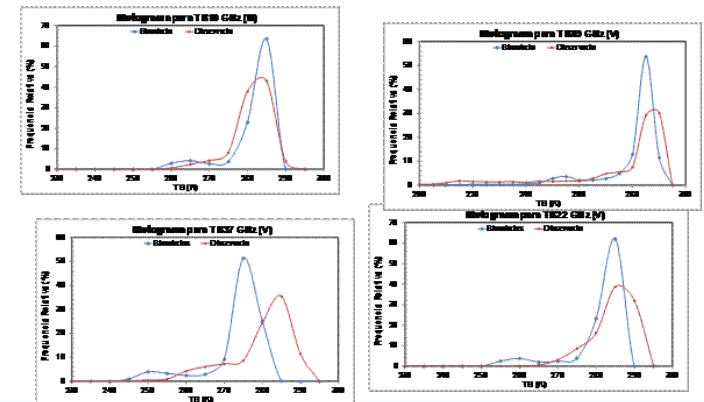


Figura 5.1 – Campos de temperatura de brilho observada e simulada para os canais de emissão sobre o CMM. Coluna esquerda: TB observadas pelo sensor TMI às 09:40 UTC. Coluna direita: TB simuladas pelo RTTOV às 09:30 UTC de 18/01/2003.



Cloud top multichannel characteristics and cloud reflectivity Profile

Wagner Lima

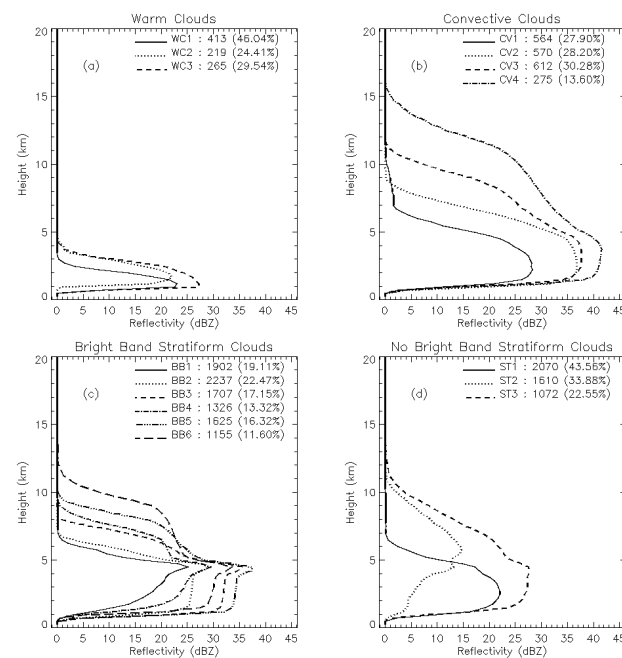
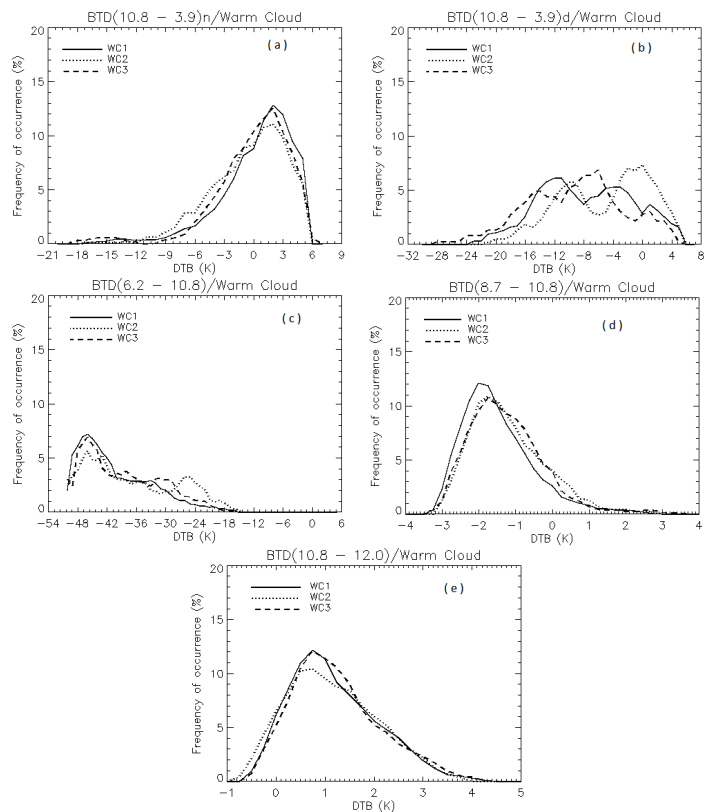


Figure 1. Centróides para os perfis a) Warm Clouds (WC), b) Convective Clouds (CV), c) Bright Band Stratiform clouds (BB) e d) No Bright Band Stratiform clouds (ST). Os valores nos gráficos representam a frequência absoluta para cada centróide, e entre parenteses a frequência relativa.

Figure 4. Histogramas das diferenças a) $BTD_{10.8-3.9n}$, b) $BTD_{10.8-3.9d}$, c) $BTD_{6.2-10.8}$, d) $BTD_{8.7-10.8}$, e) $BTD_{10.8-12}$ para os três centróides de nuvens quentes.

Conclusions

- Warm Clouds have a short lifetime and size 80% are smaller than 40 km² and lifetime duration smaller than 40 minutes
- Cloud liquid water and rain liquid water are very close from region to region, however is very different among cloud types
- Precipitation estimation in Fortaleza clear shows underestimation for warm rain events
- New techniques using multichannel cloud top signature can improve precipitation estimation

