

## **Caracterização de sistemas severos e a regionalização/automatização do SOS-CHUVA**

Calheiros, AJP; Machado, LAT; Pessoa, A; Melo, V; Uba, D; Costa, IC; Enoré, D.

A previsão a curtíssimo prazo (Nowcasting) é de suma importância no gerenciamento de risco sobre regiões vulneráveis a ocorrência de eventos extremos produtores de fortes chuvas, vendavais, granizo e tornados. Contudo, o desenvolvimento de produtos e a determinação de variáveis preditoras e suas relações podem ser muitas vezes afetadas por condições locais do ambiente e dos diferentes tipos de sistemas. Este trabalho tem os objetivos de caracterizar os sistemas severos a partir da análise da sua estrutura durante o seu ciclo de vida sobre as regiões de estudo dos projetos SOS-CHUVA e CHUVA, determinar condições preditoras regionais de severidade e criar um sistema automático de nowcasting. Para tanto, será necessário analisar as características de eventos extremos a partir do uso de satélites e radares meteorológicos, modelos numéricos de tempo e dados de superfície.

O ciclo de vida dos sistemas convectivos será baseado no algoritmo ForTraCC, tanto para satélite como para radares, a partir do uso de aplicação de diversos limiares de temperatura de brilho (Tb), diferença de canais e taxa de chuva estimada (baseada numa relação entre a chuva observada e variáveis polarimétricas do radar banda X e Tb). Já a caracterização se dará pelas informações colocalizadas ao longo do ciclo de vida pelas diversas medidas e produtos disponíveis. A determinação das variáveis preditoras/classificadoras de tempo severo e suas relações para cada etapa do Nowcasting (Pré-convectivo, iniciação convectiva, sistemas maduros e previsão) serão baseadas em algoritmos e técnicas de Inteligência Artificial (IA). O nowcasting pode ser um abundante nicho de pesquisa e aplicação da IA. Diversas técnicas podem ser empregadas, entre elas: as redes neurais artificiais (RNA); teoria dos conjuntos aproximativos (TCA); árvores de decisão; teoria dos conjuntos nebulosos (TCN); e a técnica de Programação Kaizen (PK).

Todos os métodos citados anteriormente podem ser usados com o principal propósito de modelar determinado sistema severo. Alguns destes têm mais habilidade para tratar conjuntos de dados malpostos, tal com a TCA e a TCN. Já as redes neurais possuem boa capacidade de aprendizado, incluindo dados complexos, mas com a desvantagem de necessitar em geral de um grande conjunto de dados usado para aprendizado. Algumas das técnicas citadas podem ser usadas como pré-processamento ou de forma híbrida. Por exemplo, a TCA pode ser usada como pré-processamento de outros métodos, com o objetivo de eliminar variáveis de um conjunto de dados. A lógica nebulosa pode ser usada de forma híbrida com as redes neurais para modelar variáveis incertas e imprecisas. Já a técnica PK pode ser aplicada como um pré-processamento para a construção automática de atributos para as tarefas de previsão e classificação. Essa técnica tem dois propósitos principais: 1) a descoberta de conhecimento intrínseco dos dados e 2) a redução de atributos. Os novos atributos podem ser vistos como índices compostos de combinações não-lineares dos atributos originais do conjunto de dados. Assim, cada índice é uma fórmula matemática interpretável empregando funções definidas pelo usuário aplicadas nos dados disponíveis. Um processo iterativo otimiza esses novos índices maximizando a qualidade preditiva do modelo, descartando aqueles que possuem pouca ou nenhuma importância e melhorando os que são relevantes.

Logo, com a aplicação dessas técnicas e a interação entre elas será possível caracterizar, classificar e prever as condições severas durante as quatro etapas do nowcasting de um sistema convectivo, além de desenvolver novas metodologias de estimativa de parâmetros meteorológicos, como por exemplo, a taxa de precipitação, descargas elétricas, granizo, etc.

## **MONITORAMENTO DE CHUVAS POR SATÉLITE E RADAR E APLICAÇÃO EM AGRICULTURA**

Ana Maria Heuminski de Avila<sup>(1)</sup>, Renata Ribeiro do Valle Gonçalves<sup>(1)</sup>, Vania Rosa Pereira<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura

A precipitação é um elemento meteorológico altamente variável no tempo e no espaço e seu monitoramento é feito convencionalmente por pluviômetros e pluviógrafos, para medições pontuais e por meio de radares meteorológicos para medições em áreas contínuas. O problema é até que distância o radar, tem precisão aceitável, e como o equipamento estima a precipitação quantitativamente. Desta forma, o uso de estações de superfície e de satélites ajudará a quantificar a precipitação e para fins agrícolas, torna-se importante a quantificação da precipitação quanto a ausência desta, pois cada cultura agrícola tem um ciclo fenológico distinto. O presente trabalho tem como objetivo o monitoramento de precipitação para fins de monitoramento agrícolas, por meio de imagens de satélites meteorológicos, utilizando como "referência terrestre" os dados do radar meteorológico localizado em Campinas, do Projeto Fapesp SOS chuva e dados de estações de superfície. Os dados de precipitação obtidos pelo radar meteorológico e estações de superfície serão relacionados com os dados obtidos por satélites meteorológicos, tais como, índices de vegetação, temperatura de superfície, umidade relativa e evapotranspiração, excedente hídrico e deficiência hídrica, os quais servirão de base para o acompanhamento agrícola. Desta forma, os resultados provenientes da relação encontrada entre os dados de sensores instalados no solo e orbitais serão utilizados como dados de entrada dos modelos agrometeorológicos, já existentes na literatura, para o acompanhamento e monitoramento de culturas agrícolas perenes e anuais.

## **Etapas para simulação com o modelo Meso-NH**

André Arruda Rodrigues de Moraes – ELAT / INPE

O procedimento para simular nuvens de tempestade com o modelo francês Meso-NH envolve várias etapas. Dentre elas destaca-se, a escolha do domínio (área do modelo), resolução e grade (quantidade e tamanho de pontos a serem resolvidos) e verificação das variáveis de saída. Enquanto as duas primeiras etapas são facilmente definidas, a verificação das saídas depende de vários fatores gerais: esquema de turbulência e convecção adotados, parametrização de microfísica e eletrificação escolhidas. Ao final da simulação, todas essas características gerais (assim como seus diversos parâmetros internos) devem ser comparados com dados medidos direta ou indiretamente da nuvem que motivou o estudo. Tudo isso é realizado para que a simulação represente a realidade da melhor maneira possível.

O objetivo desse estudo é verificar se o modelo é capaz de representar corretamente a microfísica e eletrificação de uma nuvem de tempestade. Para isso, é preciso comparar as saídas do modelo com as medições realizadas. Após a comparação é possível determinar a eficácia e credibilidade do modelo de forma que, obtendo um resultado satisfatório, seja possível validar as suposições e hipóteses físicas que são feitas, indiretamente, nas equações que o descrevem. Com um modelo cuja eficácia seja satisfatória, é possível utilizá-lo sem o auxílio de dados observacionais (em loco), contudo, para adquirir esse nível de confiabilidade, vários testes e simulações bem-sucedidas são necessários.

Para o projeto SOS-Chuva que será realizado em Campinas, o modelo Meso-NH que irei utilizar terá que passar pelas seguintes etapas.

- 1) Simular uma nuvem de chuva (não tempestade, ou seja, sem eletrificação) tal que as seguintes variáveis sejam corretamente modeladas:
  - a) intensidade da precipitação,
  - b) duração da precipitação,
  - c) duração da atividade convectiva,
  - d) altura da nuvem,
  - e) tamanho dos hidrometeoros.
  
- 2) Ajustar os parâmetros microfísicos necessários para representar a região corretamente, e.g. coeficientes da distribuição de tamanho dos hidrometeoros (DSD).
  
- 3) Selecionar casos de estudo com atividade elétrica, i.e., eletrificação de nuvem e ocorrência de relâmpagos. Para estes casos, os seguintes parâmetros serão ajustados/determinados:
  - a) tamanho dos hidrometeoros,
  - b) duração da atividade convectiva,
  - c) quantidade de carga transferida na colisão entre hidrometeoros,
  - d) intensidade do campo elétrico,
  - e) taxa de crescimento do campo elétrico,
  - f) quantidade de relâmpagos gerados

Ao final das simulações da atividade convectiva e elétrica, é possível utilizar rodar o modelo para simular um radar meteorológico. Ele é capaz de reproduzir as refletividades de cada hidrometeoro e do sistema como um todo.

# **Brazilian Ground Validation Activities for GPM: Understanding the Physical Processes of Intense Precipitation Events**

Daniel Vila and SOS-CHUVA team

## **Abstract**

Climate change is increasing the frequency of extreme events over the globe (IPCC, 2012). The number of victims and the damage these events are very high. The extreme weather events may be related to drought or excessive rain. This subproject will address this second type of event, precipitation extremes and severe weather. The statement of the problem is basic and simple: how to measure and describe the physical processes of extreme events using ground based instrument and GPM constellation and products. Mesoscale Convective Systems (MCS) are usually associated with severe weather events such as hail, heavy precipitation on the surface, high winds and even tornadoes. The understanding of the physical processes and the microphysical structure of rainfall associated with these kinds of systems and how GPM retrievals are describing them is a major topic cover of this research activity.

The main goal of this subproject is to describe the physical process of the intense rainfall events and propose a methodology to describe the physical properties using satellite remote sensing data and evaluate how the retrieval techniques employed by GPM are adequate to describe these rainfall systems.

## **Sistemas de Previsão Imediata de Tempo**

**Enoré, D. P., Costa, I. C. C., Calheiros, A. J.**

Este trabalho tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada pelo grupo de Previsão Imediata (*nowcasting*) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Foram implementadas diversas técnicas que utilizam informações de dados observados e sensoriamento remoto por satélites e radares meteorológicos e ambientais. Além das instrumentações, as técnicas e equações que determinam o *nowcasting* são totalmente diferentes daquelas de previsão convencional, apesar de utilizarem modelos numéricos, sistemas de advecção e técnicas de assimilação dados. As técnicas implementadas, de forma operacional, foram divididas em quatro fases. A primeira fase, chamada de pré-convectiva, se refere a momentos antes do surgimento das primeiras células convectivas sobre uma determinada área. A segunda fase, denominada de iniciação convectiva, é aquela quando as células de convecção já estão em desenvolvimento. Já a fase a madura, os sistemas estão em pleno desenvolvimento e a definição das características de propagação e severidade são fundamentais no *nowcasting*. Por último, a fase de previsão está relacionada a extrapolação do deslocamento de células convectivas.

## Assimilação de Dados de Radar

A previsão numérica de tempo apresenta algumas limitações bem conhecidas pela comunidade científica especializada, como por exemplo a necessidade de um determinado tempo para ajuste inicial do modelo, conhecido como spinup. Por esta razão, é inviável fazer previsão de curtíssimo prazo (0-6 horas) de precipitação em alta resolução sem uma inicialização prévia e adequada dos campos de umidade do modelo. Em outras palavras, uma forma de reduzir o problema de spinup é melhorar a condição inicial do modelo e esta melhora pode ser conseguida com assimilação de dados. Neste ponto, o radar meteorológico é o único instrumento capaz de fornecer informação tridimensional em alta resolução da dinâmica (velocidade radial do vento) e da microfísica (refletividade). Desta forma, a assimilação de dados de radar é uma ferramenta fundamental para o uso de modelagem numérica como ferramenta de previsão de curtíssimo prazo.

Apesar da assimilação de dados de radar ter evoluído muito nos últimos anos, muita incerteza ainda existe na melhor metodologia da utilização dos dados de radares para inicializar modelos de previsão de tempo. As incertezas passam pela escolha na forma de fazer o ciclo de assimilação, como a frequência de inclusão de dados, na escolha das variáveis a serem assimiladas, podendo assimilar refletividade simples e/ou variáveis polarimétricas. Não é certo, também, a melhor forma de atribuir os erros nas medidas do radar, ou seja, qual peso deve-e dar a cada observação comparado ao campo pré-existente. Com relação aos dados de velocidade radial, é discutível se a forma mais apropriada de assimilá-los seria a informação instantânea ou uma média temporal, uma vez que informação de rajadas pode não ser realista com a dinâmica do modelo.

Considerando o exposto acima, propõe-se no SOS-Chuva explorar estas questões ao longo do projeto utilizando estudos de casos especiais (*golden cases*) buscando sempre como objetivo principal melhorar a condição inicial do modelo promovendo melhorias na previsão de curtíssimo prazo de precipitação.

# **Emprego de radar meteorológico na agricultura: análise da variabilidade espaço-temporal da chuva e da umidade do solo**

Guilherme Zazeri Leite; Felipe Gustavo Pilau; Marco Antônio Zanatta; Fábio Ricardo Marin

Áreas agrícolas exibem variabilidade produtiva devido às características físicas e químicas do solo e, sobretudo, causas meteorológicas. Nesse caso, a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial é a razão principal dos sucessos ou fracassos produtivos em regiões tropicais. O monitoramento agrometeorológico clássico usa dados de estações de superfície, gera produtos e especializa seus resultados, carregando consigo incertezas sobre a veracidade da informação. Isso é fruto das acentuadas distâncias entre as estações e da real noção de variabilidade espaço-temporal dos elementos meteorológicos. O aprimoramento das informações agrometeorológicas, portanto, está ligada a resolução espacial das medições, surgindo como alternativas os usos de satélites e radares meteorológicos.

A fim de expandir o conhecimento a cerca do emprego de radar, colaborando com todos os esforços e investimentos realizados, propõe-se para um sítio experimental:

- a. Quantificar a variabilidade espaço-temporal da chuva;
- b. Comparar os dados medidos em superfície com resultados do radar meteorológico;
- c. Validar modelos de balanço hídrico do solo a partir das medições de umidade do solo.

Em uma área experimental da Esalq/USP, Piracicaba-SP, serão instalados 9 pluviômetros, distribuídas quadricularmente, formando uma grade de amostragem de 200m x 200m, com área total de 360.000 m<sup>2</sup>. A coleta dos dados de chuva será semanal. Nos pontos de coleta de chuva serão instalados tubos de acesso no solo, com profundidade de 1,0m, para uso da sonda Diviner. O equipamento permitirá mensurar a umidade de solo, estratificada em camadas de 10 cm. Um levantamento preliminar do solo da área interna ao grid de pluviômetros indicará a necessidade de coleta de solo para análise física do mesmo. A partir da curva de retenção serão gerados os pontos referenciais de umidade: Capacidade de Campo ( $\theta_{cc}$ ) e Ponto de Murcha Permanente ( $\theta_{pmp}$ ) e a capacidade máxima de armazenamento de água do solo (CAD). Para medida da temperatura do ar, da umidade do ar, do saldo de radiação e da velocidade e direção do vento, será instalada uma estação meteorológica junto ao ponto central de coleta da chuva. Serão testados os métodos de balanços hídricos (BH) a partir da metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955) e do módulo de balanço hídrico do DSSAT - Decision Support System for Agrotechnology Transfer. Os resultados dos modelos de BH serão confrontados com as medições de umidade do solo.

## Variabilidade da Precipitação

Costa, I. C.; Machado, L. A. T.

**Resumo:** As estimativas de precipitação utilizando apenas micro-ondas passivas podem apresentar ambiguidades na determinação da precipitação, por se basear no espalhamento da camada de gelo presente no topo da nuvem. Para melhorar as estimativas de precipitação, informações como altura do topo da nuvem, a estrutura do perfil vertical, a DSD (Droplet Size Distribution) medida pelos disdrômetros e estimada pelos radares, o tipo de precipitação e a classificação dos tipos de hidrometeoros presentes no interior da nuvem se fazem necessárias. Essas informações podem ser obtidas a partir de experimentos de campo, equipados com diferentes sensores, como é o exemplo do Projeto SOS-CHUVA, que conta com um radar de dupla polarização banda X, instalado no município de Campinas/SP, e diversos outros sensores distribuídos pela região metropolitana de Campinas/SP. O radar polarimétrico por possuir polarização vertical e horizontal fornece informações dos tipos de hidrometeoros presentes no interior das nuvens o que possibilita a estimativa da DSD. A DSD também será medida a partir dos disdrômetros instalados nos diferentes sítios. Além das medidas dos disdrômetros serão utilizados os dados de pluviômetros instalados em três diferentes localidades. De forma que, todas essas informações serão analisadas juntamente com as temperaturas de brilho do GMI (sensor a bordo do GPM) nos treze canais em micro-ondas, com frequências de 10 a 183 GHz e também com os radares banda Ka e Ku do sensor DPR. As comparações serão feitas utilizando as temperaturas de brilho ( $T_b$ ) isoladas ou combinadas entre si, durante o verão de 2016-2017. Por termos informações em superfície em pontos próximos será possível analisar a variabilidade da precipitação quando comparada a um único ponto do satélite e verificar como essa variabilidade é representada pelo satélite.



## An investigation of X-band polarimetric radar data for nowcasting Brazilian severe weather in the frame of SOS-CHUVA project

J-F. Ribaud<sup>1\*</sup>, L. Machado<sup>1</sup>, and T. Biscaro<sup>1</sup>

The main purpose is to develop research in nowcasting of intense thunderstorms and achieve a better understanding of the evolution of the cloud microphysics properties to improve forecast skill in the frame of SOS-CHUVA. The research project has among its aims the radar assimilation in numerical models to improve skill of precipitation forecast in the range of 0 to 6 hours and the study of microphysical process using dual pol radar.

Consequently this work mainly makes the use of X-band dual-polarization radar observation.

The postdoc will be organized as follows:

1. Produce deliveries to SOS-CHUVA users:
  - a. Rainfall rate estimation from X-band polarimetric radar data within intense rain using R- $K_{DP}$  relationship (calibration/validation with raingauges, disdrometers, ...)
  - b. Production of three-dimensional hydrometeor field from X-band polarimetric radar data (based on literature or by defining a new method such as fuzzy logic, clustering, or statistical approach). Need a strategy for the validation.
2. Investigate polarimetric radar data by combining other observation (lightning, satellite) and numerical model outputs (BRAMS, WRF) to determine/identify physical key-parameters for improving nowcasting of such events that crossed southeast Brazil.

---

<sup>1</sup> National Institute for Space Research (INPE)  
Center for Weather Forecast and Climate Studies (CPTEC)  
Cachoeira Paulista / SP, 12630-000, BRAZIL

\*Contact : [jean-francois.ribaud@aero.obs-mip.fr](mailto:jean-francois.ribaud@aero.obs-mip.fr)  
[jf.ribaud@cptec.inpe.br](mailto:jf.ribaud@cptec.inpe.br)  
DSA Sala : 17.13  
Tel : +12-3208-7986

## **Propriedades microfísicas da precipitação em tempestades com raios ascendentes**

Jessica Cristina dos Santos Souza <sup>(1)</sup>, Rachel Ifanger Albrecht <sup>(1)</sup>

(1) Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, IAG/USP.

### **RESUMO**

Os raios iniciados de altas estruturas são estudados desde o final da década de 30. No Brasil, o primeiro registro de raio ascendente (RA) foi realizado em 2012 no Pico do Jaraguá, ponto mais alto da cidade de São Paulo. Esses raios têm seu início associado a descargas nuvem-solo em regiões convectivas da nuvem, as quais provocam a intensificação do campo elétrico local no topo de altas estruturas pela propagação de líderes negativos na porção estratiforme diretamente sobre a torre, iniciando os líderes ascendentes dos RA em direção à base da nuvem. O objetivo da pesquisa é determinar as propriedades microfísicas das tempestades que geram RA, determinando os tipos de hidrometeoros presentes nas porções convectiva e estratiforme da precipitação, baseado em observações de radar polarimétrico. Mais especificamente, serão analisadas a distribuição espacial e temporal, a estrutura vertical da precipitação e a atividade elétrica das tempestades que geraram RA com a utilização de medidas concomitantes de diferentes sensores (vídeo, raios e radar) de 56 RA ocorridos em 17 tempestades diferentes entre 2014 e 2016. Por fim, baseado nesses resultados, essas mesmas características serão procuradas em outras tempestades a fim de identificar possíveis RA nas demais estruturas altas de grandes centros urbanos como as regiões metropolitanas de São Paulo e de Campinas, que são as duas regiões mais populosas do Brasil e estão em constante processo de verticalização. Os resultados obtidos neste projeto serão importantes para aumentar o entendimento sobre o fenômeno e a previsibilidade de RA.

Palavras chave: Microfísica de nuvens, radar polarimétrico, Raios Ascendentes, tempestades

## **Evolução das características microfísicas e dinâmicas das tempestades**

Joao Huamán

O principal objetivo deste trabalho é descrever e compreender os processos físicos e dinâmicos que acontecem antes, durante e depois das tempestades associadas com ocorrência de precipitações intensas, para estabelecer modelos conceituais que permitam prever, a curtíssimo prazo, a evolução da nuvem durante estes eventos.

Este trabalho utilizará os dados do radar de dupla polarização da banda X do projeto SOS-CHUVA e as imagens do satélite GOES-R.

A pesquisa será organizada como segue:

1. Seleção dos eventos com tempestades intensas considerando limiares de precipitação, de descargas eléctricas, entre outros.
2. Análises das características físicas e dinâmicas.  
As características físicas serão analisadas mediante o uso das imagens do satélite GOES-R e o radar de dupla polarização, enquanto que as propriedades dinâmicas serão obtidas pelo Doppler utilizando a metodologia do VAD.
3. Desenvolvimento dos modelos conceituais.

## Rede de Sensores de Campo Eletrostático Atmosférico

Kleber Pinheiro Naccarato – ELAT / INPE

Diferentemente das redes de sensores de detecção de descargas atmosféricas, as quais respondem aos rápidos transientes no campo eletromagnético gerados por relâmpagos, os sensores de campo eletrostático (ou, em inglês, *electric field-mill* - EFM), como o próprio nome diz, detectam a componente eletrostática e variações relativamente lentas do campo elétrico gerado pelas descargas atmosféricas. Eles detectam a presença da separação de cargas e a carga elétrica líquida de uma nuvem de tempestade que esteja diretamente acima do sensor ou nas vizinhanças imediatas do mesmo.

O principal propósito da implementação de uma rede de EFMs é gerar alertas de ocorrência de descargas atmosféricas (“*nowcasting*”) a partir da informação da intensidade do campo elétrico atmosférico interpolada e comparar com os dados das Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDAT) para verificar quais os eventos que efetivamente ocorreram num intervalo de tempo pré-definido após a emissão do alerta. Com isso, um alerta é classificado como “bem sucedido” se, no máximo, 30min após sua emissão, tenha sido detectado uma ou mais descargas NS no local de interesse. Dessa forma será possível avaliar o desempenho de um sistema de monitoramento utilizando dados do campo elétrico atmosférico no apoio ao “*nowcasting*” de tempestades.

Segundo resultados recentes publicados por Flávio Magina em sua tese de Doutorado (Tabela 1), os índices de efetividade de alertas obtidos a partir das medições interpoladas de campo elétrico são melhores do que aqueles que utilizaram medições pontuais de EFM. Um dos motivos para o incremento na efetividade dos alertas pode ser atribuído as medições interpoladas que, tendem a suavizar os picos de mínimo e máximo e minimizar as falhas de medições de sensores pontuais que são fortemente dependentes da localização destes sensores. Outro motivo é que a medição interpolada pode ser extraída em qualquer ponto da área coberta pelos sensores da rede. Dessa forma existirá sempre uma medida de campo elétrico mais próxima do centro de carga de uma nuvem de tempestade situada em um ponto distante dos sensores EFM da rede e, capaz de deflagrar alertas mais eficientes do que as medições pontuais de sensores distantes da tempestade.

Método	Num. Sensores	Nível (kV/m)	Distância (km)	LT (min)	DT (min)	POD (%)	FAR (%)
Medições Pontuais	11	0,9	10	(18,5)	30	17 - 70 (51,8)	0 - 58 (24,8)
					45	17 - 75 (56,3)	0 - 42 (10,8)
Medições Interpoladas	11	0,3	1,85 x 1,85	(20,4)	30	94,0	26,0
					45	95,0	13,0

A Figura 1 mostra dois exemplos de interpolação a partir das medidas individuais do campo elétrico atmosférico para a rede EFM já em operação na região de Campinas, composta por 07 sensores, em operação desde Outubro/2016. A Figura 2 mostra a localização dos sensores.

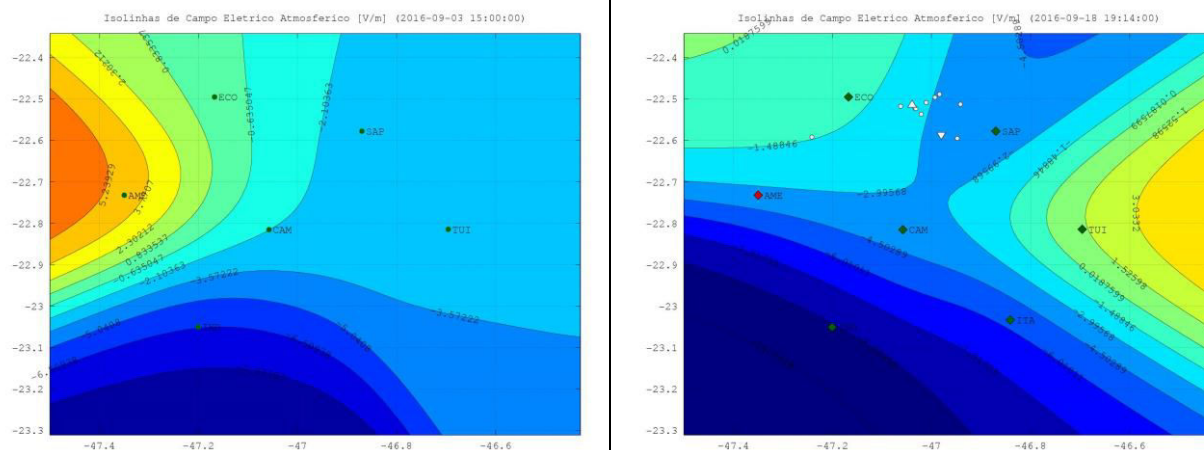


Figura 1 – Distribuição espacial do campo elétrico atmosférico obtido a partir da interpolação das medidas individuais dos EFMs em intervalos de 5min (média das medidas a cada minuto). Os valores são dados na forma de isolinhas. As cores indicam a intensidade do campo em kV/m sendo que os tons de azul correspondem aos valores mais baixos e os tons de vermelho correspondem aos valores mais altos. Os pontos brancos são das descargas atmosféricas detectadas pela rede BrasilDAT em intervalos de 5 min.

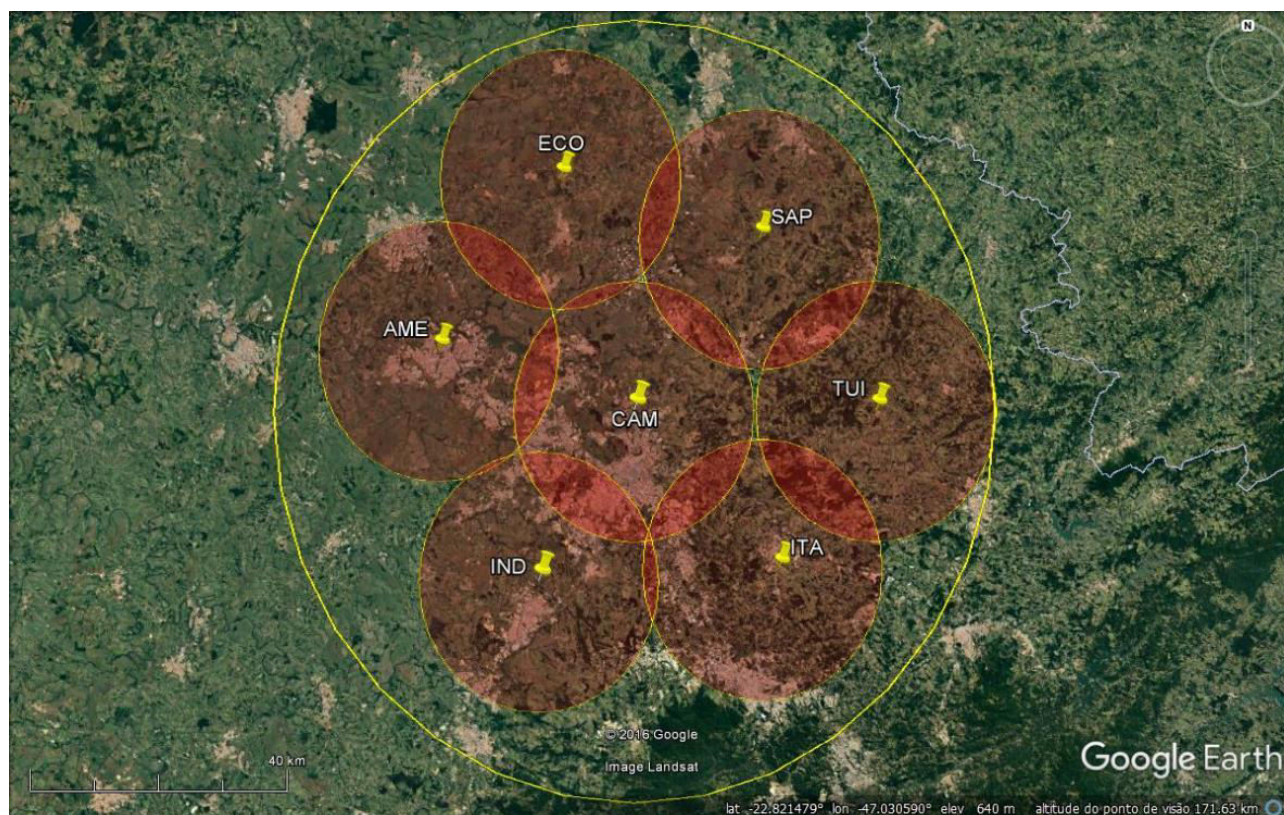


Figura 2 – Rede de sensores EFM instalada na região de Campinas como parte da instrumentação do projeto SOS-Chuva. Os círculos vermelhos correspondem a um raio de 20km correspondente à abrangência aproximada de cada sensor. O círculo amarelo corresponde aos 60km do raio de abrangência do radar.

**Pesquisa de doutorado:** Combinando observação e modelagem numérica para melhorar a descrição dos processos microfísicos das tempestades

**Aluna:** Lianet Hernández Pardo

A parametrização de microfísica de nuvens é importante tendo em conta que os processos que ela simula intervêm acentuadamente na disposição dos campos meteorológicos: além da influência direta na precipitação e na umidade, modificam a temperatura do ar, devido à absorção e liberação de calor latente pelas mudanças de fase da água, e às interações das nuvens com a radiação. Em particular, o objetivo desta pesquisa de doutorado é estudar a capacidade ou dificuldade apresentada por diferentes esquemas de microfísica em reproduzir as características das nuvens detectadas nas observações e, a partir dessa análise, pretende-se adicionar novas potencialidades aos esquemas de microfísica para avançar no caminho de melhorar a previsão numérica do estado da atmosfera de 0 a 6 horas. Planeja-se trabalhar com base nas maiores incertezas atuais nas parametrizações: efeito da turbulência e do entranhamento, descrição dos aerossóis e processos das fases sólida e mista. Em primeiro lugar, será estudada a sensibilidade dos parâmetros do espaço gamma a diferentes parametrizações de microfísica, utilizando o modelo KiD. Posteriormente, serão realizados estudos de casos do ciclo de vida de nuvens convectivas com simulações do WRF usando diferentes parametrizações. Os perfis de hidrometeoros gerados pelo modelo serão comparados com aqueles inferidos por dados de um radar polarimétrico. Da mesma forma serão comparadas as observações do radar com os campos simulados com o software CR-SIM a partir das saídas do WRF. Finalmente, propõe-se estudar e avaliar uma nova forma de parametrização da microfísica de nuvens com base na informação contida nos espaços de fase analisados.

Tópico de pesquisa a ser desenvolvido no contexto do projeto SOS Chuva

Estudo de padrões nos eventos severos na região utilizando modelos atmosféricos

Madeleine Sánchez Gácita

Propõe-se a utilização de modelos atmosféricos para o estudo em média e alta resolução de eventos severos selecionados como casos de estudo durante o projeto SOS Chuva. Será avaliada a utilização destes modelos variando ainda algumas das parametrizações físicas utilizadas para formar um conjunto de previsões (EPS) para o estudo destes eventos. Entre os modelos contemplados encontram-se Meso-NH, WRF e BRAMS. A pesquisa visa encontrar possíveis padrões no comportamento e evolução dos eventos severos nas simulações usando diferentes escalas espaciais e parametrizações físicas, e a relação destes padrões com a observação (POD, FAR, entre outros). O intuito é contribuir com a melhoria da previsão em curto prazo, seja indicando quais entre aqueles padrões detectados nos modelos na previsão tem alta possibilidade de indicar a futura ocorrência de um evento severo, seja contribuindo com dados das simulações como entrada às ferramentas de previsão imediata.

## **Estudo do ciclo de vida das DSDs em tempestades intensas: perspectivas para o nowcasting**

Nuvens convectivas profundas possuem papel fundamental na redistribuição de energia e água na atmosfera. Devido à sua alta capacidade de gerar eletrificação e precipitação intensa, também possuem alto impacto social. Tais eventos são responsáveis em grande parte pelos desastres naturais como alagamentos e deslizamentos que geram prejuízos humanos e patrimoniais à sociedade. No entanto, a previsibilidade com suficiente antecedência de tais sistemas apresenta baixa eficiência dada a complexidade dos processos envolvidos na formação de tempestades. O presente projeto tem como objetivo principal o estudo das distribuições de tamanho (DSD) dos hidrometeoros no interior de tempestades intensas desde sua formação até a dissipação. As DSDs dos hidrometeoros definem diversos processos microfísicos no interior das nuvens tais como as taxas de alteração no estado de fase da água (condensação, congelamento, fusão e etc) e de crescimento dos hidrometeoros (colisão-coalescência, por exemplo). Portanto, compreender a evolução das DSDs ao longo do ciclo de vida das tempestades é vital para a criação de modelos conceituais (ou mesmo numéricos) para a antecipação de eventos extremos e, conseqüentemente, para a adoção de medidas mitigatórias.

As características meteorológicas, como perfis de temperatura, umidade e vento, determinam em grande parte a formação inicial das nuvens convectivas. A partir disso, a relação entre os processos microfísicos e dinâmicos na nuvem e ao seu redor definem a evolução do sistema. Um exemplo de tal relação ocorre na fase mista das nuvens, onde se inicia a formação do gelo que, por sua vez, libera grandes quantidades de calor latente e acelera as correntes ascendentes. Ferramentas de sensoriamento remoto como o radar de dupla polarização são capazes de gerar grande volume de informações sobre a evolução de sistemas intensos através do monitoramento, com alta resolução temporal, de suas propriedades radiativas. Pretende-se utilizar o radar banda-X instalado em Campinas para obter estimativas das DSDs dos hidrometeoros observados, com o intuito de estudar a evolução dos sistemas. A estimativa das DSDs será baseada nas medidas polarimétricas do radar, que fornecem informações a respeito de dois momentos das DSDs. A partir de medidas de aeronaves anteriores, é possível desenvolver técnicas para chegar aos três parâmetros necessários para definir a função Gamma que representa cada DSD, possibilitando o estudo do ciclo de vida da população de hidrometeoros.

Os três parâmetros Gamma definem um espaço de fase onde cada um representa uma dimensão, que pode ser utilizado como ferramenta para compreender a evolução dos sistemas. Tal evolução será vista como trajetórias nesse espaço de fase, onde poderão ser analisados padrões para a busca de um modelo conceitual. Objetivos específicos a serem buscados incluem estudos: 1) da evolução das gotas líquidas na fase quente; 2) da formação inicial e evolução da camada mista; 3) das condições microfísicas para o surgimento do graupel/granizo e 4) das propriedades que apresentam caráter preditor para a iniciação de tempestades. Estes objetivos, como um todo, buscam colaborar com o esforço de aprimorar previsões de nowcasting, que atuam no prazo de 0 a 6 horas de antecedência.



## **Processos físicos e dinâmicos associados à eletrificação e severidade das tempestades na Região Metropolitana de Campinas**

Rachel I. Albrecht, Camila C. Lopes, Jessica C. S. Souza, Raidiel Puig, Jesse Stenico, Enrique V. Mattos, Luiz A. T. Machado, Ana Ávila

Sendo fortemente industrializada e urbanizada, com mais de três milhões de habitantes, a Região Metropolitana de Campinas (RMC) sofre constantemente com os impactos de tempestades. Esta proposta de pesquisa visa estudar o desenvolvimento de tempestades, principalmente as severas, identificando e quantificando os fatores responsáveis pela iniciação e intensificação da eletrificação das tempestades nesta região. As tempestades severas, com queda de granizo, rajadas de vento, microexplosões e até tornados, possuem uma incidência muito grande de raios devido à eletrificação das tempestades ser fortemente controlada pela formação de partículas de gelo de tamanhos precipitáveis e pela intensidade das correntes ascendentes. Logo, os processos físicos e dinâmicos que controlam a intensidade das correntes ascendentes e a microfísica (quantidade e tamanho dos hidrometeoros) das nuvens afetam diretamente a estrutura elétrica das tempestades e conseqüentemente o tipo (raios intranuvem ou nuvem-solo) e frequência de ocorrência de descargas elétricas. Além disso, diversos estudos apontam a modificação do uso do solo e a poluição atmosférica como fatores importantes que podem alterar a microfísica das nuvens.

Neste sentido, este trabalho terá foco nas componentes observacional e de modelagem numérica destinada a algoritmos de previsão imediata e alerta de tempo severo. Serão estudadas as relações entre o fluxo de massa de gelo no interior das tempestades, distribuição de hidrometeoros, extensão e intensidade da corrente ascendente, além do impacto dos fatores locais naturais (topografia, grande e mesoescalas) e antropogênicos (poluição, ocupação do solo e verticalização da cidade) nessas relações. Pretende-se obter um modelo conceitual dos mecanismos de severidade de tempestades atrelados à atividade elétrica na RMC. Esse modelo será construído através da identificação com radar das células de tempestades que produzem raios, assim como as regiões e extensão de correntes ascendentes, fluxos de massa precipitável e não-precipitável e atividade elétrica (frequência de ocorrência de raios). Esse modelo também será estudado e validado através de simulações numéricas com parametrizações explícitas (teórico) e implícitas (empírico) de sua eletrificação usando casos idealizados e reais que ocorrerão durante o experimento.

# PROJETO SOS CHUVA

Ronilton Machado

Faculdade de Tecnologia/UNICAMP

## MODELAGEM HIDROLÓGICA COM DADOS DE RADAR

**Resumo:** a precipitação é a principal informação de entrada para os modelos que transformam chuva em vazão. Apesar de sua importância, esses dados nem sempre são representativos, considerando a sua distribuição espacial e intensidade, o que interfere na resposta do modelo, quando os resultados da simulação são comparados aos dados observados. Na modelagem hidrológica, cada subbacia é associada, a partir do seu centróide, ao posto pluviométrico mais próximo. O principal objetivo deste trabalho é analisar o impacto de diferentes formas de medida da precipitação - pluviômetros e estimativas de precipitação por radar, na resposta de um modelo de simulação hidrológica. A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Capivari até o posto fluviométrico localizado no município de Monte Mor/SP (697 km<sup>2</sup>), nas coordenadas geográficas -22,96 e -47,30, de responsabilidade da Agência Nacional de Águas.

## ANÁLISE DE CHUVAS INTENSAS A PARTIR DE DADOS DE RADAR METEOROLÓGICO DE ALTA RESOLUÇÃO

**Resumo:** o estudo de chuvas intensas é de grande importância na hidrologia, para a análise e previsão de eventos extremos, necessárias em projetos de controle de engenharia. O objetivo desse estudo é analisar a variabilidade espacial de chuvas intensas em áreas urbanas a partir de dados de satélite. Espera-se que essas informações possam ser extrapoladas para outras áreas com regime climático semelhante, mas desprovidos de informações detalhadas provenientes de radares meteorológicos de alta resolução. A partir do resultado desse estudo, pode-se determinar o número ideal de pluviógrafos a serem instalados em áreas urbanas para servirem de sistema de alerta e evacuação da população residente em áreas de risco. A implementação de um sistema eficiente de coleta e análise de dados meteorológicos poderá fornecer informações exatas quanto à localização das precipitações e previsão de volumes de chuvas. Ressaltava-se a necessidade de elaboração de estudos para a implantação de um sistema de coleta de dados meteorológicos apropriado às realidades atuais dos municípios, frente a recentes acontecimentos decorrentes de chuvas intensas.

# Explorando as estimativas de água precipitável integrada obtidas por GNSS na previsão de eventos extremos de precipitação

Luiz Sapucci, Luiz Augusto T. Machado, Thamiris L. de O. Brandão Campos e Eder Vendrasco

As medidas da água precipitável integrada na coluna atmosférica (*Integrated Precipitable Water*) - IPW usando receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*) tem como principal característica a razoável qualidade e altíssima resolução temporal. Trabalhos iniciais visando investigar o potencial de tais medidas para aplicações de *nowcasting* têm sido apresentados na literatura, mas sem obter resultados conclusivos. Essa pesquisa está incluída no objetivo específico do projeto SOS-CHUVA que trata de aprimorar os modelos numéricos visando o uso de campos atmosféricos na detecção da iniciação da convecção e na previsão de eventos severos. Nesse contexto, as atividades usando dados GNSS no projeto são divididas nas seguintes frentes de trabalho:

- Estudos das séries temporais do IPW-GNSS identificando padrões que sinalizem antecipadamente a ocorrência de eventos severos de precipitação;
- Estudos do impacto da assimilação de dados do IPW-GNSS na melhoria das previsões de precipitação em modelos de alta resolução espacial usando redes densas de receptores.

A ideia básica na primeira frente de trabalho é caracterizar os sinais da variabilidade temporal em períodos de fortes atividades convectivas. As variações nas escalas de tempo menor que um dia são pouco previsíveis e estão normalmente associados aos processos convectivos que geram ondas de gravidade em altas altitudes, o que influenciam fortemente a variabilidade dos parâmetros meteorológicos. Resultados preliminares indicam claramente a existência de um salto de IPW antes da ocorrência da precipitação o que temos denominado como “IPW *jump*”. Os dados de precipitação por radar serão úteis para esse estudo, pois ao contrário dos pluviômetros, eles permitem avaliar tanto a extensão como a intensidade das precipitações em todo o cone de observação em torno dos receptores GNSS. O uso de dados de RADAR nessa linha de pesquisa tem apresentado resultados promissores permitindo melhor caracterizar os padrões de IPW-GNSS antes, durante e depois dos eventos de precipitação.

No que diz respeito à assimilação de dados do IPW-GNSS procura-se identificar os impactos positivos na melhoria da qualidade da análise dos campos de umidade nas previsões da precipitação geradas pelo modelo em regiões tropicais. Uma condição inicial de conforto para que o modelo apresente a melhor previsão de precipitação não necessariamente é a que representa de forma mais fiel a realidade física. A questão central é: qual é o impacto da assimilação de dados IPW-GNSS na previsão de precipitação? No processo de integração do modelo há processos em sub-grade que envolve parametrizações físicas nas quais diversos processos são modelados por aproximações nem sempre capazes de reproduzir fielmente seu comportamento na natureza, tornando-se fontes reais de incertezas que se propagam no tempo. Dentre outros processos, podem ser citadas as parametrizações da temperatura e umidade do solo e a representação de processos físicos de pequena escala, como a convecção e a turbulência, além da microfísica das nuvens. A precipitação é uma variável obtida como subproduto desse processo, cujas imperfeições na integração são traduzidas em erros na intensidade, localização espacial e temporal das previsões. Nessa pesquisa pretende-se investigar uma metodologia para potencializar os benefícios da assimilação do PW-GNSS em ênfase para a previsão de eventos extremos de precipitação.