



PROJETO SOS- CHUVA

(Sistema de Observação e Previsão de Tempo Severo)

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

Pesquisador Responsável: Luiz Augusto Toledo Machado - CPTEC/INPE

Pesquisador Principal: Edmilson Freitas - IAG/USP

Pesquisadores Associados Principais:

Ana Maria Heuminski de Avila - CEPAGRI/UNICAMP

Felipe Gustavo Pilau - ESALQ/USP

Rachel Albrecht - USP/IAG

Daniel Vila – CPTEC/INPE

Eder Vendrasco – CPTEC/INPE

Kleber Naccarato – CST/INPE

Projeto Temático FAPESP - 2015/14497-0

Relatório Parcial #3 - janeiro 2018-2019



Resumo do Projeto

Este projeto propõe utilizar radares, satélites e modelagem numérica para desenvolver pesquisa em previsão imediata de tempestades com base no conhecimento adquirido sobre as propriedades físicas das nuvens no projeto temático CHUVA. A base desta pesquisa são os diversos radares operando no Estado de São Paulo e o radar de dupla polarização operando em Campinas, por 24 meses, duas estações chuvosas, para capturar eventos intensos de precipitação que forneçam as bases para o estudo dos processos físicos no interior das nuvens visando aprimorar a previsibilidade em curto prazo, a detecção de severidade e a estimativa de precipitação com radar e satélite em alta resolução temporal e espacial. Outra componente experimental do projeto é a participação no Experimento internacional, RELAMPAGO, para estudar as tempestades na região com a maior frequência de tempestades severas do Planeta. De forma inédita esse projeto irá instalar detectores de granizo para criar uma base de dados que forneça informações não somente sobre a ocorrência de granizo, mas também do seu tamanho. Além das diversas componentes de estudo, sejam elas ligadas a eletrificação, a propagação das células de chuva, ao crescimento do volume de tipos específicos de hidrometeoros, as taxas de crescimento do topo e os processos microfísicos, este estudo visa desenvolver o SIGMA-SOS. O SIGMA SOS é um sistema de informações geográficas que integra os dados medidos bem como as previsões em curto prazo e os avisos meteorológicos. O Brasil comprou e está ainda ampliando a rede de radares de dupla polarização para monitorar eventos extremos de tempo. Contudo, o conhecimento sobre esse sistema é ainda incipiente e este projeto irá realizar pesquisa empregando esse tipo de instrumento, formar alunos nessa área e desenvolver ferramentas inéditas para uso deste instrumento. A interface com a componente agrícola abre uma nova perspectiva de uso destes sistemas em uma área de grande importância para o Brasil.

Conteúdo

Resumo do Projeto	3
1) O Projeto SOS-CHUVA no ano 2018	5
1.1) Descrição das Atividades	5
1.2) Descrição e Avaliação dos Apoios Institucionais	14
2) Discussão sobre as Atividades 2019-2020.	15
3) Descrição dos trabalhos de Pesquisa em Andamento	17
a) Previsão imediata	17
b) Eletricidade Atmosférica	19
c) Modelagem e Assimilação de dados	24
d) Estimativa de Precipitação	27
e) Aplicações na Agricultura	28
4) Trabalhos Apresentados, Publicados e Alunos envolvidos no projeto.	32
5) Relatório de Bolsas TT e Benefícios Complementares.	46
Referências	48

ANEXOS:

- ANEXO 1** Os vídeos do SOS CHUVA produzidos pela Bolsa de Jornalismo científico
- ANEXO 2** Relatório do SOS CHUVA;
- ANEXO 3** Relatório e Artigo de usabilidade do SOS CHUVA – Relatório de IC.;
- ANEXO 4** A plataforma de Nowcasting;
- ANEXO 5** Treinamento de Nowcasting;
- ANEXO 6** Resumo dos eventos severos selecionados do SOS CHUVA em Campinas;
- ANEXO 7** Projeto RELAMPAGO;
- ANEXO 8** Atividades do SOS CHUVA em São Borja no Projeto RELAMPAGO;
- ANEXO 9** Artigo no AMT sobre classificação de hidrometeoros;
- ANEXO 10** Artigo sobre a evolução de hidrometeoros em eventos severos;
- ANEXO 11** Artigo sobre assimilação de dados de descargas elétricas (GLM)
- ANEXO 12** Artigo sobre a assimilação de dados de radar;
- ANEXO 13** Artigo sobre a melhoria na parametrização de Morisson;
- ANEXO 14** Artigo no ACPD sobre a sensibilidade do tamanho das gotas em função dos aerossóis;
- ANEXO 15** – Artigo dos eventos severos com varredura rápida do GOES-16;
- ANEXO 16** Artigo sobre a evolução do centro de massa das nuvens aos se tornarem severas;
- ANEXO 17** Artigo sobre a propagação da convecção na Amazônia
- ANEXO 18** Artigo sobre o uso do GPS para previsão imediata – o IWV jump;
- ANEXO 19** Artigo sobre erros na estimativa de precipitação no Brasil;
- ANEXO 20** Artigo sobre estimativa de precipitação com o GPM e a relação conteúdo de gelo e chuva;
- ANEXO 21** Artigo sobre o melhor estimador de chuva por satélite no Brasil;
- ANEXO 22** Artigo sobre o impacto do crescimento de São Paulo e o impacto em tempo severo
- ANEXO 23** Artigo sobre os fatores que controlam a chuva com base no dia anterior.
- ANEXO 24** Relatório Sistema de previsão imediata por conjunto utilizando radares meteorológicos.
- ANEXO 25** Relatório dos hail pads
- ANEXO 26** Relatório facebook
- ANEXO 27** Relatório da Bolsa TT-2 de Gustavo Felipe Onisto Ignez
- ANEXO 28** Relatório da bolsa TT-4A de Bruno Ribeiro
- ANEXO 29** Relatório da Bolsa de JC da Tainá Luccas
- ANEXO 30** Relatório da Bolsa de Pós – Doc do Jean François Ribaud
- ANEXO 31** Relatório uso dos Benefícios complementares



1) O Projeto SOS-CHUVA no ano 2018.

1.1) Descrição das Atividades

O ano de 2018 foi de intensa atividade, seja científica, seja experimental seja de logística. Neste ano finalizamos as medidas em Campinas e o Experimento Internacional RELAMPAGO. Também foram desenvolvidas as ferramentas de nowcasting, modelos numéricos para nowcasting com assimilação e dados de radar, a versão final do Aplicativo SOS CHUVA, diversos artigos científicos, participação em eventos e formação de pessoal. Vamos apresentar em detalhes estas atividades não de forma cronológica, mas pelas diferentes áreas temáticas abordadas.

Com relação *ao Aplicativo SOS CHUVA*, desenvolvemos um conjunto de vídeos que complementam o Aplicativo. A bolsista de jornalismo científico Tainá de Luccas, desenvolveu junto a Defesa Civil um conjunto de vídeos curtos que instruiu os usuários como proceder no caso de diferentes eventos extremos como na ocorrência de chuva forte, relâmpagos, alagamentos, granizo, queda de árvore, transbordamento de rios e queimadas. Também foi realizado uma animação que explica como o aplicativo pode ser utilizado. Os links destes vídeos podem ser vistos no **ANEXO I**. Além destas atividades foram lançadas novas versões do aplicativo que aprimoraram o uso e incluíram novas tecnologias. Um fato marcante foi a inclusão de diversos radares que foram sendo autorizados a serem incluídos no aplicativo. Esperamos que em breve teremos praticamente todos os radares em operação no Brasil, com exceção dos radares do CTH (radar de Salesópolis) e do SIMEPAR que não autorizaram o uso no Aplicativo. No início de 2019 esperamos ter finalizado essa fase de integração de novos radares. Uma descrição sobre a evolução do Aplicativo, bem como o número de usuários encontra-se no **ANEXO II**. O emprego do SOS CHUVA pelos usuários tem demonstrado algumas dificuldades e decidimos realizar uma análise de usabilidade do aplicativo através de uma bolsa Iniciação Científica. O estudo visou a avaliação de usabilidade do aplicativo SOS Chuva por meio do método Thinking Aloud (Nielsen, 1993), das heurísticas de Nielsen (1995) e das regras de ouro de Shneiderman e Plaisant (2009). Para a identificação dos pontos de melhoria, sendo possível refatorar o aplicativo a fim de melhorar a experiência do usuário. Esse estudo está sendo realizado pela aluna Regina Moraes, o relatório e o artigo submetido na Seventh International Conference on Advances in Computing, Communication and Information Technology - CCIT 2018 encontra-se no **ANEXO III**. O

aplicativo foi divulgado pela mídia (veja SOS CHUVA na Mídia na página do projeto) e foi contemplada com o prêmio Peter Muranyi em ciência e tecnologia que reconhece o esforço dos pesquisadores brasileiros em desenvolver projetos que tragam melhoria à qualidade de vida da população (O Aplicativo está entre os três primeiros colocados, a decisão final será tomada em Fevereiro). Outra atividade realizada relativa aos aplicativos foi o desenvolvimento o Algoritmo o SOS CHUVA Agrícola: o Tempo e o Clima aplicados a Agricultura de Precisão. Esse aplicativo foi desenvolvido o protótipo com os colegas da ESALQ e submetido ao PIPE com a empresa InCeres. O aplicativo SOS Agrícola que foi concebido para visualização de informações que podem auxiliar o agricultor na tomada de decisões. O SOS Agrícola, nessa versão protótipo, possui algumas funcionalidades principais, que são: cadastro do agricultor; gerenciamento de áreas de cultivo por agricultor, isso permite que cada agricultor cadastre suas áreas de cultivo; visualização de informações de precipitação, umidade e temperatura sobre cada área cadastrada e o balanço hídrico, tudo utilizando uma base mundial de dados de satélites. O SOS Agrícola surge como uma opção para os agricultores a fim de monitorar suas áreas de cultivo e dar subsídio para tomadas de decisão. Um produto a ser disponibilizado ao setor agrícola brasileiro, capaz de prover conhecimento à cerca da Agrometeorologia, e auxiliar na intensificação agrícola, no uso racional dos recursos hídricos e proteção ambiental. Recentemente o recebemos o resultado do peido e o mesmo não foi contemplado. Contudo, tratativas com empresas do setor e com parceiros internacionais estão sendo realizadas para que o projeto possa ser implementado.

Com relação a **plataforma de nowcasting**, chegamos ao desenvolvimento da versão beta da plataforma e estamos testando no Experimento Relâmpago. Essa plataforma já está sendo utilizada por diversos serviços meteorológicos, inclusive o CEMADEN e Defesas Civis. Essa plataforma que pode ser acessada pelo link (<http://nowcasting.cptec.inpe.br/login>) conta com quatro áreas diferentes que definem as fases do Nowcasting. Uma área dedicada as condições pré-convectivas, uma segunda área para iniciação convectiva, a terceira para convecção madura e a quarta para a extrapolação da previsão. Cada área tem um conjunto de parâmetros que são específicos para esse fim e utilizam dados de modelo, satélite, radares e descargas elétricas. A utilização da plataforma no RELAMPAGO permitiu definir as melhorias necessárias para a versão operacional que será entregue no fim deste projeto. Uma descrição detalhada da plataforma pode ser vista no **ANEXO IV**. Essa plataforma é a primeira ferramenta de previsão imediata e será certamente muito útil para a implantação do nowcasting nos Centros Regionais. Além disso, ela apresenta de forma inédita essa



separação do nowcasting 4 fases, com produtos específicos em cada fase. Ainda há muito a fazer como colocar os produtos para todos os radares, novos produtos do GOES-16 e de modelos de alta resolução. Na verdade, estamos pensando em adicionar uma área específica para modelos com diferentes resoluções espaciais. Outra atividade associada a plataforma é o treinamento que está sendo realizado, como exemplo apresentamos o **ANEXO V** que descreve a ementa e os participantes do curso realizado no CPTEC. Foram várias atividades associadas a divulgação, como exemplo: Palestra no V Seminário de Recursos Naturais na UNIFEI, Treinamento de Nowcasting para as Defesas Civas e Centros Regionais no CPTEC, Palestra na UFRJ (*Nowcasting: Produtos e Aplicações*), Palestra no COR (Centro de Operações Rio) (*Nowcasting: Produtos e Aplicações*), Minicurso no XVII EPGMET no CPTEC (Treinamento Nowcasting) e Palestra no INEA (Uso de dados de radares meteorológicos). Um filme realizado pela bolsista em Jornalismo Científico introduz a temática e a importância da previsão imediata (Veja ANEXO I).

Com relação a **componente experimental**, inicialmente descrevo a componente de Campinas e região de São Paulo e Vale do Paraíba que se encerrou em agosto deste ano. Em todo o período de medidas em Campinas reportamos um grande conjunto de eventos severos. Cada evento tem sua descrição detalhada e todos os dados estão disponíveis para acesso público. No blog (https://topicssoschuva.blogspot.com/2016_11_01_archive.html) que pode ser acessado pela página do SOS CHUVA tem todos os casos descritos e no link (<http://chuvaproject.cptec.inpe.br/portal/admin.login.logic>) o usuário encontra o acesso aos dados. Uma descrição resumida dos eventos selecionados e analisados estão no **ANEXO VI**. Os eventos foram compilados e armazenados incorporando os dados de satélites, a rede de descargas elétricas, os radares (Banda X, Salesópolis e São Roque), os detalhes dos eventos, e uma descrição da sinótica e termodinâmica. Também foram realizadas simulações de diversos casos com modelos de alta resolução, mas optou-se em arquivar os dados de inicialização para que nos estudos específicos possa se utilizar diferentes configurações do modelo, conforme a necessidade do usuário. Esse período de operação em Campinas foi muito profícuo com a componente científica que será relatada em outro parágrafo, mas também com a interação com a Defesa Civil, com a região metropolitana de Campinas, com professores do núcleo de população, engenharia civil, engenharia agrícola, entre outros. Com o sucesso da operação em Campinas, os Prefeitos da região Metropolitana de Campinas aprovaram a compra e doação para a UNICAMP de um radar banda X permanente para monitoramento da região. Todos os dados coletados nas redes de Jaguariúna e Piracicaba estão



disponíveis e sendo utilizados para os estudos que serão descritos neste relatório. Posso afirmar que esse período em Campinas foi muito útil, tanto pela coleta dos dados, mas principalmente pelo envolvimento de diferentes setores na temática da previsão imediata e desastres, percepção da sociedade aos desastres e na organização dos processos de implementação de previsão imediata como ferramenta operacional no Brasil. Uma segunda componente da parte experimental foi o experimento RELAMPAGO, experimento internacional com participação da Argentina e Estados Unidos. O RELAMPAGO foi uma campanha financiada pela National Science Foundation, Department of Energy dos EUA (nominado como CACTI), NASA e NOAA. Foi mencionado que esta campanha representa o maior financiamento dos EUA em uma campanha meteorológica fora dos EUA. O Custo total foi de 30 milhões de dólares. **O ANEXO VII** descreve o projeto RELAMPAGO e seus objetivos. Note que no próprio logotipo do RELAMPAGO o nome da FAPESP foi incluso. O SOS CHUVA foi a componente brasileira que se instalou na cidade de São Borja Rio Grande do Sul, na fronteira com a Argentina. Além dos dados coletados pela rede de superfície houveram casos com varreduras rápidas (1 minuto) do GOES, esses dados com resolução de 1 minutos serão muito interessantes para as análises que serão realizadas. Os seguintes rapid scans de 1 minuto foram realizados sobre nossa região, em 4 casos ocasiões: 0300 UTC do dia 13/11/2018 a 0300 UTC do dia 14/11/2018; 1500 UTC do dia 17/11/2018 a 0900 UTC do dia 18/11/2018; 0300 UTC do dia 12/12/2018 a 1500 UTC do dia 12/12/2018; 1800 UTC do dia 14/12/2018 a 1200 UTC do dia 15/12/2018. A preparação para essa campanha exigiu um enorme esforço que foi basicamente realizado com a Reserva Técnica do Projeto. Tivemos reuniões preparatórias nos EUA (Veja descrição de uso dos Benefícios complementares), visitas a São Borja, apresentações e discussões com a Prefeitura, preparação do local, instalação de fibra ótica e torre (basicamente financiada pela Prefeitura), palestras nas Universidades e reuniões com a Defesa Civil, missão de montagem e a missão de coleta de dados de 45 dias, do dia 1 novembro ao dia 15 de dezembro de 2018. **O ANEXO VIII** descreve o experimento com fotos dos equipamentos e os eventos que foram registrados. Diariamente realizamos discussões conjuntas com a coordenação do RELAMPAGO em Córdoba e através de projeto SPRINT com a Argentina passei 7 dias em Córdoba (veja notícias no link <https://www.saoborja.rs.gov.br/index.php/ultimas-noticias/1260-tecnicos-do-inpe-instalam-radar-em-sao-borja-para-avaliar-o-clima>). Houveram outras equipes do SOS CHUVA que se integraram as equipes de Córdoba, alunos da PGMET do INPE que participaram da Escola de Ciências Avançadas (ASI), na qual o projeto está descrito no site (<http://rasmussen.atmos.colostate.edu/asi/index.php>).

Além dos alunos outros participantes se juntaram as equipes em Córdoba onde colocamos os Hail Pads desenvolvidos pelo SOS CHUVA e que foram levados em todas as missões móveis e espalhados nas regiões de medidas. Durante o Experimento realizamos palestras nas Universidades da UNIPAMPA, IFAR, UERGS e na cerimônia de abertura do experimento entre outros (<https://www.saoborja.rs.gov.br/index.php/ultimas-noticias/1361-seminario-internacional-de-controle-meteorologico-discutiu-eventos-climaticos-em-sao-borja>).

Durante o experimento realizamos a medida de um dowburst que gerou uma série de prejuízos na região com uma característica muito interessante de uma super-célula que se dividiu e a célula da direita, com circulação anticiclônica, que se intensificou e gerou um downburst com destelhamento de casas, granizos e queda de árvores. Estima-se que o vento foi de 150 km/hora. O radar capturou muito bem essa célula e certamente dará um belo estudo. Houveram outros eventos que foram também muito detalhados e que servirão de base de dados para diversos estudos. Os dados coletados na Argentina também teremos acesso, houveram casos de granizo maior que 5 cm, diversos casos com as medidas de hail pads e um grande conjunto de dados Doppler dos caminhões DOW (Doppler on the wheels). Em 2019 irão ocorrer diversas reuniões do Projeto RELAMPAGO. Esta campanha encerrou as atividades experimentais do Projeto e 2019 será dedicado integralmente ao estudo e análise dos dados.

Com relação a **componente de modelagem**, tivemos um considerável avanço este ano. O conhecimento adquirido com o WRF no projeto auxiliou o CPTEC a implantar esse modelo operacionalmente. Os avanços que tivemos foi com a configuração cloud resolving model, com 1 e 2 km de resolução e com assimilação de dados de radares. Aprendemos a melhorar forma de assimilar, os ciclos, a preparação dos dados de radar e testamos operacionalmente esses processos. Durante este ano rodamos operacionalmente o modelo e desenvolvemos toda uma estrutura para passar aos Centros Regionais esse conhecimento e essa tecnologia para que seja rodada localmente em diferentes regiões do país. Certamente, notamos algumas necessidades para a operacionalização destes processos, tais como a capacidade de máquina, as latências que precisam serem aprimoradas. Uma forma de reduzir a latência em função dos dados do GFS (uma vez que o Brasil ainda não dispõe de um sistema de assimilação de dados) é o de utilizar a previsão para a inicialização, mas com a assimilação em ciclos dos dados do radar. Nota-se que 1 km de resolução, neste primeiro momento, não é recomendável em função da necessidade de processamento. A configuração com 2 km é a

recomendada para implementação nos centros regionais. O modelo BRAMS, o WRF com inicialização do GFS, e o WRF com inicialização pela saída de 5km do CPTEC foram também testados. Para o RELAMPAGO o Master-USP rodou essas versões operacionalmente. Também foi testada a assimilação dos dados do GLM (descargas elétricas do GOES) apresentando muito bons resultados. Outro ponto estudado foi a análise da sensibilidade do tamanho de aerossóis na formação da chuva e um ajuste na parametrização de Morisson para melhorar a distribuição de graupel em altitude, que é reconhecido como um problema neste tipo de parametrização da microfísica de nuvens.

Do ponto de vista da **componente científica**, tivemos um considerável avanço nas pesquisas, relato a seguir alguns destes tópicos. Começamos em descrever as contribuições científicas relacionadas a classificação de hidrometeoros, uma vez que esse desenvolvimento auxiliou em diversos outros estudos. Embora a classificação dos hidrometeoros a partir dos radares com dupla polarização seja muito conhecida desde o início dos anos 2000, ainda hoje não existia nenhuma classificação desenvolvida para as regiões tropicais. O radar Banda X tem um classificador, mas baseado em classificações de nuvens para latitudes médias. Desta forma, optou-se por desenvolver uma nova classificação de hidrometeoros para as regiões tropicais brasileiras a partir do radar da banda X envolvido no projeto SOS-CHUVA. A maioria das classificações (booleano, lógica fuzzy, entre outras) usam limites que podem ser específicos para cada hidrometeoro, cada região, ou ainda cada comprimento de onda. A metodologia de “unsupervised clustering” permite precisamente deixar toda a liberdade ao conjunto de dados polarimétricos sem nenhuma definição a priori. Das principais metodologias de agrupamento, foi escolhida uma metodologia baseada no artigo de Grazioli et al (2015), que se baseia num tipo específico chamado “Agglomerative Hierarchical Clustering”. O **ANEXO IX** apresenta o artigo recentemente aceito em sua versão final a Revista Atmos. Meas. Tech. Este artigo apresenta uma nova forma de classificação de hidrometeoros, desenvolve uma classificação para a região tropical e avalia as diferenças entre as nuvens na Amazônia na estação seca e úmida. A mesma metodologia de classificação dos hidrometeoros foi aplicada aos dados coletados pelo radar banda X na região de Campinas-São Paulo durante o projeto do SOS-CHUVA, bem como a diferença entre as regiões estratiformes e convectivas. Assim foi demonstrado que de uma forma semelhante a Manaus, a região de precipitação estratiforme é composta de: chuva fraca, chuva, água- neve, neve, e gelo; enquanto que a região de precipitação convectiva é formada de três tipos de chuva (fraca, moderado, forte), granizo, dois tipos de graupel (alta e baixa densidade), neve e gelos. O **ANEXO X** apresenta uma versão já bem avançada do artigo que está em fase de submissão.



Analisamos a evolução da microfísica de 23 células convectivas intensas e analisamos como os hidrometeoros (chuva forte, granizo, graupels e neve) evoluem em função da taxa de descargas elétricas. Este estudo permitiu criar indicadores para prever a evolução da severidade de nuvens convectivas. Outro estudo realizado foi com relação a assimilação de descargas elétricas medidas pelo GLM (GOES) no modelo WRF em alta resolução. A classificação de hidrometeoros também foi utilizado neste estudo. **O ANEXO XI** apresenta a versão que está sendo preparada para submissão a revista Journal App. Meteor. Clim. Neste artigo avaliamos o modelo WRF sem assimilação de dados, com assimilação de dados de radar e com uma nova metodologia de assimilação da densidade de descargas elétricas através de perfis médios representativos de classes de descargas elétricas. Os resultados mostram que se obtém resultados similares a assimilação de radar com a assimilação do GLM. Este fato abre a perspectiva de assimilação de dados em toda a América do Sul com uma única base de dados. Também foi analisada a distribuição vertical de hidrometeoros para diferentes classes de densidade de descargas elétricas. Essas classes de descargas elétricas definem os perfis a serem assimilados no modelo. Os resultados mostraram seis classes distintas de hidrometeoros com diferentes distribuições em função das classes de eletrificação. Nota-se que com o aumento da intensidade de eletrificação da nuvem a altura de maior concentração de partículas graupel e gelo são encontradas em partes distintas da nuvem. Na classe mais baixa de eletrificação, por exemplo, a concentração máxima de graupel é em 7,5 km e a maior quantidade de gelo encontra-se a cerca de 9,5 km, e para de maior atividade elétrica as concentrações máximas de desses hidrometeoros são cerca de 8 km e 13 km respectivamente. Ainda com relação a componente de modelagem, **o ANEXO XII** apresenta um artigo em fase de conclusão para submissão que avalia as melhores formas de assimilar dados de radar. Neste estudo testamos 5 casos de eventos severos o modelo WRF com diferentes parametrizações e formas de assimilar dados de radar. Os resultados indicam que assimilação de dados de radar em ciclo, com assimilação de refletividade, doppler e assimilando também os locais com refletividade nula são as mais adequadas. Este estudo avalia com diferentes índices objetivos como melhor prever eventos severos no intervalo de 0 a 6 horas. Outro estudo relacionado a modelagem é relativo a ajustes na parametrização de Morisson. Essa parametrização de microfísica gera uma grande quantidade de graupel em altos níveis. Essa parametrização considera que o parâmetro 'v' da distribuição Gamma de hidrometeoros é fixa. Neste estudo utilizando o espaço Gamma encontramos um novo ajuste que permite que esse parâmetro seja variável. Os resultados mostram que esse ajuste reduz o excesso de graupel em altitude e gera

previsões mais próxima daquelas observadas pelo radar. O **ANEXO XIII** apresenta uma descrição destes resultados que serão submetidos a revista especializada. Finalmente, neste domínio de modelagem, foi submetido um artigo a revista ACP (Veja **ANEXO XIV**) que avalia um modelo de coluna de microfísica o efeito da distribuição de gotas em função de diferentes tamanhos de hidrometeoros. Os resultados mostram que para aerossóis acima de 50 nanômetros, o tamanho da distribuição de tamanho dos mesmos não influencia a distribuições de gotas, desta forma somente a concentração de aerossóis é suficiente, contudo para aerossóis menores o tamanho é fundamental para a definição do espectro de gotas, a sensibilidade ao tamanho do aerossol é tão importante quanto a concentração de aerossóis. Fan et al. (2018) mostra a importância de aerossóis ultrafinos na intensificação de tempestades e, portanto, para essa categoria de aerossóis não basta ter a informação da concentração, mas também do tamanho. Com relação aos estudos observacionais de tempestades conseguimos durante a campanha intensiva do SOS CHUVA em Campinas varreduras a cada minuto do setor (1000x1000 km²) centrado em Campinas pelo GOES-16. Neste período houveram tempestades de granizo de 5 cm em Minas Gerais, região coberta pelo rapid scan e pelo radar da CEMIG. Com esses dados fizemos uma análise do ganho de conhecimento com as varreduras rápidas e testamos diversos estimadores e preditores de severidade. Os resultados estão descritos no **ANEXO XV**, esse artigo será submetido ao Journal App. Meter. Clim. Outro estudo observacional foi realizado com os eventos severos coletados pelo radar Banda X. Neste estudo foi definido o centro de atividade do radar (COA-center of activity) e foi avaliado sua evolução durante o ciclo de vida dos eventos severos. A combinação COA e VIL (Vertically Integrated Liquid Water) permite avaliar e prever se o sistema irá evoluir para severo ou continuar uma célula ordinária, bem como definir a fase do ciclo de vida. Esse artigo foi submetido ao Journal of Geophysical Research (Veja **ANEXO XVI**). Dois outros artigos foram preparados este ano: Um artigo que foi recusado em sua versão inicial e agora revisado em outra versão está sendo submetido novamente é relativa a propagação das células convectivas. O **ANEXO XVII** apresenta a versão sendo submetida que apresenta uma climatologia das propagações de chuva na Amazônia. Um segundo artigo, que estava em revisão, foi publicado neste mês no Journal Meteorological Application (**ANEXO XVIII**) sobre o uso do GPS como ferramenta previsora de tempestades, um efeito que denominamos IWV (integrated Water Vapor) jump que são descontinuidades no conteúdo integrado de vapor d'água antes da ocorrência de tempestades.

Outra área de estudo do projeto é relacionada a **estimativa de precipitação** neste tópico foram submetidos-publicados três artigos. No Atmospheric Research (**ANEXO XIX**) foi estudado qual o tipo



de nuvem que gera erros na estimativa de precipitação, sejam aquelas que erram com menos chuva sejam as estimativas que superestimam a precipitação. Essa análise foi realizada na Amazônia onde o relevo e vegetação são mais homogêneos e permitem uma análise mais precisa. A identificação dos padrões que geram erros será útil para melhorar as estimativas de precipitação por satélite. O segundo artigo submetido ao Atmosphere (**ANEXO XX**) discute a relação básica da estimativa de precipitação, i.e., a relação quantidade de gelo e precipitação. Nota-se que essa relação, de forma geral é robusta, contudo a estimativa da quantidade de gelo das torres convectivas é que não é muito precisa e necessita ser aperfeiçoado. Finalmente neste tópico, o **ANEXO XXI** apresenta o artigo publicado na revista Remote Sensing que discute diferentes métodos para estimar a precipitação no Brasil e apresenta uma metodologia que combina dados de superfície e satélite para criar o melhor estimador de precipitação sobre o Brasil.

Com relação aos estudos de sensibilidade da superfície a convecção, o **ANEXO XXII** apresenta um estudo sobre a tendência climática de ocorrência de tempestades severas na região de São Paulo para um cenário futuro (2030) de crescimento da região metropolitana de São Paulo. Esse estudo é resultado da tese de doutorado da estudante Andréia Bender. A tese de doutorado da estudante foi concluída e entregue à pós-graduação do IAG-USP, restando a sua defesa, que deverá ocorrer até o final do mês de fevereiro de 2019. O título da tese é “Condições atmosféricas conducentes a tempestades severas e sua relação com a urbanização na RMSP (Região metropolitana de São Paulo). Com relação aos estudos mais gerais sobre a convecção, o **ANEXO XXIII** apresenta um estudo sobre a ocorrência da convecção com base nas condições atmosféricas do dia anterior. Os resultados mostram que na Amazônia na época chuvosa a cobertura de nuvens da noite do dia anterior é um fator preponderante na definição das condições de chuva do dia seguinte. Já na época seca, quando a umidade não é abundante, a chuva do próximo dia não depende das condições locais, mas da configuração em grande e mesoescala. Esse resultado é fundamental para aprimorar a parametrização da convecção em modelos de previsão de tempo. Finalmente, com relação aos **estudos de Hidrologia**, que estão sendo realizados pela Bolsista Angélica Caseri, houve um avanço considerável em previsão imediata por conjunto utilizando radares. Uma descrição detalhada encontra-se no **ANEXO XXIV**.

Com relação ao hail pads apresentamos um relatório de nossas medidas durante o SOS CHUVA no **ANEXO XXV**. Um avanço significativo desta atividade irá ocorrer nos próximos anos com a grande

quantidade de dados que foram coletados na Argentina durante o RELAMPAGO. Enviamos centenas de placas para Córdoba que foram utilizadas em diversas missões obtendo sucesso nas medições. As figuras abaixo mostram exemplos de eventos de granizo ocorrido no RELAMAPGO.



Figura 1 – Exemplos de eventos de granizo na região de Córdoba

1.2) Descrição e avaliação do apoio institucional e Divulgação do Projeto

Este ano realizamos medidas em Campinas e São Borja na qual necessitou de um grande apoio logístico. De um lado o LIM (Laboratório de Instrumentação Meteorológica) deu total apoio ao projeto realizando a desmontagem de Campinas, a manutenção nos equipamentos, e preparação

para a campanha do RELAMPAGO, bem como a montagem, operação e desmontagem. Por outro lado, o INPE apoiou no transporte dos equipamentos e na parte logística do pessoal em campo. Outro apoio foi na componente de modelagem na qual o supercomputador Tupã foi utilizado para rodar os diferentes modelos e versões utilizados no projeto. A DOP (Divisão de Operações do CPTEC) trabalhou conjuntamente no desenvolvimento da plataforma de nowcasting. A UNICAMP deu todo o apoio a operação em Campinas, em particular o CEPAGRI que apoiou a coleta de dados, zelou pelos equipamentos instalados, bem como A EMBRAPA e a ESALQ que mantiveram por este tempo instrumentos coletando dados. Na operação em São Borja agradecemos a Prefeitura e a Defesa Civil que apoiou todas as etapas do projeto, fornecendo o local, apoio de pessoal e infraestrutura. Também não podemos deixar de agradecer a UERGS, na qual o centro de operações foi instalado, o IFAR e a UNIPAMPA que receberam instrumentos e enviou alunos a operação. Durante a campanha tivemos apoio da UFSM e FURGS que participaram ativamente das operações, instalou estações de superfície e radiossonda em. Finalmente agradecemos ao apoio da USP-IAG que apoiou a missão com uma caminhonete, rodou os modelos operacionais durante a campanha e participou ativamente na equipe de medidas e nos estudos realizados.

Com relação ao “outreach” do projeto mantemos uma página no facebook descrevendo as atividades do projeto, divulgando os aplicativos e notícias. O **ANEXO XXVI** apresenta um relatório das postagens realizadas, as curtidas (700 até o momento). O **link** <http://soschuva.cptec.inpe.br/soschuva/midia.html> apresenta as matérias do SOS CHUVA na mídia com o link de acesso a cada notícia. O projeto também mantém o twitter - <https://twitter.com/soschuva>

2) Discussão sobre as atividades 2019-2020.

Com o fim da componente experimental o projeto neste último ano irá se consagrar a alguns importantes tópicos de pesquisa e inovação:

- a) **Consolidação do Aplicativo SOS CHUVA**, adaptação do Aplicativo aos critérios de melhoria de usabilidade, colocação de novos radares e previsão de 20 minutos para o novo conjunto de radares disponíveis. Além disso, pretendemos fazer a manutenção e atendimento ao usuário. Com relação ao SOS CHUVA Agrícola, esperamos encontrar um parceiro para implementar o protótipo. Caso

conseguirmos, o desenvolvimento será realizado na Empresa com assessoria e análise pelo projeto SOS CHUVA. De qualquer forma, iremos continuar o desenvolvimento do protótipo, em uma cadência menor e verificando a melhor forma de avançar no desenvolvimento deste aplicativo com uma equipe reduzida.

- b) **Consolidação da Aplicação de nowcasting para os Centros regionais.** A versão ainda precisa ser aprimorada, notamos vários fatores que precisam ser aperfeiçoados nesta versão e a necessidade de incluir outros produtos, principalmente a componente de modelagem. Este trabalho será acompanhado do teste de implantação em Centros regionais, bem como treinamentos que irão ocorrer em 2019.
- c) **A organização da base de dados dos experimentos e compilação dos dados.** Uma fase importante após os experimentos é a preparação da base de dados, pré-processamento e organização em um banco de dados. Os dados do radar precisam ser processados, corrigidos a atenuação, off set entre outros. Os dados da rede pluviométrica precisam ser analisados e organizados no banco, bem como sondagens, GPS, field mil, hail pads, micro rain radar, radiômetro de micro-ondas, fluxos de superfície, entre outros. Esse ano deixaremos a base de dados pronta para que qualquer pessoa tenha pleno acesso aos dados e organizaremos uma segunda base de dados específica para os casos de eventos severos que foram reportados. O projeto fecha essa fase com 42 eventos severos medidos. Espera-se que diversas Teses e Dissertações irão utilizar essa base de dados nos próximos anos, a exemplo do projeto CHUVA na qual ainda hoje há alunos se formando com essa base de dados. Essa base de dados fomentará o conhecimento em previsão imediata de tempestades.
- d) **A modelagem** será uma etapa também a ser consolidada este ano, com o conhecimento adquirido pretendemos repassar esses processos aos Centros Regionais de forma a tornar operacional a modelagem em alta resolução, com assimilação de dados de radar e satélite e seu emprego na previsão entre 0 e 6 horas. O CPTEC passou a rodar o WRF com 5 km de resolução e o processo a ser implementado irá utilizar os campos previstos (6 horas) para inicializar os modelos em alta resolução que com ciclos de assimilação de radar reduzirão o spin up e permitirão o uso neste intervalo de 0 a 6 horas.
- e) Na **componente científica** pretendemos explorar ainda esses casos de eventos severos e principalmente os dados coletados no RELAMAPGO. Além disso, precisaremos finalizar e revisar o conjunto de artigos citados acima que serão (ou foram) submetidos neste final de ano 2018 e início de 2019. Existem os dados coletados em São Borja, com ênfase ao caso do dia 27 de novembro na

qual tivemos um downburst. Somado a isso, há os dados coletados em Córdoba, na qual como Pi teremos acesso a toda a base de dados. Muitos trabalhos ainda serão realizados com esses dados.

3) Descrição Detalhada de alguns dos trabalhos de Pesquisa em Andamento

a) *Previsão Imediata*

O trabalho de previsão imediata consistiu de três pilares, o aplicativo SOS CHUVA, na qual estamos trabalhando na versão com as alterações para melhorar a usabilidade, a aplicação web para os serviços regionais e a pesquisa. O serviço web – nowcasting foi testado em campo e notamos diversos fatores que iremos aprimorar, principalmente com relação a latência, resolução, alguns produtos que serão necessários e a inclusão de cálculos para todos os radares. Esse é um processo que tomará todo o ano da equipe que está envolvido com a aplicação. Do ponto de vista da pesquisa, já citamos diversos artigos que estão em fase de submissão, revisões finais, ou foram recentemente submetidos. Esses trabalhos nos processos de finalização e revisão tomarão um bom tempo de 2019. Contudo, é na área de pesquisa em previsão imediata que gostaria de apresentar mais detalhes, mas principalmente com relação aos dados coletados no RELAMPAGO. A coleta de dados neste experimento foi específica para cada evento, diferente da operação em Campinas onde as coletas foram realizadas sem um grupo em campo especializado, mas utilizando os equipamentos disponíveis e as estratégias de medidas predefinidas. Na operação do RELAMPAGO fizemos uma operação de 45 dias assistida. Cada evento tinha uma varredura específica de RHI em alta resolução seguindo o “core” da célula e um relatório diário do tempo. Este tipo de varredura do dedicada do radar, permite avaliar as mudanças microfísicas em um intervalo muito menor de tempo entre imagens e diferentes altitudes. Com esse tipo de varredura específica, com um conjunto de sondagens e com o “rapid scan” do GOES (para alguns dos casos) pudemos montar um conjunto de dados únicos. Houveram diferentes tipos de casos, mas em especial gostaria de descrever um que foi muito interessante e será possível avaliar diversas questões que existem sobre Downburst ou microexplosão – um evento extremo muito frequente no Sul e Sudeste do Brasil. Lembramos o caso de 6 de junho 2016 em Campinas, logo no início deste projeto. Houve um caso em São Borja que foi registrado com medidas excelentes, uma vez que a mesma ocorreu a apenas 20 km do radar e com uma varredura continua e específica do evento. A Figura a1 mostra alguns dos estragos desta microexplosão.



Figura a1 – Fotos de alguns estragos em São Borja devido a tempestade do dia 27 de novembro 2018.

Uma tempestade formou-se sobre o sul do Paraguai na tarde noite/madrugada de 27 de novembro de 2018. A tempestade se separou em um duas supercélulas, uma ciclônica e outra anticiclônica e a célula anticiclônica moveu-se para sudoeste em relação à região de São Borja. Esta supercélula com rotação anticiclônica produziu rajadas de vento forte, granizo (pequeno com acúmulo de até 4 cm) e chuva forte a sul-sudoeste a 20 km de São Borja. Esta tempestade foi amostrada pelos radares banda X e banda S de Santiago e os radares Banda C de Mercedes e Resistencia. Foram lançadas sondas pré-convectivas quase 2h antes da tempestade. Dados detalhados de tais eventos na América do Sul são raros, e neste caso oferece uma oportunidade única para compreender melhor a dinâmica e física dos processos que controlam a formação de um downburst. Para esse caso em particular três estudos estão em fase estruturação. Um caso descritivo do evento do ponto de vista das condições sinóticas, pré-convectivas, termodinâmicas e dinâmicas (com o vento doppler do radar e radiossondas). Outro estudo tem o intuito de estudar como variam as propriedades microfísicas da tempestade desde sua separação em duas supercélulas até o colapso (o downburst) que modificou o VIL (vertically integrated liquid) de 235 kg/m^2 para 105 kg/m^2 em 10 minutos. Esses 130 kg/m^2 de água em 10 minutos configura claramente o downburst, considerando a tempestade com 100 km^2 , em 10 minutos caíram 13000 toneladas de água. Um dos pontos importantes a averiguar é como se procedeu essa variação do VIL? Podemos definir que uma derivada desta ordem caracteriza um downbusrt, evento muito difícil de ser classificado e previsto? Como que 13000 toneladas de água colapsam em 10 minutos? O que de fato ocorre? É atribuído a esse colapso a fusão de granizo de baixa densidade e pela força de arrastro que se forma com a conseqüente aceleração da corrente

descendente. Contudo, parece haver algum fenômeno de descontinuidade que quebra a sustentação da água e ocorre um colapso instantâneo. Neste caso, e este será o terceiro estudo, desenvolvemos uma teoria na qual será possível avaliar. A hipótese é que a grande quantidade de gotas grandes conseguem se sustentar, pois além de uma velocidade vertical forte, há uma força centrífuga na supercélula que permite manter a água nos níveis médios. Contudo, essa célula que sofreu “Split” tinha um movimento anticiclônico que gera uma força de pressão contrária ao movimento e freia a rotação da supercélula. Ao frear a rotação não há mais força suficiente de sustentação e a água colapsa dos níveis mais altos de forma abrupta. Essa hipótese será testada com as medidas dos radares, da radiosondagem e simulações em “large Eddy simulation” do WRF e/ou Meso-NH (Modelo Francês). Existem também casos de granizo de 5 cm que foram medidos em Córdoba com diversos radares e com os Hail Pads. Com esses dados poderemos estudar como se formam granizos destes tamanhos e como eles são sustentados pela corrente ascendente. Como os granizos mostrados na Figura1, granizos de 200g cada, conseguem ficar na nuvem sem precipitar? Seriam necessárias velocidades da ordem de 200 km/h para sustentar uma pedra de 200 gramas. Seria possível somente ter granizos destes tamanhos se levamos em conta a rotação em supercélulas conforme discutido acima? Seria o downburst associado ao colapso da rotação em supercélulas com rotação anticiclônica e granizos grandes em supercélulas de rotação ciclônica? Essas questões poderão ser respondidas com as análises destes casos mais extremos. Respondendo a essas questões poderemos prever (nowcasting), definir o tipo de evento e verificar qual a física do modelo que precisa ser aprimorada para representar esse tipo de situação.

b) Eletricidade Atmosférica

b.1) Validação do sensor GLM a bordo do satélite GOES-16 - Contribuição de Rachel I. Albrecht

Como parte das atividades de validação do sensor de raios GLM – *Geostationary Lightning Mapper*, a bordo do satélite GOES-16, o projeto SOS-CHUVA está monitorando o desempenho do GLM com as redes de detecção de raios em solo que cobrem o Brasil, como a BRASILDAT, GLD360, RINDAT, LINET e STARNET.

A Figura b1 mostra o mapa da composição (acumulado) dos “flashes” do GLM entre 15 de dezembro de 2017 (quando o satélite foi direcionado para sua posição final – GOES-E (75°W) e 31 de julho de 2018, sobre a América do Sul, destacando também algumas características reais e não-reais



evidentes nesta composição. As características reais são a alta densidade de raios sobre o Lago de Maracibo (Venezuela), vales da Colômbia, baixa densidade de raios nas cadeias de montanhas mais elevadas dos Andes, alta densidade de raios próximo aos rios da Amazônia, e “rastros” de raios por pequenas células convectivas organizadas. Todas essas características mencionadas, exceto a última, corroboram com os resultados encontrados por Christian et al. (2003), Cecil et al. (2014) e Albrecht et al. (2016). A última característica, “rastros” de raios por pequenas células convectivas organizadas, é uma novidade que não foi observada pelos sensores de raios anteriores a bordo de satélites (TRMM LIS e OTD), devido à baixa resolução temporal desses. Várias características irreais foram encontradas nesta composição, todas associadas a ruídos ou “brilho solar” (*solar glint*, do inglês), como faixas de alta densidade centradas em $\sim 20^{\circ}\text{S}$ de latitude (Figura b1) devido ao brilho solar na superfície ao longo do solstício de verão no Hemisfério Sul. Também são observadas formas geométricas em linha associadas ao meio dia local ou “espinhos” associada à intrusão de brilho solar à meia noite local, quando o sol está exatamente atrás da Terra. O brilho solar em superfície (*solar glint*) também é acentuado na região sobre os rios da Amazônia ao meio dia local, o que causa uma superestimativa na densidade de raios totais sobre os rios da Amazônia Ocidental, pois a máxima atividade elétrica próxima aos rios desta região é entre o meio dia local e o final da tarde, enquanto que na Amazônia Oriental é durante a noite (sem influência do artefato de *solar glint*). A Figura b2 mostra o histograma e o mapa da eficiência de detecção dos *strokes* da rede GLD360 relativa aos “grupos” do GLM sobre o Brasil em dezembro de 2017. Observamos que a rede GLD360 observa em média 66% dos grupos do GLM, tendo sua melhor performance longe das regiões costeiras e oceanos. Também observamos um mínimo em linha ao longo da faixa de latitude próxima a 12°S , devido ao *solar glint* (i.e., são falsos grupos do GLM que não devem ter nenhum *stroke* da GLD360 associado). Logo, concluímos que o GLM tem uma boa performance sobre a América do Sul, mas devemos estar atentos aos artefatos de brilho solar, os quais devem ser diminuídos nas próximas versões dos dados, mas dificilmente serão completamente eliminados.

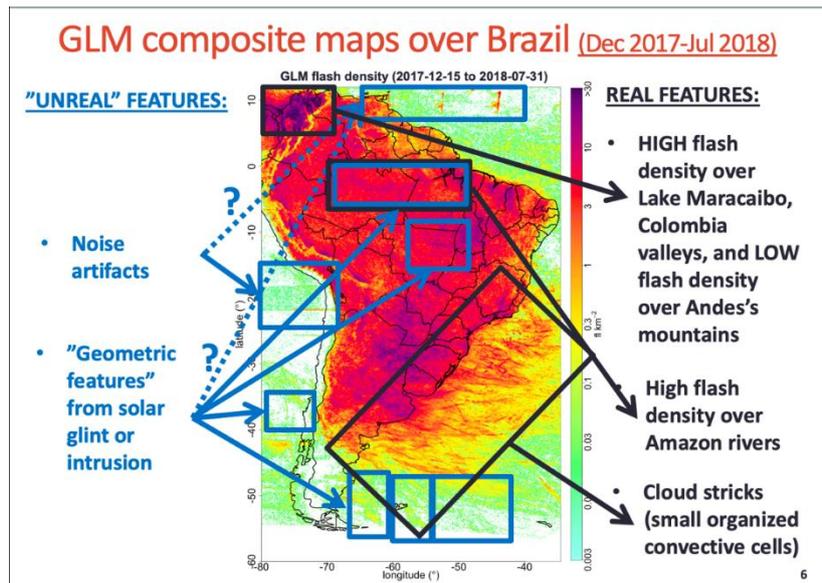


Figura b1 – Mapa da composição (acumulado) dos “flashes” do GLM entre 2017-12-15 e 2018-07-31, sobre a América do Sul, destacando algumas características reais e não-reais.

GLD360 Detection Efficiency Relative to GLM groups

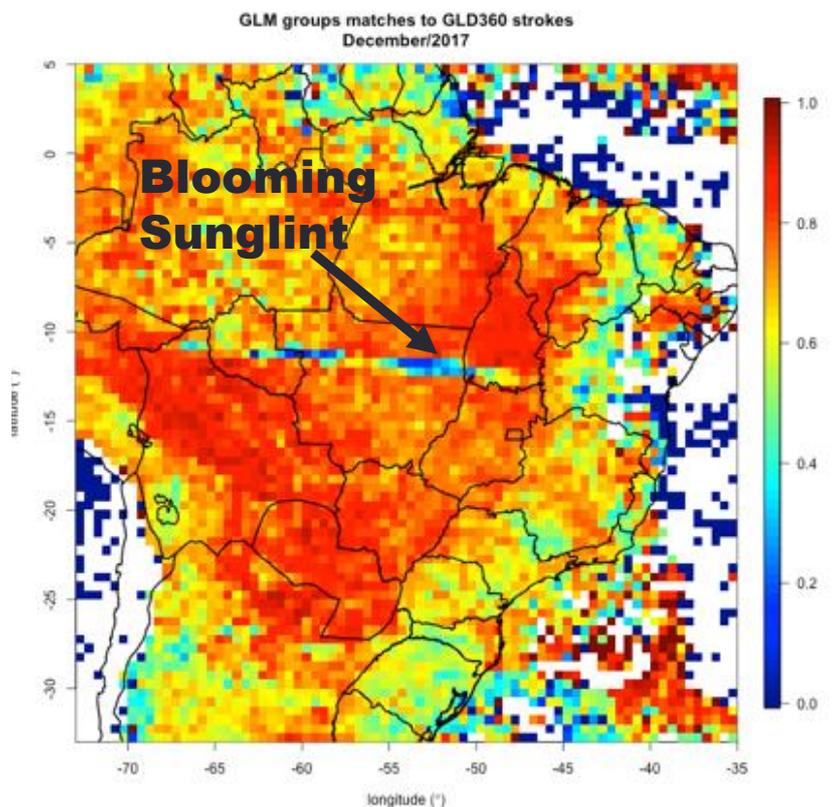
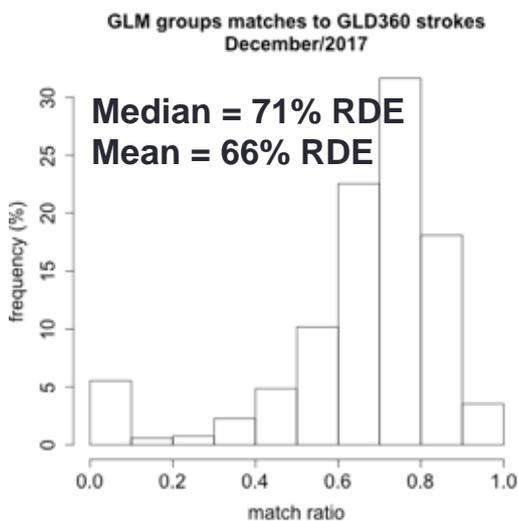


Figura b2 – (esquerda) Histograma e (direita) mapa da eficiência de detecção dos *strokes* da rede GLD360 relativa aos grupos do GLM sobre o Brasil em dezembro de 2017.

b.2 Eletricidade Atmosférica – Modelagem e Field Mill (Contribuição de Kleber Naccarato)

Foram realizadas simulações do modelo francês Meso-NH acoplado com o esquema de eletrificação CELLS para as tempestades que ocorreram na Região Metropolitana de Campinas para os dias 03/12/2016, 25/12/2016 e 03/01/2017 com o objetivo de parameterizar a ocorrência de descargas elétricas. A instrumentação do projeto mediu as características físicas das tempestades e forneceram a oportunidade para comparação dos resultados da simulação com dados observacionais. Este foi o primeiro trabalho a simular eletrificação com o modelo Meso-NH e esquema CELLS no país, permitindo a elaboração de estudos inéditos para a região. Este trabalho resultou na Tese de Doutorado do aluno André Arruda Rodrigues de Moraes e um artigo está sendo preparado para descrever essas atividades. Como principais resultados destacam-se a posição e horário corretamente simulados para os eventos 03/01/2017 e 03/12/2016 bem como a reprodução do deslocamento da nuvem, e todos os seus constituintes, ao longo do domínio. O movimento das tempestades observado pelos radares meteorológicos foi corretamente simulado para todos os casos, inclusive para o dia 25/12/2016 que apresentou grandes deficiências na convecção devido, provavelmente, aos dados de entrada do modelo. Foi constatado também a dependência da transferência de cargas e geração de descargas com a convecção e/ou dados de entrada bem descritos. Caso um desses dois parâmetros apresente inconsistências, toda a característica elétrica da simulação é afetada. A produção de descargas atmosféricas simulada pelo modelo apresentou concordância com a posição dos raios observados pela rede BrasilDAT. Porém, tanto a quantidade, polaridade e tipo de descarga exibiram comportamento diferentes da rede. A quantidade de descargas simuladas pelo modelo foi afetada por efeitos de borda do domínio para todos os eventos, gerando descargas artificiais e alterando significativamente a quantidade de raios. Ao desconsiderar essas descargas, observa-se que a geração de raios ficou aquém do observado. Poucas descargas nuvem-solo foram simuladas, refletindo a reduzida atividade elétrica ao longo de todas as simulações e a própria deficiência de modelos de previsão de tempo em gerar descargas para o solo. Observaram-se indícios de que a polaridade delas é modulada pela parametrização da eletrificação. Como trabalhos futuros, pretende-se ampliar os resultados simulados incluindo mais eventos com diferentes condições meteorológicas, realizar mais testes de sensibilidade para investigar o efeito da

diferença de polaridade entre os diferentes esquemas de eletrificação e na geração do campo elétrico atmosférico e na produção de descargas atmosféricas.

Com relação aos filed mills, a partir dos dados de campo eletrostático e do radar meteorológico foram analisados 43 casos de tempestades observadas pelo projeto. Desses casos, apenas 09 deles possibilitaram uma análise mais completa do comportamento do campo eletrostático (considerados relevantes), uma vez que as tempestades se formaram ou ocorreram exatamente sobre a rede de sensores. Um exemplo de análise destes campos é apresentado na figura b3. Este caso ocorreu no dia 25 de dezembro de 2016, iniciando às 16UTC. Na coluna da esquerda estão os mapas com isolinhas de campo eletrostático atmosférico e na direita as imagens de refletividade (dBz) do radar de São Roque. Na imagem de radar, o quadrado em destaque representa a área da rede dos sensores de campo eletrostático. Sobrepostas às isolinhas no mapa de campo eletrostático estão as descargas atmosféricas (pontos de cor roxa). Os sensores indicados na cor em verde estavam ativos e em vermelho, sem enviar dados. Neste caso observou-se uma tempestade multicelular a leste da área dos sensores, as linhas de campo então se direcionam em sentido a essa tempestade. O campo eletrostático na fronteira leste fica ligeiramente positivo à medida que a tempestade se aproxima. Posteriormente, um núcleo convectivo começa a se desenvolver sobre a região de Campinas e, com isso, um campo negativo surge na região bem ao centro da rede de sensores. Este estudo avalia toda a evolução da tempestade, espera-se que a análise destes padrões de variabilidade espacial e temporal do campo eletrostático atmosférico na superfície permita identificar assinaturas que possam ser usadas para aprimorar a metodologia de nowcasting.

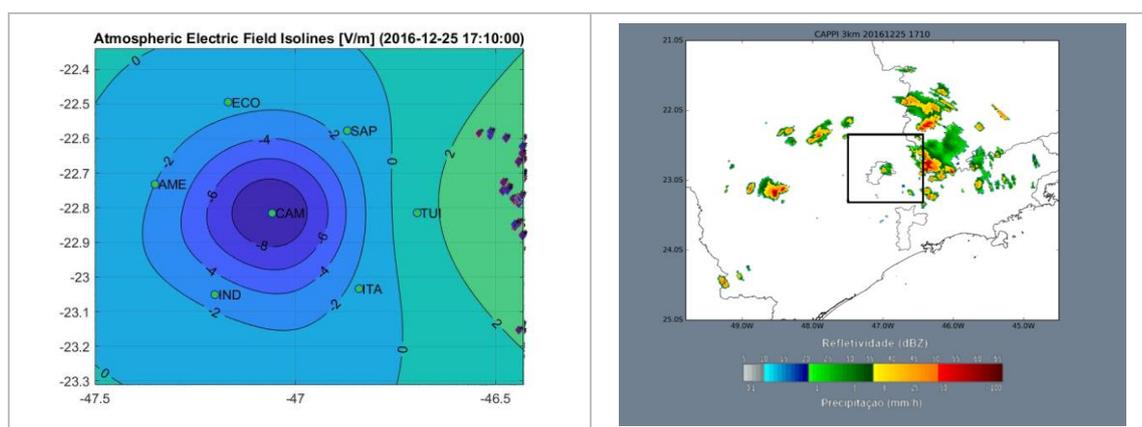


Figura b3 – Campo eletrostático interpolado e campo de medida de chuva pelo radar.

A rede de sensores de campo eletrostático instalada no Sul no país para a campanha RELAMPAGO coletou dados de 08/out/2018 a 11/dez/2018 (65 dias), com taxa de 60 medições por minuto,

registrando uma média a cada minuto, com um total aproximado de 93.600 registros por sensor. Um exemplo das medidas é apresentado na figura b4. Esses campos serão explorados em uma escala diferente da escala de sensores em Campinas que foram dispostos em mesoescala (30 km) e os de São Borja na escala convectiva (2 km).

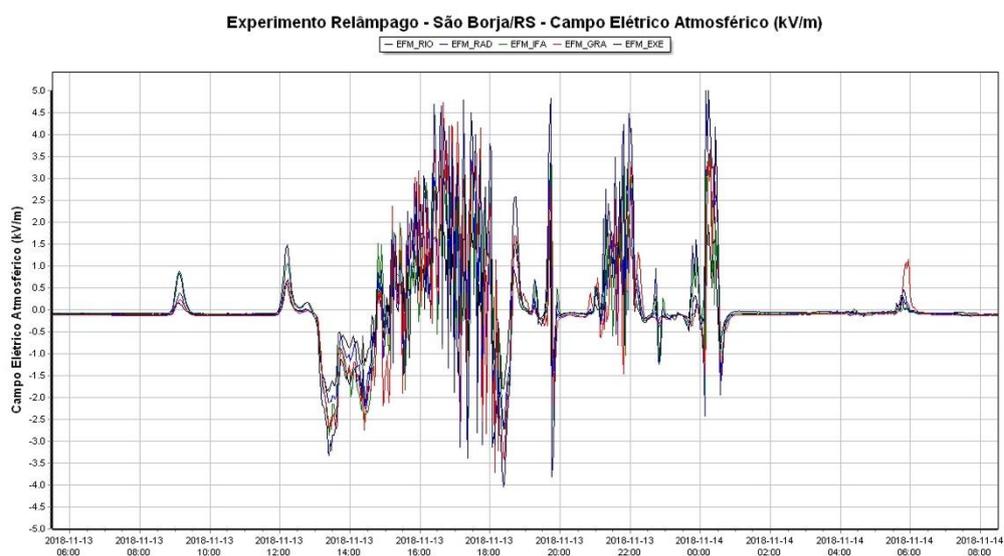


Figura b4 – Exemplo do campo eletrostático medido dia 13/11/2018

c) Modelagem e Assimilação de dados. (Contribuição Edmilson Freitas)

As principais atividades de modelagem numérica do projeto SOS-CHUVA durante o ano de 2018 estiveram voltadas a assimilação de dados de radar e à criação de um sistema operacional de modelagem para servir ao experimento RELAMPAGO. A parte de assimilação é descrita nos dois artigos que estão sendo submetidos e que foram anexadas ao relatório, logo não serão descritas nesta parte.

O experimento Relâmpago foi realizado entre os dias 01 de novembro e 15 de dezembro de 2018, com foco na região do município de São Borja – RS. O sistema de previsão teve como base o uso de dois modelos numéricos, BRAMS e WRF, sendo integrados no CPTEC-INPE e no IAG-USP. No CPTEC-INPE o modelo WRF foi integrado, com espaçamento de grade de 5 km e duas inicializações diárias, às 00 e 12 UTC.

A Figura c1 abaixo mostra um exemplo da área de cobertura das integrações com o WRF, com foco na região de São Borja-RS.

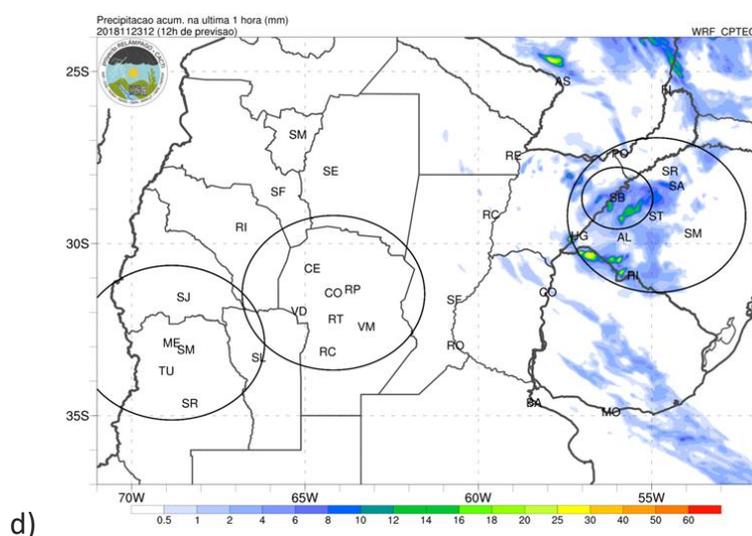


Figura c1: Precipitação acumulada em 1 hora para 12 UTC do dia 23 de novembro de 2018, conforme saídas fornecidas pelo modelo WRF, com espaçamento de grade de 5 km, integrado no CPTEC-INPE. A área amostrada é relativa ao experimento RELAMPAGO, com interesse sobre as regiões da Argentina, Paraguai e sul do Brasil.

No laboratório MASTER do IAG-USP foram feitas integrações com os dois modelos. O modelo WRF foi inicializado de duas formas: 1) Condição inicial fornecida pela integração realizada no CPTEC-INPE, com 5 km de espaçamento de grade; 2) Condição inicial fornecida pelo modelo global GFS. A ideia neste procedimento foi gerar informações em diferentes resoluções com condições iniciais distintas para que fosse possível uma avaliação da aplicabilidade de cada uma das previsões geradas e indicação da melhor configuração para possíveis centros regionais de previsão. O CPTEC-INPE tem como objetivo a manutenção das integrações com o modelo WRF e, assim, fornecer informações em altas resolução para centros de previsão nas diversas regiões brasileiras. Desta forma, as integrações realizadas com este modelo serviram como um “testbed” para posteriormente serem utilizadas na criação desses centros. Os eventos severos ocorridos durante os 45 dias de experimento estão sendo analisados para que possa ser feita uma avaliação da melhor configuração utilizada. No total, foram feitos 5 tipos de integração com o modelo WRF, sendo duas destas inicializadas com o WRF de 5 km do CPTEC, às 00 e às 12 UTC. As outras três integrações foram feitas com base no modelo GFS, sendo os espaçamentos de grade utilizados de 16 km, 4 km e 2 km.

As integrações com o modelo BRAMS foram feitas cobrindo a mesma área do modelo WRF, sendo feitas em duas grades, sendo a primeira de 16 km e a segunda de 4 km. As inicializações nestas grades também foram feitas em dois horários distintos, às 00 e às 12 UTC. Novamente, a ideia foi verificar o impacto da condição inicial durante a previsão de eventos severos. Um desses eventos, ocorridos entre os dias 17 e 18 de novembro de 2018 está sendo objeto de estudo que está sendo organizado (Freitas et al, 2019) para publicação no periódico “Weather and Forecasting” ou outro periódico específico da área. O evento escolhido ocorreu sobre o norte da Argentina e boa parte do Rio Grande do Sul, conforme mostra a figura c2 abaixo

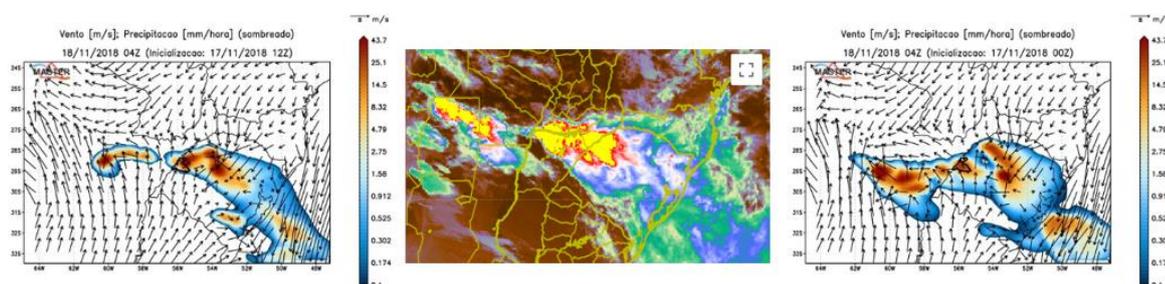


Figura c2: Comparação entre resultados obtidos com o modelo BRAMS (taxa de precipitação) e imagem do satélite GOES-16 no canal IR realçada, para o evento de tempo severo ocorrido entre os dias 17 e 18 de novembro de 2018. À esquerda, resultados da integração inicializada às 12 Z do dia 17 de novembro. À direita, resultados da integração inicializada às 00 Z do dia 17 de novembro.

As integrações feitas no laboratório MASTER continuam em operação e podem ser verificadas no endereço www.master.iag.usp.br. Em breve, a operação sobre a área do experimento relâmpago será substituída por outra, focada sobre o estado de São Paulo.

Com relação a componente modelagem foram realizados dois trabalhos, um apresentado no **ANEXO XXII** que discute o efeito da parametrização urbana como essencial para a representação de eventos severos em uma simulação de crescimento urbano e seus efeitos. Neste estudo a mancha urbana foi aumentada de forma hipotética para 2030, representando um possível crescimento da área urbana da RMSP, sendo praticamente todos os seus municípios altamente urbanizados. O segundo trabalho em andamento é relativo à Dissertação de Mestrado da estudante Isabela Christina Siqueira, cujo título provisório é “Previsão numérica de tempo severo em São Paulo”. Neste trabalho a estudante está fazendo integrações com o modelo BRAMS para estudar casos selecionados de tempestades ocorridas durante o verão 2017-2018, durante o experimento em Campinas. Até o momento, dois

casos de tempo severo foram simulados, sendo um relativo à uma linha de instabilidade e outro originado da interação entre a brisa marítima e outras circulações de mesoescala, tais como a ilha de calor urbana. Resultados das integrações realizadas serão apresentados ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, por ocasião do exame de qualificação, a ser realizado entre março e abril de 2019.

Até o momento, foram criados sistemas operacionais de previsão de tempo, voltados para os experimentos de campo realizados no projeto SOS-CHUVA. O foco principal foi fornecer subsídios para a realização dos experimentos (campanha intensiva em Campinas e durante o experimento RELAMPAGO) e material para que análises detalhadas sobre a eficiência das previsões geradas pelos dois modelos de interesse do projeto pudessem ser realizadas. Neste último ano de desenvolvimento do projeto, pretende-se fazer a avaliação das integrações realizadas e buscar as melhores configurações para uso dos modelos nos centros regionais. Alguns aspectos terão destaque, tais como a questão da condição inicial, numa busca para redução do tempo de “spin-up”, e quais as resoluções mais adequadas e possíveis para que previsões em curtíssimo prazo (“nowcasting”) possam ser realizadas. Por outro lado, a questão de assimilação de dados de radar e do GLM do GOES estão bem definidos e com capacidade de serem implementados operacionalmente nos centros regionais.

d) Estimativa de Precipitação. (Contribuição de Daniel Vila)

Neste período de três anos do projeto realizamos desenvolvimentos relacionados a uma metodologia de fusão de dados da rede de pluviômetros e dados de satélite, testamos, validamos e definimos a melhor base de dados de satélite para o Brasil e criamos a base de dados de precipitação. Os algoritmos GPROF (Goddard Profiling Algorithm) foram validados usando parâmetros estatísticos contínuos e tabelas de contingência em relação com o conjunto de dados de radar de superfície do experimento SOS-CHUVA no sudeste de Brasil. A constelação de satélites equipados com sensores de micro-ondas passivas do projeto GPM (Global Precipitation Measurement), como o SSMIS (Special Sensor Microwave Imager/Sounder), MHS (Microwave Humidity Sounder), ATMS (Advanced Technology Microwave Sounder), GMI (Global Microwave Imager) e AMSR-2 (Advanced Scanning Microwave Radiometer) foram comparados com as estimativas feitas pelo radar de superfície e os resultados preliminares mostram que a técnica atual de estimativa do GPROF tende a superestimar

a ocorrência de precipitação leve, levando a uma superestimação da contribuição volumétrica da precipitação, enquanto subestima a precipitação moderada a intensa.

Também realizamos estudos para a fusão dos dados de satélites com radares e iniciamos os estudos sobre a estimativa de chuva por satélite para eventos extremos. A base de dados foram 16 eventos (descritos no ANEXO VI) com características de eventos intensos, como rajadas de vento, chuva intensa, queda de granizo e queda de árvores de acordo com notícias locais. A comparação é realizada quando há uma coincidência no tempo e no espaço entre a passagem de satélites e os dados do radar (taxas de chuva médias em 30 minutos), o tempo de comparação pode não coincidir com o período mais intenso da tempestade (tempo severo). Desta forma a comparação é complexa e ainda necessita de maior aprofundamento. Para analisar a distribuição de precipitação, uma metodologia baseada em frequência de ocorrência de uma determinada taxa de chuva, aparece como a abordagem mais confiável devido a falta de dados suficientes para uma estatística robusta. Esta abordagem destaca as diferenças para diferentes taxas de chuva: enquanto as taxas mais baixas de chuva, que são mais frequentes em estimativas de satélite, não geram valores acumulados significativos; as taxas mais intensas de chuva são relacionadas com os eventos severos e contribuem significativamente para o total acumulado de precipitação. Alguns artigos foram publicados relacionados aos estudos acima e estão descritos na sessão 4. Esperamos que ao final de 2019, na conclusão do projeto esta etapa terá sido encerrada, cumprindo com os objetivos propostos no projeto temático.

e) Variabilidade espaço-temporal da precipitação e da umidade do solo: efeito sobre a produtividade estimada. (Contribuição de Felipe Pilau)

A campanha de coleta de dados de chuva na malha amostral, composta por nove pluviômetros instalados na Fazenda Areão, Esalq/USP, foi iniciada no mês de Setembro de 2016 e finalizada em Abril de 2018. Com pluviômetros distribuídos 200m entre si, a área total de estudo foi de 36,0 ha. O experimento também possuía um pluviômetro, de mesma marca/modelo, localizado na estação meteorológica da ESALQ, distante de aproximadamente 2,0 Km malha. A fim de aumentar a área total de estudo, foi incorporada uma nova base de dados, citada por Reichart et al. (1995). Nesse caso, nove pontos de coleta de chuva foram escolhidos aleatoriamente dentro da área de Campus da Esalq/USP. Um décimo ponto de coleta, considerado como padrão, foi a medida do Posto Meteorológico Esalq/USP. Com pluviômetros distantes de 990 e 2550 m em relação ao padrão, a área

de estudo era de cerca de 1.000 ha. Além da precipitação, em cada um dos nove pontos da malha amostral também foi mensurada a umidade volumétrica do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$). Para isso, tubos de PVC foram introduzidos verticalmente no solo para uso do medidor de umidade volumétrica do solo, denominado “Diviner 2000”. O método de medida é a reflectometria no domínio da frequência (FDR). As medições foram realizadas de duas a três vezes por semana. Cada ponto (solo) teve sua granulometria determinada em laboratório. Medidas da umidade do solo, pós-chuva de alto volume acumulado, foi tomada como umidade do solo em capacidade de campo (θ_{cc}) e ao final de um período de estiagem (3 meses) como umidade do solo em ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) (Tabela 1). Todos os dados estão sendo usados para a simulação da produtividade potencial e atingível de culturas agrícolas, especialmente soja e milho. Mais de um modelo de simulação está sendo utilizado. O AquaCrop-GIS, modelo mais simples, mas que foi projetado para facilitar o uso quando um alto número de simulações é necessário, simplificando a tarefa, até modelos mais robustos, incluídos nas plataformas DSSAT E APSIM, mas que não rodam em SIG. Nesse relatório apresentam-se alguns dados medidos para fim de caracterização. A título de exemplo, uma correlação entre o coeficiente de Pearson (r) gerada entre o ponto padrão e demais nove pontos, em relação a distância entre pontos, mostra a crescente variabilidade conforme a distância entre pontos de medição aumenta (Figura e1), deliberando sobre a relação entre variabilidade espaço-temporal da chuva e produtividade em áreas agrícolas. A partir das simulações já feitas, a variabilidade de precipitação e solo é transformada em variabilidade de produtividade. A partir da análise desses resultados será possível quantificar a densidade ideal de pluviômetros em área de produção, a fim de identificar a variabilidade desse importante elemento meteorológico e sua influência na produtividade de cada talhão.

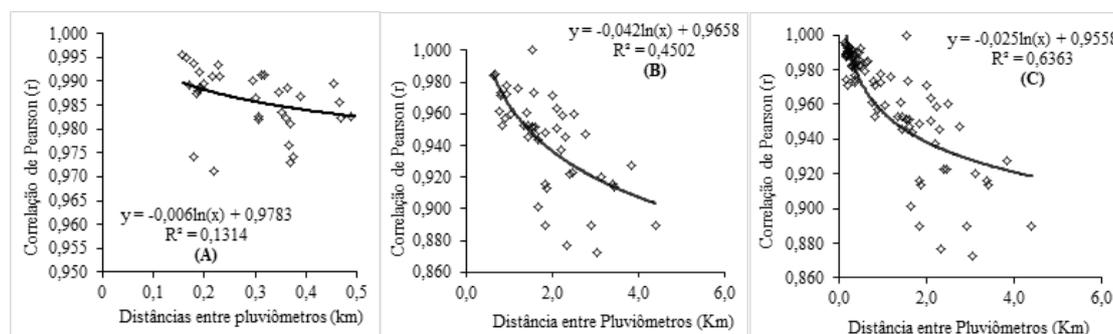


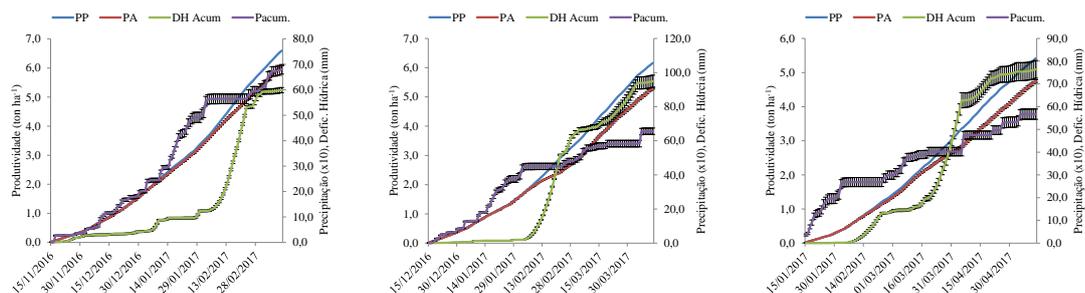
Figura e1. Correlação de Pearson com a distância entre pluviômetros para a malha amostral (A), de Reichart et al. (1995) (B), e para os dois conjuntos de dados de precipitação (C).

Dados de granulometria caracterizam as diferenças físicas do solo entre os pontos amostrais em um talhão de apenas 36,0 ha. Tais distinções entre pontos refletiu-se nos dados referenciais de umidade (θ_{CC} e θ_{PMP}), caracterizando valores de capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) máximo de 135,6mm e mínimo de 86,1mm. A diferença entre ambos, em relação a CAD média dos nove pontos, foi de 45,5% (Tabela 3E.1).

Tabela 1. Porcentagens de areia, silte e argila, umidade volumétrica em capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) e capacidade de armazenamento de água no solo (CAD).

Pontos	Lat (°)	Long (°)	Argila	Silte %	Areia %	θ_{CC}	θ_{PMP}	CAD
P1	-22,6932	-47,6407	70,72	2,31	26,97	28,292	17,853	104,4
P2	-22,6917	-47,6416	66,83	4,96	28,21	22,585	9,024	135,6
P3	-22,6902	-47,6424	61,99	12,73	25,28	28,196	15,472	127,2
P4	-22,6917	-47,6394	62,41	12,59	25,00	20,411	9,732	106,8
P5	-22,6905	-47,6403	68,80	9,31	21,89	19,385	10,771	86,1
P6	-22,6890	-47,6413	72,16	7,90	19,94	22,142	11,17	109,7
P7	-22,6905	-47,6388	51,25	16,33	32,42	19,585	8,708	108,8
P8	-22,6891	-47,6391	84,50	11,16	4,34	22,717	12,197	105,2
P9	-22,6877	-47,6402	69,98	13,34	16,68	22,307	12,675	96,3

Uma primeira simulação, considerando apenas a variabilidade de chuva entre os nove pontos da malha amostral, estabeleceu a relação entre a precipitação acumulada ao longo do ciclo, a deficiência hídrica e a produtividades potencial (PP) e atingível (PA). A PP, definida apenas pela disponibilidade energética (radiação solar, fotoperíodo e temperatura do ar), cujas variáveis foram consideradas iguais entre pontos para uma mesma data, variou entre 6,6 ton ha⁻¹ (semeadura precoce) à 5,41ton ha⁻¹ para semeadura tardia (Figura e2, Tabela 2). Em função da penalização hídrica a PA foi de 6,09 ton ha⁻¹ à 4,74 ton ha⁻¹ (Figura 2e, Tabela 2), mais uma vez reduzindo em função do atraso da semeadura. A razão PA/PP, para a safra analisada, mostra que o atraso na semeadura, em função das condições meteorológicas, acentuou a perda produtiva (Figura e2, Tabela 2). Com uma análise estatística simples, a partir do coeficiente de variação (CV%), observam-se valores muito baixos, inferior a 5% para precipitação pluvial mensuradas nos nove pontos da malha que, a partir do modelo usado, geraram índice inferior a 1% para produtividade atingível. Isso já define que, na pratica, para esse tamanho de área (36ha) a instalação de apenas um equipamento seria suficiente. Resultados para a malha de 1000ha irão auxiliar na definição da densidade de pluviômetros a ser recomendada.



(A)

(B)

(C)

Figura e2. Chuva média e desvio padrão da malha amostral (A); chuva, deficiência hídrica acumulada, produtividade potencial (PP) e atingível (PA) para soja (B), para o período de 15/11/2016 à 14/03/2017.

Tabela 2. Data de semeadura simulada e precipitação acumulada (Pacum), deficiência hídrica acumulada (Def. Hidacum) e produtividades potencial (PP) e atingível (PA) médias dos nove pontos da malha amostral.

Data	P _{acum} (mm)	CV(%)	Def.H _{acum} (mm)	CV(%)	PP (ton ha ⁻¹)	PA (ton ha ⁻¹)	CV(%)	PA/PP
15/11/2016	684,77	2,78	59,8	1,73	6,60	6,09	0,16	0,92
15/12/2017	656,08	2,85	94,9	3,77	6,16	5,29	0,64	0,85
15/01/2018	567,19	4,02	76,4	5,11	5,41	4,74	0,75	0,82

Para uma segunda etapa da pesquisa, com objetivo de analisar o efeito da variabilidade espaço-temporal da precipitação sobre a produtividade agrícola, a malha amostral foi instalada em um talhão de produção de soja, de aproximadamente 700,0ha, no município de General Carneiro (MT). A coleta de dados iniciou no mês de outubro e deverá se estender até março de 2019.

4) Lista Trabalhos Apresentados, Publicados ou em Preparação e de Alunos Envolvidos com o Projeto.

4.1) Trabalhos Publicados e Submetidos em Periódicos Indexados:

4.1.1) Trabalhos Publicados

ANDREAE, MEINRAT O.; AFCHINE, ARMIN; ALBRECHT, RACHEL; HOLANDA, BRUNA AMORIM; ARTAXO, PAULO; BARBOSA, HENRIQUE M. J.; BORRMANN, STEPHAN; CECCHINI, MICAEL A.; COSTA, ANJA; DOLLNER, MAXIMILIAN; FÜTTERER, DANIEL; JÄRVINEN, EMMA; JURKAT, TINA; KLIMACH, THOMAS; KONEMANN, TOBIAS; KNOTE, CHRISTOPH; KRÄMER, MARTINA; KRISNA, TRISMONO; MACHADO, Luiz A. T.; MERTES, STEPHAN; MINIKIN, ANDREAS; PÖHLKER, CHRISTOPHER; PÖHLKER, MIRA L.; PÖSCHL, ULRICH; ROSENFELD, DANIEL; SAUER, DANIEL; SCHLAGER, HANS; SCHNAITER, MARTIN; SCHNEIDER, JOHANNES; SCHULZ, CHRISTIANE; SPANU, ANTONIO; SPERLING, VINICIUS B.; VOIGT, CHRISTIANE; WALSER, ADRIAN; WANG, JIAN; WEINZIERL, BERNADETT; WENDISCH, MANFRED; ZIEREIS, HELMUT. Aerosol characteristics and particle production in the upper troposphere over the Amazon Basin. *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS (ONLINE)*. Fator de Impacto(2016 JCR): 5,3180, v.18, p.921 - 961, 2018.

COSTA, IZABELLY C.; Machado, Luiz A.T.; KUMMEROW, CHRISTIAN. An examination of microwave rainfall retrieval biases and their characteristics over the Amazon. *ATMOSPHERIC RESEARCH*. Fator de Impacto(2016 JCR): 3,7780, v.213, p.323 - 330, 2018.

COSTA, SIMONE M. S.; NEGRI, RENATO G.; FERREIRA, NELSON J.; SCHMIT, TIMOTHY J.; ARAI, NELSON; FLAUBER, WAGNER; CEBALLOS, Juan; VILA, Daniel; RODRIGUES, JURANDIR; machado, luiz A.; PEREIRA, SÉRGIO; BOTTINO, MARCUS JORGE; SISMANOGLU, RAFFI AGOP; LANGDEN, PEDRO. A Successful Practical Experience on Dedicated Geostationary Operational Environmental Satellites-GOES -10/12 Supporting Brazil. *BULLETIN OF THE AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY*. Fator de Impacto(2016 JCR): 7,2810, v.on lin, p.BAMS-D-16-0029.1 - , 2017.

FAN, JIWEN; ROSENFELD, DANIEL; ZHANG, YUWEI; GIANGRANDE, SCOTT E.; LI, ZHANQING; MACHADO, Luiz A. T.; MARTIN, SCOT T.; YANG, YAN; WANG, JIAN; ARTAXO, PAULO; BARBOSA, HENRIQUE M. J.; BRAGA, RAMON C.; COMSTOCK, JENNIFER M.; FENG, ZHE; GAO, WENHUA; GOMES, HELBER B.; MEI, FAN; PÖHLKER, CHRISTOPHER; PÖHLKER, MIRA L.; PÖSCHL, ULRICH; DE SOUZA,



RODRIGO A. F. Substantial convection and precipitation enhancements by ultrafine aerosol particles. SCIENCE. Fator de Impacto(2011 JCR): 31,2010, v.359, p.411 - 418, 2018.

KRISNA, TRISMONO C.; WENDISCH, MANFRED; EHRlich, ANDRÉ; JÄKEL, EVELYN; WERNER, FRANK; WEIGEL, RALF; BORRMANN, STEPHAN; MAHNKE, CHRISTOPH; PÖSCHL, ULRICH; ANDREAE, MEINRAT O.; VOIGT, CHRISTIANE; MACHADO, Luiz A. T. Comparing airborne and satellite retrievals of cloud optical thickness and particle effective radius using a spectral radiance ratio technique: two case studies for cirrus and deep convective clouds. ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS (ONLINE). Fator de Impacto(2016 JCR): 5,3180, v.18, p.4439 - 4462, 2018.

MACHADO, Luiz A. T.; CALHEIROS, ALAN J. P.; BISCARO, THIAGO; GIANGRANDE, SCOTT; SILVA DIAS, MARIA A. F.; CECCHINI, MICAEL A.; ALBRECHT, RACHEL; ANDREAE, MEINRAT O.; ARAUJO, WAGNER F.; ARTAXO, PAULO; BORRMANN, STEPHAN; BRAGA, RAMON; BURLEYSON, CASEY; EICHHOLZ, CRISTIANO W.; FAN, JIWEN; FENG, ZHE; FISCH, GILBERTO F.; JENSEN, MICHAEL P.; MARTIN, SCOT T.; PÖSCHL, ULRICH; PÖHLKER, CHRISTOPHER; PÖHLKER, MIRA L.; RIBAUD, JEAN-FRANÇOIS; ROSENFELD, DANIEL; SARAIVA, JACI M. B.; SCHUMACHER, COURTNEY; THALMAN, RYAN; WALTER, DAVID; WENDISCH, MANFRED. Overview: Precipitation characteristics and sensitivities to environmental conditions during GoAmazon2014/5 and ACRIDICON-CHUVA. ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS (ONLINE). Fator de Impacto(2016 JCR): 5,3180, v.18, p.6461 - 6482, 2018.

Martins Costa do Amaral, L.; Barbieri, S.; Vila, D.; Puca, S.; Vulpiani, G.; Panegrossi, G.; Biscaro, T.; Sanò, P.; Petracca, M.; Marra, A.C.; Gosset, M.; Dietrich, S. Assessment of Ground-Reference Data and Validation of the H-SAF Precipitation Products in Brazil. Remote Sens. 2018, 10, 1743.

Michot, V.; Vila, D.; Arvor, D.; Corpetti, T.; Ronchail, J.; Funatsu, B.M.; Dubreuil, V. Performance of TRMM TMPA 3B42 V7 in Replicating Daily Rainfall and Regional Rainfall Regimes in the Amazon Basin (1998–2013). Remote Sens. 2018, 10, 1879.

Oliveira, R.; Maggioni, V.; Vila, D.; Porcacchia, L. Using Satellite Error Modeling to Improve GPM-Level 3 Rainfall Estimates over the Central Amazon Region. Remote Sens. 2018, 10, 336.

Jean-François Ribaud, Luiz A. T. Machado, and Thiago Biscaro. X-band dual-polarization radar-based hydrometeor classification for Brazilian tropical precipitation systems. Submitted to Atmos. Meas. Tech. Discuss., <https://doi.org/10.5194/amt-2018-174>.



Rozante, J.R.; Vila, D.A.; Barboza Chiquetto, J.; Fernandes, A.A.; Souza Alvim, D. Evaluation of TRMM/GPM Blended Daily Products over Brazil. *Remote Sens.* 2018, 10, 882.

Sapucci, Luiz F.; MACHADO, Luiz A. T.; MENEZES DE SOUZA, ENIUCE; CAMPOS, THAMIRIS B. Global Positioning System precipitable water vapor (GPS-PWV) jumps before intense rain events: A potential application to nowcasting. *METEOROLOGICAL APPLICATIONS. Fator de Impacto(2016 JCR): 1,4110, v.25, p.1 - 14, 2018.*

SATURNO, JORGE; DITAS, FLORIAN; PENNING DE VRIES, MARLOES; HOLANDA, BRUNA A.; PÖHLKER, MIRA L.; CARBONE, SAMARA; WALTER, DAVID; BOBROWSKI, NICOLE; BRITO, JOEL; CHI, XUGUANG; GUTMANN, ALEXANDRA; HRABE DE ANGELIS, ISABELLA; MACHADO, Luiz A. T.; MORAN-ZULOAGA, DANIEL; RÜDIGER, JULIAN; SCHNEIDER, JOHANNES; SCHULZ, CHRISTIANE; WANG, QIAOQIAO; WENDISCH, MANFRED; ARTAXO, PAULO; WAGNER, THOMAS; PÖSCHL, ULRICH; ANDREAE, MEINRAT O.; PÖHLKER, CHRISTOPHER. African volcanic emissions influencing atmospheric aerosols over the Amazon rain forest. *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS (ONLINE). Fator de Impacto(2016 JCR): 5,3180, v.18, p.10391 - 10405, 2018.*

SCHULZ, CHRISTIANE; SCHNEIDER, JOHANNES; AMORIM HOLANDA, BRUNA; APPEL, OLIVER; COSTA, ANJA; DE SÁ, SUZANE S.; DREILING, VOLKER; FÜTTERER, DANIEL; JURKAT-WITSCHAS, TINA; KLIMACH, THOMAS; KNOTE, CHRISTOPH; KRÄMER, MARTINA; MARTIN, SCOT T.; MERTES, STEPHAN; PÖHLKER, MIRA L.; SAUER, DANIEL; VOIGT, CHRISTIANE; WALSER, ADRIAN; WEINZIERL, BERNADETT; ZIEREIS, HELMUT; ZÖGER, MARTIN; ANDREAE, MEINRAT O.; ARTAXO, PAULO; MACHADO, Luiz A. T.; PÖSCHL, ULRICH; WENDISCH, MANFRED; BORRMANN, STEPHAN. Aircraft-based observations of isoprene-epoxydiol-derived secondary organic aerosol (IEPOX-SOA) in the tropical upper troposphere over the Amazon region. *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS (ONLINE). Fator de Impacto(2016 JCR): 5,3180, v.18, p.14979 - 15001, 2018.*

SHILLING, JOHN E.; PEKOUR, MIKHAIL S.; FORTNER, EDWARD C.; ARTAXO, PAULO; DE SÁ, SUZANE; HUBBE, JOHN M.; LONGO, KARLA M.; MACHADO, Luiz A. T.; MARTIN, SCOT T.; SPRINGSTON, STEPHEN R.; TOMLINSON, JASON; WANG, JIAN. Aircraft observations of the chemical composition and aging of aerosol in the Manaus urban plume during GoAmazon 2014/5. *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS (ONLINE). Fator de Impacto(2016 JCR): 5,3180, v.18, p.10773 - 10797, 2018.*



WANG, DIE; GIANGRANDE, SCOTT E.; BARTHOLOMEW, MARY JANE; HARDIN, JOSEPH; FENG, ZHE; THALMAN, RYAN; MACHADO, Luiz A. T. The Green Ocean: precipitation insights from the GoAmazon2014/5 experiment. *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS (ONLINE)*. Fator de Impacto(2016 JCR): 5,3180, v.18, p.9121 - 9145, 2018.

YEE, LINDSAY D.; ISAACMAN-VANWERTZ, GABRIEL; WERNIS, REBECCA A.; MENG, MENG; RIVERA, VENTURA; KREISBERG, NATHAN M.; HERING, SUSANNE V.; BERING, MADS S.; GLASIUS, MARIANNE; UPSHUR, MARY ALICE; GRAY BÉ, ARIANA; THOMSON, REGAN J.; GEIGER, FRANZ M.; OFFENBERG, JOHN H.; LEWANDOWSKI, MICHAEL; KOURTCHEV, IVAN; KALBERER, MARKUS; DE SÁ, SUZANE; MARTIN, SCOT T.; ALEXANDER, M. LIZABETH; PALM, BRETT B.; HU, WEIWEI; CAMPUZANO-JOST, PEDRO; DAY, DOUGLAS A.; JIMENEZ, JOSE L.; LIU, YINGJUN; MCKINNEY, KARENA A.; ARTAXO, PAULO; VIEGAS, JUAREZ; MANZI, ANTONIO; OLIVEIRA, MARIA B.; DE SOUZA, RODRIGO; MACHADO, Luiz A. T.; LONGO, KARLA; GOLDSTEIN, ALLEN H. Observations of sesquiterpenes and their oxidation products in central Amazonia during the wet and dry seasons. *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS (ONLINE)*. Fator de Impacto(2016 JCR): 5,3180, v.18, p.10433 - 10457, 2018.

4.1.2) Trabalhos Submetidos

Andréia Bender Edmilson Dias Freitas and Luiz Augusto Toledo Machado. The Impact of Future Urban Scenarios on a Severe Weather Case in the Metropolitan Area of São Paulo. Submitted to *Climate Change*.

Brahms M., Vila D., Martinez S., Osgood D., 2018, Can disaster events reporting be used to drive remote sensing applications? A Latin America Weather Index Insurance Case Study. Submitted to *Meteorological Applications*

Cleo Quaresma Dias-Junior, Nelson Luis Dias, Rosa Maria N. dos Santos, Matthias, Sorgel, Alessandro Araujo, Anywhere Tsokankunku, Florian Ditas, Raoni Aquino de Santana, Celso von Randow, Marta Sa, Christopher Pohlker, Luiz Augusto Toledo Machado, Leonardo Deane de Sa, Daniel Moran, Otavio Acevedo, Pablo Oliveira, Gilberto Fisch and Antonio Manzi. Is there a classical inertial sublayer over the Amazon forest?. Submitted to *Geoph. Res. Letter*.

Frasconi, A., D. Castilho, M. Rixen, E. Ramirez, J. de Mattos, P. Kubota, A. Calheiros, K. Reed, M. da Silva Dias, P. da Silva Dias, H. de Campos Velho, S. de Roode, F. Doblas-Reyes, D. Eiras, M. Ek, S. Figueroa, R. Forbes, S. Freitas, G. Grell, D. Herdies, P. Lauritzen, L. Machado, A. Manzi, G. Martins, G. Oliveira, N. Rosário, D. Sales, N. Wedi, and B. Yamada, 2018: Building the next generation of climate modelers: scale-aware physics parameterization and the “Grey Zone” challenge. Bull. Amer. Meteor. Soc. doi:10.1175/BAMS-D-18-0145.1, in press.

Izabelly C. Costa, Christian Kummerow, Luiz A. T. Machado, David Randel, Veljko Petkovic and Sarah Ringerud. Variability analysis of the systematic biases in satellite precipitation estimation related to cloud microphysics and radiative properties. Submitted to Remote Sensing.

Lianet H. Pardo, Luiz A. T. Machado, Micael A. Cecchini, Madeleine S. Guacita. Quantifying the aerosols' effects on droplets size distributions at cloud-top. Submitted to Atmos. Chem. And Phys.

Lianet Hernández Pardo, Luiz Augusto Toledo Machado, and Micael Amore Cecchini. Cloud-top microphysics evolution in the Gamma phase space from a modeling perspective. Submitted to Atmosph. Phys. Chemist. In discussion – not accepted.

M. A. Cecchini, M. A. F. Silva Dias, L. A. T. Machado, C. A. Morales and T. Biscaro. Macro- and microphysical characteristics of rain cells observed during SOS-CHUVA. Submitted to Journal Geophys. Res.

Siqueira, R., Vila D., 2018, Hybrid methodology for precipitation estimation using Hydro-Estimator over Brazil, Accepted for publication in the International Journal of Remote Sensing

4.1.3) Trabalhos em Preparação

André A. R. Morais, Kleber P. Naccarato, Christelle Barthe and Rodrigo Azambuja. Numerical simulation of the electrical activity of a thunderstorm over Campinas, Brazil with observational data comparison. To be submitted to Journal of Geoph. Res. In 2019.

Bruno Z. Ribeiro, Luiz A. T. Machado, Joao H. Chinchay, Thiago S. Biscaro Edmilson Freitas², Kathryn W. Mozer and Steven J. Goodman. An evaluation of the GOES-16 rapid scan for nowcasting in

Southeastern Brazil: analysis of a severe hailstorm case. To be Submitted to Journal App. Meteor and Clim.

Camila C. Lopes, Rachel I. Albrecht, Lawrence D. Carey, Sarah Stough. Microphysics, Kinematics and Electrification in Hail Producing Tropical Storms during SOS-CHUVA Project. To be submitted to J. Atmos. Sci. In 2019.

Camila Lopes, Rachel I. Albrecht, Vinicius Sperling, Carlos Morales, Ana Ávila, Luiz Machado, E. Freitas. June 2016 Severe Weather Outbreak in Brazil. To be submitted to Natural Hazards. In 2019.

Carolina Araujo, Luiz A. T. Machado, Jean-François Ribaud and Eder Vendrasco. Potential use of GLM for Nowcasting and Data Assimilation. To be submitted to Journal of App. Meteor and Clim.

Cristiano W. Eichholz and Luiz A. T. Machado. An Evaluation of Rain Cells Propagations Using Radiosonde and Radar Data. To be submitted to Meteor. Appl.

Eder Vendrasco, Luiz A T Machado, Bruno Z Ribeiro and Edmilson Freitas. Na Evaluation of radar data assimilation in cloud resolving models for intense weather events. To be submitted to Weather and Forecasting.

Evandro M. Anselmo, Courtney Schumacher and Luiz A. T. Machado. The Amazonian Low-level Jet and its Connection to Convective Cloud. To be submitted to Journal Geophysical Research.

Evandro M. Anselmo, Luiz A. T. Machado and Courtney Schumacher. Cinematic Characteristics of Amazonian convective systems. To be submitted to International Journal of Climatology.

Freitas, E. D., Machado, L. A. T. and coauthors. Evaluation of initialization processes on forecasting a severe weather event during the RELAMPAGO field campaign. To be submitted to Weather and Forecasting. 2019.

Jean-François Ribaud and Luiz A. T. Machado. Insights into Brazilian microphysical convective clouds observed during SOS-CHUVA. Submitted to Journal of App. Meteor and Clim.

Jessica C. S. Souza, Rachel I. Albrecht, Marcelo M. F. Saba, Timothy Lang, Tom Warner. Microphysics and precipitation structure in thunderstorms with upward lightning in Brazil. To be submitted to Geophys. Res. Letters. In 2019.

Lianet H. Pardo¹, Luiz A. T. Machado¹, Micael A. Cecchini², Eder Vendrasco¹, Thiago Biscaro¹, and Jean-François Ribaud Improved description of the shape parameter in modeled cloud-top droplet size distributions to be submit to Mon. Wea. Rev.

Palharini, R., Martins L., Biscaro T., Vila D., 2018. Intercomparison between passive microwave precipitation estimates and ground-based radar over Brazil using SOS-CHUVA campaign dataset.

Pilau Felipe et al. Fluxos de CO₂, água e energia em área de renovação de canal com cultivo de soja.

Pilau Felipe et al. Balanço hídrico especializado em área agrícola: implicação na variabilidade da produtividade atingível da Soja

Pilau Felipe et al. Variabilidade espaço-temporal da precipitação e da umidade do solo: efeito sobre a produtividade estimada para Soja e Milho.

Rachel I. Albrecht, Camila Lopes, Raidiel Puig, Carlos A. Morales, Thiago Biscaro, Luiz Machado, Hartmut Höller, Steve J. Goodman, Richard J. Blakeslee. Storm morphology and electrification during CHUVA-GLM Vale do Paraíba field campaign. To be submitted to J. Geophys. Res. In 2019.

Rachel I. Albrecht, Carlos A. Morales, Luiz A. T. Machado, Rebeca F. Pereira, Jaci M. B. Saraiva, Ivan Saraiva. Physical controls of thunderstorm development and lightning activity during CHUVA-Manaus and GoAmazon field experiments. To be submitted to J. Geophys. Res. In 2019.

Rachel I. Albrecht, Carlos A. Morales, Marcelo F. Saba, Hartmut Höller, Steve J. Goodman, Richard J. Blakeslee. Understanding the different lightning detection technologies: A contribution from CHUVA-GLM field experiment. To be submitted to Journal Of Atmospheric And Oceanic Technology. In 2019.

Rachel I. Albrecht, Luiz A. T. Machado, Ali Tokay, Carlos Morales, Izabelly Costa, Alan Calheiros. Raindrop size distribution and rainfall characteristics from CHUVA field experiments. To be submitted to J. Geophys. Res. In 2019.

Rachel I. Albrecht, Steven J. Goodman. Lightning over large bodies of water. To be submitted to Geophysical Research Letters. In 2019.

Rachel I. Albrecht, Steven J. Goodman. Tropical Total Lightning Observations and Extrapolated Trends Based on 16 Years of TRMM LIS Observations. To be submitted to Geophysical Research Letters. In 2019.

Vinicius B. Sperling, Rachel I. Albrecht, Daniel A. Vila. Physical and electrical processes of the hailstorms in south of Brazil. To be re-submitted to Atmos. Res. In 2019.

4.2) Livros e Capítulos de livros:

Luiz A T Machado. Cloud Life Cycle and Space-Time Organization. Book Chapter. Rossow Symposium Lecture Book. Em fase de revisão.

Chris Kidd, Shoichi Shige, Daniel Vila, Elena Tarnavsky, Munehisa K. Yamamoto, Viviana Maggioni, Bathobile Maseko, 2018. The IPWG satellite precipitation validation effort. "Satellite Precipitation" submitted to Springer.

4.3) Apresentação de Trabalhos em Congressos

ALBRECHT, R. I.. Principles of the applications of GLM, GLD360 and RINDAT data In: 2nd Workshop on Lightning Detection, 2018, Pirenópolis, GO Brazil.

ALBRECHT, R. I.. The New Generation of Environmental Satellites In: Klimapolis & City Lab Workshop, 2018, São Paulo, SP Brazil.

ALBRECHT, R. I.; MACHADO, LUIZ. A. T.; SPERLING, VINICIUS B.; LOPES, C. C.; MORALES, CARLOS; COSTA, I.; RIBEIRO, B.. Previsão de tempo severo: Desafios, novas tecnologias e aprendizado com o Projeto SOS-CHUVA e a nova geração de satélites GOES-16 In: 1o Workshop "Desafios da meteorologia na gestão urbana", 2018, Rio de Janeiro, RJ Brazil



ALBRECHT, R.; LOPES, C. C.; PUIG, R.; MACHADO, LUIZ. A. T.; FREITAS, E.; SIQUEIRA, I.; AVILA, A.; BISCARO, THIAGO; CALHEIROS, A.; COSTA, I.; IFANGER, T.; NACCARATO, K. P.. Storm morphology and thunderstorm electrification during CHUVA and SOS-CHUVA field campaigns In: XVI International Conference on Atmospheric Electricity, 2018, Nara, Japan.

ALBRECHT, R.; MACHADO, LUIZ. A. T.; RIBAUD, JEAN-FRANÇOIS, CHINCHAY, JOÃO; ARAUJO, CAROLINA. GLM observations, applications and validation in Brazil during SOS-CHUVA field experiment. In: 2018 GLM Annual Science Team Meeting, Huntsville, AL EUA.

ALBRECHT, RACHEL I.; NACCARATO, K. P. ; PINTO, O. ; MAROTTI, A. C.. GLM lightning detection performance and characteristics over Brazil. In: International Lightning Detection Conference (ILDC), 2018, Fort Lauderdale, FL EUA.

Carolina Araujo, Luiz Machado and Jean F. Ribaud. A relationship between lightning and microphysics. An Application of GLM to data assimilation. AMS 2019

CORREA, P. P.; PRAKASH, G.; FRAME, M.; ALLARD, S.; BHARGAVI, K.; ALBRECHT, R.; BATISTA, A. F. M.; BARBOSA, W. L.; GARCIA, S.; OLIVEIRA, R. M.; ARTAXO, P.. Workshop on Data Science - Management Techniques, Analysis, and Visualization of Scientific Data from GOAmazon Campaign In: 9th Atmospheric System Research (ASR) Science Team Meeting, 2018, Tysons, VA EUA.

D. Vila, D. Osgood, S. Martinez Saenz, and M. Bahn, 2018, The historical database for gridded daily precipitation dataset over Latin America: The LatAmPrec dataset. 9th International Precipitation Working Group Workshop, Seoul, November 2018.

J. Roberto Rozante, D. A. Vila, J. Barboza Chiquetto, A. de A. Fernandes, and D. Souza Alvim, 2018, Evaluation of TRMM/GPM blended daily products over Brazil. 9th International Precipitation Working Group Workshop, Seoul, November 2018.

Jiwen Fan, Daniel Rosenfeld, Yuwei Zhang, Scott E Giangrande⁴, Zhanqing Li, Luiz Machado, Scot T Martin, Yan Yang⁸, Jian Wang, Paulo Artaxo¹, Henrique M Barbosa¹¹, Ramon C. Braga¹², Jennifer M Comstock¹³, Zhe Feng, Wenhua Gao, Helber Barros Gomes¹⁶, Fan Mei¹, Christopher Pöhlker¹⁷, Mira L. Pöhlker¹⁷, Ulrich Poeschl¹⁸ and Rodrigo Augusto Ferreira de Souza. Substantial Convection and Precipitation Enhancements by Ultrafine Aerosol Particles. AGU 2018



Lianet Hernández Pardo, Luiz A T Machado: Simulated driving forces for displacements in the Gamma phase-space. EGU 2018.

LOPES, C. C.; ALBRECHT, R.. The Influence of Hail on Severe Storms Electrification In: XVI International Conference on Atmospheric Electricity, 2018, Nara, Japan.

Luiz A. T. Machado, Bruno Zanetti Ribeiro, Joao H. H, Chinchay, Renato G. Negri, Thiago Biscaro and Jean-François Ribaud. iGOES-16 Mesoscale Rapid Scan in Southeastern Brazil: A Hailstorm Case Study. AMS 2019

MAROTTI, A. C.; SAID, R.; Albrecht, Rachel I.; ASSUNCAO, L.; SALDANHA, T.. Fault Correlation Analysis using GLD360 Data In: GROUND2018 & 8th LPE (International Conference on Grounding, Lightning Physics and Effects), 2018, Pirenópolis, GO Brazil.

Micael Amore Cecchini, Andrew Heymsfield, Maria A. F. Silva Dias, Luiz Machado, Paul Field and Ryan Honeyager. Hail Size Distribution Parameterization: Theoretical Considerations and Application to Radar Retrievals. AGU 2018.

Paulo Artaxo, Scot Martin, Meinrat Andreae, Christopher Pöhlker , Henrique Barbosa, Luciana Rizzo, Suzane Sá , Samara Carbone, Jian Wang and Luiz Machado. GoAmazon2014/15 Experiment: Overview of main findings on the interaction of natural biogenic emissions with urban pollution from Manaus. EGU 2018.

R. Siqueira, and D. Vila, 2018. Hybrid methodology for precipitation estimation using Hydro-Estimator over Brazil. 9th International Precipitation Working Group Workshop, Seoul, November 2018.

Regina de Moraes França, Leandro Guarino de Vasconcelos, Luiz Augusto Toledo Machado, Luiz Eduardo Guarino de Vasconcelos. THINKING ALOUD METHOD TO EVALUATE THE USABILITY OF A NOWCASTING APP. Proc. of the Seventh Intl. Conf. on Advances in Computing, Communication and Information Technology - CCIT 2018. ISBN: 978-1-63248-162-7 DOI: 10.15224/ 978-1-63248-162-7-05

Vila D., 2018. Brazilian GV Activities for GPM: Understanding the Physical Processes of Intense Precipitation Events. 2018 PMM Science Team Meeting, October 2018



Vila D., 2018. Validation Activities over South America: Performance of GPM-GSMaP on daily scale and possible nowcasting applications. Precipitation Measuring Mission (PMM) RA PI Meeting 24 Jan, 2018 - 26 Jan, 2018, Tokyo, Japan.

4.4) Orientações Concluídas

4.4.1) Doutorado concluído

Izabelly Carvalho. Estimativa de Precipitação para Nuvens Quentes utilizando Sensores Remotos. INPE/CPTEC. Orientador Luiz A. T. Machado.

Vinicius Banda Sperling. Processos físicos e elétricos das tempestades de granizo na região sul do Brasil. CPTEC-INPE, 2018. Orientadores: Daniel A. Vila e Rachel I. Albrecht

André Arruda Rodrigues de Moraes. SIMULAÇÃO DA ELETRIFICAÇÃO E GERAÇÃO DE RELÂMPAGOS EM TEMPESTADES NO SUDESTE DO BRASIL UTILIZANDO O MODELO NUMÉRICO MESO-NH. Curso de Pós-Graduação em Geofísica Espacial/Ciências Atmosféricas, orientada pelos Drs. Osmar Pinto Junior e Kleber Pinheiro Naccarato.

4.4.2) Dissertação Concluída

João Henry. Evolução das características microfísicas e dinâmicas das tempestades. CPTEC/INPE. Orientador Luiz A T Machado

Carolina Artaújo Santos. O Uso do GLM para assimilação de dados em modelos de alta resolução. Orientador: Luiz A T Machado.

Mariana Fadigatti Picolo. Condições atmosféricas observadas durante ocorrências de tempo severo na área do projeto SOS-CHUVA. 2018. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas. Orientador: Edmilson Dias de Freitas.

4.4.3) Iniciação Científica concluída

Guilherme Zazeri Leite. Análise da variabilidade espaço-temporal da chuva e da umidade do solo e validação do balanço hídrico. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrônômica. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Orientação Felipe Pilau



Gabriela Antonello Pantano. Variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial e implicação na produtividade atingível da Soja. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrônômica. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Orientação Felipe Pilau

Jessé Stenico. Sistema integrado de validação de redes de detecção de descargas elétricas baseado em Contadores de Raios e sensores ópticos. Universidade de São Paulo, 2018. Orientadora: Rachel I. Albrecht

4.4.4) Pos-Doc concluído

Dr. Jean François Ribaud - Pod-Doc FAPESP – orientado Dr. Luiz A T Machado

4.4.5) Treinamento Técnico Concluída

Bolsista TT2: Gustavo Felipe Onisto Ignez

4.4.6) Jornalismo Científico Concluída

JC4 - Tainá Luccas – NEPO-UNICAMP – Roberto do Carmo e Luiz A T Machado.

4.5) Orientações em Andamento

4.5.1) Teses de Doutorado em Andamento

Thiago Biscaro. Tese- RELAÇÕES ENTRE A DINÂMICA E A MICROFÍSICA DE NUVENS NA REGIÃO TROPICAL. INPE/CPTEC – Orientador Luiz A. T. Machado.

Lianet H. Pardo. COMBINANDO OBSERVAÇÃO E MODELAGEM NUMÉRICA PARA MELHORAR A DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS MICROFÍSICOS DAS TEMPESTADES. CPTEC/INPE. Orientador Luiz A T Machado.

Lia Martins Costa do Amaral. Desenvolvimento de uma base de dados de propriedades dinâmicas e radiativas de nuvens para estimativa de precipitação por satélite sobre Brasil.

Rayana Palharini Rayana. Estimativas de precipitação por satélite: Vantagens e limitações no estudo de eventos extremos.

Carlos Denyson Azevedo. Propriedades físicas e morfológicas das nuvens associadas aos Distúrbios Ondulatórios de Leste usando satélites meteorológicos: uma contribuição para a previsão de tempo na costa leste do NEB.

João Maria de Sousa Afonso. Ciclo diurno e caracterização espacial da precipitação na região tropical da América do Sul.

Raidiel Puig Beltran. Estudo do impacto de parametrizações microfísicas na simulação da atividade elétrica nas tempestades. Universidade de São Paulo, 2017. Orientadores: Rachel I. Albrecht e Edmilson Freitas.

Stefane Fonseca Freitas. Relações entre as variáveis de precipitação e atividade elétrica das tempestades da América do Sul e suas aplicações à assimilação de dados em modelos numéricos de previsão de tempo e clima. CPTEC-INPE, 2017. Orientadores: José Antonio Aravéquia e Rachel I. Albrecht

Jéssica Lisandra dos Reis. ANÁLISE DE PADRÕES DE VARIABILIDADE DO CAMPO ELETROSTÁTICO ATMOSFÉRICO COMO METODOLOGIA COMPLEMENTAR AOS SISTEMAS DE PREVISÃO IMEDIATA DE TEMPESTADES. Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Geofísica Espacial/Ciências Atmosféricas, orientada pelos Drs. Kleber Pinheiro Naccarato e Luiz Augusto Toledo Machado

Andréia Bender. Condições atmosféricas conducentes a tempestades severas e sua relação com a urbanização na RMSP. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Edmilson Dias de Freitas.

4.5.2) Dissertações de Mestrado em andamento:

Ernani Fazolo. Desenvolvimento e Validação de Novas Técnicas para a Previsão imediata de Descargas Elétricas.

Rubmara Ketzer Oliveira. Fluxos de CO₂, água e energia em área de renovação de canavial com cultivo de soja. Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas. Universidade de São Paulo. Orientação Felipe Pilau

Thais Letícia dos Santos. Variabilidade espaço-temporal da precipitação e da umidade do solo: efeito sobre a produtividade estimada para Soja e Milho. Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas. Orientação Felipe Pilau

Marco Antonio Zanatta. Balanço hídrico especializado em área agrícola: implicação na variabilidade da produtividade atingível da Soja. Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas. Universidade de São Paulo. Orientação Felipe Pilau

Rosamaria Hahn. Microfísica e atividade elétrica das tempestades severas na região sul da América do Sul. Universidade de São Paulo, 2018. Orientadora: Rachel I. Albrecht

Camila da Cunha Lopes. Impacto do granizo na eletrificação de tempestades severas. Universidade de São Paulo, 2017. Orientadora: Rachel I. Albrecht

Rebeca Fonseca de Oliveira Pereira. A influência da brisa de rio na precipitação e atividade elétrica das tempestades dos experimentos GoAmazon e CHUVA-Manaus. Universidade de São Paulo, 2016. Orientadora: Rachel I. Albrecht

Isabela Christina Siqueira. Previsão numérica de tempo severo em São Paulo. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Edmilson Dias de Freitas.

4.5.3) Iniciação Científica em Andamento

Regina de Moraes França – IC FAPESP - Análise de Usabilidade Móvel e Refatoração de Aplicativos Móveis

Pedro Henrique Nakamura. Eventos transientes luminosos em sistemas convectivos de mesoescala sobre a América do Sul. Universidade de São Paulo, 2018. Orientadora: Rachel I. Albrecht



Jessica Cristina dos Santos Souza. Propriedades microfísicas da precipitação em tempestades com Raios Ascendentes. Universidade de São Paulo, 2017. Orientadora: Rachel I. Albrecht

4.5.4) Pos-Doc em Andamento

Dr. Micael Cecchini – Pos-Doc FAPESP – Orientador Dra. Maria Assunção F. Silva Dias

Dra. Angélica Nardo Caseri – Pos Doc FAPESP – Orientador Frederico Angelis.

4.5.5) Treinamento Técnico em Andamento

TT4A – Bruno Z. Ribeiro – CPTEC – Luiz A T Machado

4.6) Cursos Organizados, Material de Cursos e Visitas

06/08 Palestra no V Seminário de Recursos Naturais - UNIFEI

13 e 14/08 Treinamento de Nowcasting para as Defesas Civas e Centros Regionais no CPTEC

05/09 Palestra na UFRJ (*Nowcasting: Produtos e Aplicações*)

18/10 Palestra no COR (Centro de Operações Rio) (*Nowcasting: Produtos e Aplicações*)

25 e 26/10 Minicurso no XVII EPGMET no CPTEC (Treinamento Nowcasting)

31/10 Palestra no INEA (Uso de dados de radares meteorológicos)

Participação no Curso sobre Meteorología satelital. Aplicaciones para la predicción y vigilancia de fenómenos tropicales, Cartagena de Indias, 27 agosto a 7 de septiembre de 2018.

Treinamento em Torre de Fluxo e Eddy Covariance. !1 a 13 de Abril de 2019ESALQ/USP - Sala do SIESALQ. Treinamento de técnica de estudo d. e trocas gasosas energéticas em ambientes naturais e agrícolas. Prof. Felipe Gustavo Pilau - Departamento de Engenharia de Biosistemas

GOES-R Short Course, 25 May 2018, FURNAS Eletrobrás, Rio de Janeiro, RJ

5) Relatório de Bolsas TT, JC e Uso de Benefícios Complementares

O relatório da Bolsa TT-2 de Gustavo Felipe Onisto Ignez no **ANEXO XXVII**



O relatório da bolsa TT-4A de Bruno Ribeiro encontra-se no **ANEXO XXVIII**

O relatório da Bolsa de JC da Tainá Lucca encontra-se no **ANEXO XXIX**

O relatório da Bolsa de Pós – Doc do Jean François Ribaud encontra-se no **ANEXO XXX**

O relatório técnico sobre o uso dos Benefícios complementares está descrito no **ANEXO XXXI**



Algumas referências citadas no texto, a lista geral está em cada ANEXO.

Nielsen, J. *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, USA. 1993.

Nielsen, J. *Usability inspection methods*. In *Conference companion on Human factors in computing systems*, CHI' 95, New York, NY, USA, pp.377-378. ACM. 1995.

Shneiderman, B. and Plaisant, C. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Addison-Wesley Longman, Boston, MA, USA, 5th edition. 2009.

J. FAN et al . Substantial convection and precipitation enhancements by ultrafine aerosol particles.. SCIENCE26 JAN 2018: 411-418

Grazioli, J., Tuia, D., and Berne, A.: Hydrometeor classification from polarimetric radar measurements: a clustering approach, *Atmos. Meas. Tech.*, 8, 149-170, <https://doi.org/10.5194/amt-8-149-2015>, 2015.

Albrecht, R. I., S. J. Goodman, D. E. Buechler, R. J. Blakeslee, and H. J. Christian, 2016: Where are the lightning hotspots on Earth? *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 160217105003003, doi:10.1175/BAMS-D-14-00193.1.

Cecil, D. J., D. E. Buechler, and R. J. Blakeslee, 2014: Gridded lightning climatology from TRMM-LIS and OTD: Dataset description. *Atmos. Res.*, 135–136, 404–414, doi:10.1016/j.atmosres.2012.06.028.

Christian, H. J., and Coauthors, 2003: Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the Optical Transient Detector. *J. Geophys. Res.*, 108, 4005, doi:10.1029/2002JD002347.