

O PROJETO TroCCiBras: OBJETIVOS, RESULTADOS DA CAMPANHA 2004 E O FUTURO

Gerhard Held^{1,2}, Roberto V. Calheiros^{1,3} e Ana Maria Gomes¹

RESUMO - O projeto TroCCiBras (Experimento sobre Cirros e Convecção Tropical no Brasil) foi proposto pelo IPMet para coordenar dois projetos da União Européia, TROCCINOX e HIBISCUS, de acordo com as necessidades dos grupos de pesquisa brasileiros durante o experimento conjunto em 2004, bem como para organizar a troca desta base de dados atmosféricos únicos, residentes em três bases de dados separadas, entre os pesquisadores participantes. O propósito deste artigo é o de apresentar alguns dos resultados selecionados, especialmente o das pesquisas em meteorologia com radar e descargas elétricas, e ao mesmo tempo, chamar a atenção para os resultados já publicados.

ABSTRACT - The project TroCCiBras (Tropical Convection and Cirrus Brasil) was created by IPMet to coordinate the two European Union projects TROCCINOX and HIBISCUS with the needs of Brazilian research groups during a joint field campaign in 2004, as well as to regulate the exchange of these unique data on the Brazilian atmosphere, residing in the three separate Data Bases, between the participating researchers. The purpose of this paper is to present some selected recent results, especially in the field of radar meteorology and lightning research, while, at the same time, drawing attention to already published material.

Palavras-Chave: convecção profunda, observações de radar Doppler, medidas na troposfera

INTRODUÇÃO

Um Workshop Internacional foi realizado em Bauru, S.P., em fevereiro de 2003 pelo IPMet (Instituto de Pesquisas Meteorológicas da Universidade Estadual Paulista) e os coordenadores dos projetos europeus TROCCINOX (Experimento sobre Convecção Tropical, Cirros e Óxidos de Nitrogênio) e HIBISCUS (Impacto da convecção tropical sobre a alta troposfera e a baixa estratosfera). Durante esse Workshop foi verificado o interesse de grupos de pesquisa do país na participação em um projeto de pesquisa multidisciplinar, que explorasse os dados de natureza única providos pelas campanhas dos projetos TROCCINOX e HIBISCUS. A instituição líder, o IPMet/UNESP, coordenou propostas e as organizou num documento denominado Proposta do TroCCiBras (Experimento sobre Cirros e Convecção Tropical no Brasil) para apresentação ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) objetivando obter a respectiva autorização para a realização de uma “Expedição Científica”, que era essencial para a concessão da necessária permissão do Governo Brasileiro para a operação no espaço aéreo nacional de aeronaves-laboratório do projeto TROCCINOX.

OBJETIVOS

O objetivo do projeto TroCCiBras é obter um conjunto único de medidas especiais por toda a troposfera, chegando à baixa estratosfera, para atender necessidades específicas de pesquisa de instituições brasileiras, através da execução dos projetos da União Européia no Brasil. Os objetivos detalhados dos projetos TROCCINOX e HIBISCUS foram discutidos em Held *et al.* (2004). A Tabela 1 lista os vários sub-projetos e instituições responsáveis. A proposta completa do projeto TroCCiBras,

¹ Instituto de Pesquisas Meteorológicas, Caixa Postal 281, 17033-360 – Bauru – São Paulo

² E-mail: gerhard@ipmet.unesp.br (Coordenador Geral); ³ (Coordenador Científico)

como submetido pela FAPESP em outubro de 2003 e outros documentos relevantes estão no endereço www.ipmet.unesp.br/troccibras/. Para executar o projeto TroCCiBras em suporte aos dois projetos europeus, o IPMet efetuou um pedido no valor de R\$ 500.000,00 à FAPESP, que foi denegado, a despeito de um Retorno-ao-Investimento (ROI) de 1:73, considerando os investimentos feitos pelo TROCCINOX e HIBISCUS (Euro 11.6 milhões no total), os quais ainda foram complementados por contribuições individuais de Instituições participantes!

Tabela 1. Projetos no âmbito do TroCCiBras com os sub-projetos específicos (os tópicos em *itálico* não puderam ser executados devido a uma limitação de fundos).

ÁREAS DO SUB-PROJETO	TÍTULO DO SUB-PROJETO	INSTITUIÇÃO RESPONSÁVEL
Meteorologia, Física Atmosférica e Previsão	Integração das observações de radar, descargas elétricas, modelos numéricos & Nowcasting	IPMet / UNESP
	Validação de Modelos Numéricos com Componente de Química da Atmosfera	CPTEC / INPE
	Acoplamento entre Camada Limite e o Início e Intensificação da Convecção Úmida	CTA e CPTEC/INPE
	<i>Estudos de Física de Nuvens</i>	UECE
	<i>Estudos de Eletricidade Atmosférica e Sprites</i>	ELAT / INPE
	<i>Poluição do Ar, Nuvens e Interações Climáticas</i>	IAG / USP
Química Atmosférica	Distribuição Vertical de Aerosóis e Gases Traço entre o Solo e a Média-Troposfera	IF / USP e MPIC
Validação de Sensores Embarcados e Terrestres	Medidas Combinadas de Diferentes Sensores	IPMet / UNESP
	Detecção em Ar Claro e Nuvens	IPMet / UNESP
	Quantificação de Precipitação Usando Canais de Microondas	IPMet / UNESP

RESULTADOS

Todos os dados coletados no contexto do projeto TroCCiBras (21 janeiro a 11 março 2004) foram agrupados em um banco de dados (Held *et al.*, 2004), protegido por senha, cujo acesso via FTP, aos pesquisadores participantes, está sujeito à assinatura do Protocolo de Acesso aos Dados.

Mais um Workshop Internacional foi realizado em Bauru, S.P., em novembro de 2004 pelo IPMet e a coordenação dos projetos TROCCINOX e HIBISCUS, onde os primeiros resultados da campanha foram apresentados, contando com a participação de 16 cientistas da União Européia e da Suíça, bem como 19 do Brasil (Held, 2004).

Radares do IPMet

As observações dos radares do IPMet, em Bauru e Presidente Prudente (Figura 1) compõem a espinha



Figura 1. Rede de radares do IPMet (BRU = Bauru; PPR = Pres. Prudente), mostrando os anéis de 240 e 450 km, assim como o aeroporto de Gavião Peixoto (GPX), onde as aeronaves laboratório ficaram alocadas.

dorsal da campanha do TroCCiBras e resultou numa contribuição importante para os projetos internacionais, não só para o planejamento das atividades diárias, tais como lançamentos de balões e rotas das aeronaves, mas também para estudos de casos específicos do TROCCINOX (Fehr *et al.*, 2004), bem como complemento às medidas de lidar, vapor d'água e sondas-de-retroespalhamento e estudos de modelagem de nuvens do HIBISCUS (Pommereau *et al.*, 2006a; Donfrancesco *et al.*, 2004; Huret *et al.*, 2006; Nielsen *et al.*, 2006; Grosvenor *et al.*, 2005, 2006).

Climatologia das tempestades durante o período do TroCCiBras

Uma análise climatológica para as tempestades ocorridas durante a campanha do TroCCiBras foi iniciada por Gomes e Held (2004). Este estudo está sendo expandido, usando o sistema TITAN (Thunderstorm Identification Tracking Analysis and Nowcasting; Dixon and Wiener, 1993), que provê uma variedade de parâmetros relativos às tempestades durante um dado período. A Figura 2 mostra a frequência de dias em que as tempestades penetraram através da tropopausa durante o mês de fevereiro para um período de 7 anos, de 1996 a 2002, em cotejo com o mês de fevereiro de 2004. O número de dias em que as torres das tempestades atingiram a baixa estratosfera durante o experimento ficou entre os máximos, considerando os 8 anos de observações, ou seja, em torno de 58.6% para o mês de fevereiro. Estudos detalhados enfocando topos dos ecos, variando os limiares de refletividades (10-40 dBZ) e de volume (16 e 50 km³) revelaram ocorrências de máximos secundários para ambos os limiares de 10 e 35 dBZ (Figura 2, direita).

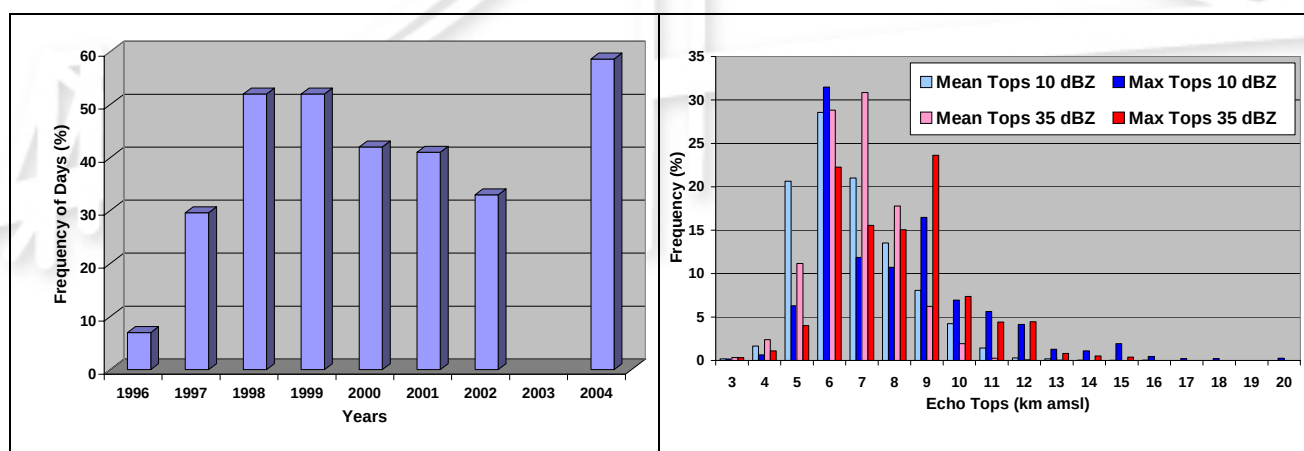


Figura 2. Esquerda: Frequência de dias em fevereiro quando uma ou mais torres de tempestades penetraram através da tropopausa (radar banda-S do IPMet em Bauru; sem informação para estatística em 2003). Direita: Frequência de topos médios e máximos (limiares de 10 e 35 dBZ; BRU e PPR, 240 km de raio).

Os resultados destas informações estão sendo utilizados para determinar a frequência de penetrações das torres de nuvens e sua contribuição para o conteúdo de água e gelo na baixa estratosfera, bem como os mecanismos associados ao transporte vertical (Pommereau *et al.*, 2006b, c).

Validação de Modelos Numéricos com Componente de Química da Atmosfera

Este sub-projeto, sob a coordenação do CPTEC/INPE, foi concebido como um projeto de análise pós-facto do TroCCiBras, mas até o presente ainda não se materializou, à exceção de alguns estudos colaborativos com cientistas do HIBISCUS (Huret *et al.*, 2006).

Acoplamento entre Camada Limite e o Início e Intensificação da Convecção Úmida

Este sub-projeto, proposto por pesquisadores (PIs) do CTA e CPTEC/INPE, não se materializou, pois a instrumentação mencionada na proposta (Sodar, Sistema de Balão Cativo, anemômetro sônico, bem como um sistema adicional de radiossonda), embora de vital importância para a pesquisa da camada limite, não pode ser disponibilizada e os PIs não participaram do experimento de campo.

No entanto, um número de até 6 radiossondagens por dia, sendo algumas delas com sensor de ozônio, foram realizadas durante o experimento, resultando num total de 105 perfis coletados. Estes dados estão sendo exaustivamente utilizados pelos cientistas do HIBISCUS, inter alia, para investigar os mecanismos de transporte entre a troposfera superior e a estratosfera inferior (UTLS; Pommereau *et al.*, 2006).

Estudos de Física de Nuvens

Este sub-projeto, empregando uma aeronave Bandeirante, da UECE, especialmente instrumentada para pesquisas em física de nuvens, teria sido de extrema importância para a verificação das medidas tri-dimensionais de radar (refletividade e escoamento radial), bem como para estudos de topos de nuvens versus topo dos ecos de radar, que não pode ser realizado devido à negativa de fundos pela FAPESP.

Estudos de Eletricidade Atmosférica e Sprites

Dados da Rede Brasileira de Detecção de Descargas Elétricas (RINDAT) foram disponibilizados pelo ELAT/INPE para todo o período do TroCCiBras. Algumas destas observações já foram utilizadas para estudos de casos específicos (Fehr *et al.*, 2004). Um estudo climatológico feito por Naccarato *et al.* (em Held, 2004) dentro do raio de alcance de 450 km do radar de Bauru indicou que, a atividade elétrica durante o período do TroCCiBras foi significativamente abaixo da média dos 5 anos, 1999-2003, ou seja, 37, 58 and 75% menor que as médias durante os meses de janeiro, fevereiro e março.

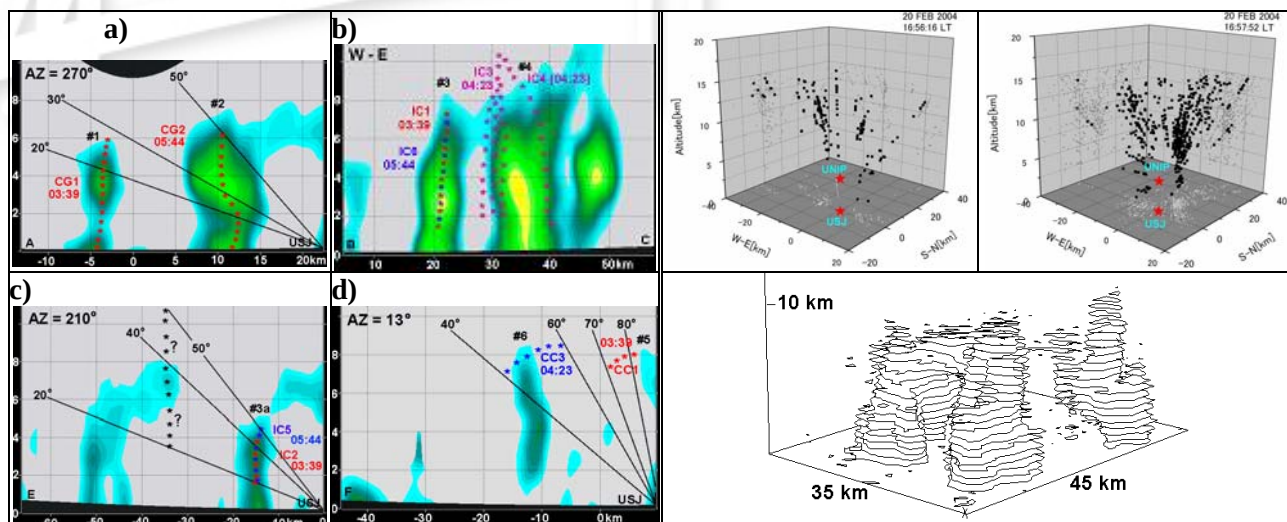


Figura 3. Exemplos do sistema 3-D DITF em 20 de fevereiro de 2004. *Esquerda:* observações de descargas com uma única estação relativas aos ecos de radar (5 dBZ), (a) CG (nuvem-terra), (b, c) IC (entre-nuvens) e (d) CC (nuvem-nuvem). *Direita:* representação 3-D de 2 eventos de descargas de um-segundo relativos a varredura volumétrica do radar (10 dBZ), extraído de Held *et al.* (2004, 2005).

O Grupo LRGOU da Universidade de Osaka operou dois sistemas de banda larga DITF no período de 13 de fevereiro a 17 de maio de 2004, cujos sítios ficaram numa distância de até 30 km do radar BRU, de forma a detectar descargas em modo tridimensional (Held *et al.*, 2005). Devido ao

excessivo tempo necessário para a análise dos dados, somente parte de um dia foi processado e analisado até agora em relação aos ecos de radar. As Figuras 3a-d mostram as observações usando uma única estação de coleta e uma apresentação tridimensional (Figura 3, direita) demonstrando claramente a origem das descargas elétricas na região de baixas refletividades acima dos topos dos ecos observados pelo radar. Portanto, observações tridimensionais de descargas elétricas são extremamente importantes para o nowcasting, por serem indicadores de regiões de nuvens não detectadas ainda pelo radar, onde a intensificação das células convectivas deverá ocorrer. As análises estão em andamento para outros dias.

Poluição do Ar, Nuvens e Interações Climáticas

Este sub-projeto, proposto por PIs do IAG/USP foi planejado como um projeto de análise pós-facto, essencialmente para projetos de estudantes, mas até o presente ainda não se materializou.

Química Atmosférica:

Distribuição Vertical de Aerossóis e Gases Traço entre o Solo e a Média-Troposfera

Este sub-projeto, proposto em conjunto pelo IPMet e por pesquisadores (PIs) do IF/USP e MPIC (Alemanha), teve apenas 7 missões de voo com a aeronave laboratório Bandeirante, devido à escassez de recursos e a falta de suporte financeiro da FAPESP. Alguns destes voos foram coordenados com a aeronave Falcon do TROCCINOX. Resultados preliminares das medidas de gases e aerossóis foram apresentados por Thielman *et al.* e Artaxo *et al.* (em Held, 2004). Estão em andamento estudos enfocando como estes poluentes da camada limite planetária são transportados para dentro de células convectivas e sua contribuição para a configuração de mistura e transporte da UTLs.

A operação do sistema de Lidar de Aerosol do IPEN, instalado no IPMet em Bauru, também faz parte deste sub-projeto. Este Lidar monitorou a atmosfera até os 30 km n.m.m. em diferentes períodos do dia e da noite, sempre que as condições atmosféricas permitiram. Alguns resultados preliminares foram publicados por Landulfo *et al.* (em Held, 2004).

Validação de Sensores Embarcados e Terrestres

Os três sub-projetos: Medidas Combinadas de Diferentes Sensores, Detecção em Ar Claro e Nuvens e Quantificação de Precipitação Usando Canais de Microondas, foram propostos por PIs do IPMet e as pesquisas estão em andamento. Alguns resultados preliminares, comparando perfis de umidade determinados de sensores a bordo de satélite e do lidar DIAL H₂O, embarcado na aeronave Falcon do TROCCINOX, foram apresentados por Calheiros *et al.* (em Held, 2004). Adicionalmente, uma proposta de validação, para o Brasil, usando GPS e baseado nas medidas realizadas durante as campanhas do TroCCiBras e TROCCINOX também já foi publicada em Calheiros *et al.* (2005).

CONCLUSÕES

Em suma, pode-se dizer que o TroCCiBras atingiu seus objetivos, a despeito do fato de que o avião laboratório de voo estratosférico, o M-55 Geophysica, não pode chegar a tempo para a campanha de janeiro a março de 2004. No entanto, durante fevereiro de 2005, uma segunda fase do TROCCINOX foi conduzida com a participação da aeronave M-55, tendo ocorrido fora do projeto original do

TroCCiBras. No total, seis instituições brasileiras de pesquisa participaram ativamente no experimento de campo sob a coordenação do IPMet, quais sejam, CPTEC/INPE, CLA/IPEN, IF/USP, INMET, ELAT/INPE, IAC, assim como o MPIC alemão e a Universidade de Osaka, Japão. Uma base única de dados foi estabelecida para o período experimental (21 de janeiro a 11 de março de 2004), a qual nunca esteve antes disponível no Estado de São Paulo. Esta base de dados se tornará pública em janeiro de 2008, um ano após o encerramento do projeto. A coordenação do TroCCiBras com os projetos TROCCINOX e HIBISCUS, resultou em um conjunto de dados de valor extraordinário para o Brasil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALHEIROS, R.V., HELD, G., MITEV, V., ANTONIO, C.A.A., MARTUCCI, G. and MATTHEY, R., 2005. Ground and Airborne Validation Plans for GPM in the Central State of São Paulo, Brazil (Paper P6R.8). *Preprints, 32nd Conference on Radar Meteorology, CD*, AMS, Albuquerque, USA, 24-29 October 2005, 8pp.
- DIXON, M. and WIENER, G., 1993. TITAN: Thunderstorm Identification, Tracking, Analysis and Nowcasting - A radar-based methodology. *J. Atmos. Ocean. Technol.*, **10**, 785-797.
- DONFRANCESCO, G.D., CAIRO, F., HELD, G. and FIERLI, F., 2004. Contemporary Measurements of a Ground-Based Weather Radar and Balloon-Borne Lidar at Bauru during the HIBISCUS Campaigns: A Powerful Synergy in Cloud Physics Studies (Paper P6R.10). *Preprints, 32nd Conf. Radar Meteor.*, AMS, Albuquerque, USA, Oct. 2005, 4pp.
- FEHR, T., GOMES, A.M., HÖLLER, H., SCHLAGER, H., PINTO, O., KAWASAKI, Z., HUNTRIESER, H., GATZEN, C., HELD, G. and SCHUMANN, U., 2004. Lightning activity and cloud properties of the convective storm system on 3 March 2004 observed during TROCCINOX / TroCCiBras and implications for lightning NO_x production. *Transactions, American Geophysical Union, 2004 Fall Meeting*, San Francisco, 13-17 December 2004.
- GROSVENOR, D.P., CHOULARTON, T.W., COE, H., HELD, G. and HANSFORD, G.M., 2005. Cloud Resolving Model studies of tropical deep convection observed during HIBISCUS 2004. *Geophysical Research Abstracts*, Volume 7, EGU General Assembly 2005, Vienna, Austria, 24-29 April 2005, 1pp.
- GROSVENOR, D.P., CHOULARTON, T.W., COE, H. and HELD, G., 2006. Cloud Resolving Model studies of upper tropospheric dehydration due to tropical deep convection observed during HIBISCUS 2004. *Geophysical Research Abstracts*, Volume 8, EGU General Assembly 2006, Vienna, Austria, 02-07 April 2006, 2pp.
- GOMES, A.M. e HELD, G., 2004. Determinação e avaliação do parâmetro densidade VIL para alerta de tempestades. *Proceedings, XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, (CD ROM), Fortaleza, ago./set. de 2004, SBMET, 12pp.
- HELD, G. (ed.), 2004. *Proceedings, HIBISCUS / TroCCiBras / TROCCINOX Workshop*, Bauru, SP, 16-19 November 2004, 32pp, www.ipmet.unesp.br/troccibras/.
- HELD G., CALHEIROS, R.V., POMMERAU, J-P. and GOMES, A.M., 2004a. A preview of preliminary results from the TroCCiBras, TROCCINOX and HIBISCUS campaign 2004. *Proceedings, XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, (CD ROM), Fortaleza, 29 August – 3 September 2004, SBMET, 15pp.
- HELD, G., CALHEIROS, R.V., SCHLAGER, H., POMMERAU, J-P. and MORIMOTO, T., 2004b. TroCCiBras and its Partner Projects TROCCINOX and HIBISCUS: Monitoring the Atmosphere from Ground-level to the Lower Stratosphere, *Proceedings, GROUND'2004*, Belo Horizonte, Nov. 2004, 17-23.
- HELD, G., GOMES, A.M., PINTO, O. Jr., NACCARATO, K.P., KAWASAKI, Z. and MORIMOTO, T., 2005. The Integrated Use of a Lightning Network and Doppler Radars in the State of São Paulo to Identify and Forecast Severe Storms and its Application to Power Electric Utilities. *Proceedings, VIII SIPDA*, São Paulo, 21-25 Nov. 2005, 429-434.
- HURET, N., DURRY, G., FREITAS, S., HELD, G., HAUCHECORNE, A. and LONGO, K., 2006. In situ laser diode measurements of H₂O during the HIBISCUS campaign. Part I : Intrusion of dry mid-latitude air in the tropical upper troposphere. Draft submitted to *ACP* (Special HIBISCUS issue).
- NIELSEN, J.K., LARSEN, N., CAIRO, F., Di DONFRANCESCO, G., ROSEN, J.M., DURRY, G. and HELD, G., 2006. Solid particles in the tropical lowest stratosphere. Draft submitted to *ACP* (Special HIBISCUS issue).
- POMMERAU, J.P., GARNIER, A., HELD, G., GOMES, A.M., GOUTAIL, F. *et.al*, 2006. An overview of the HIBISCUS campaign. Draft submitted to *ACP* (Special HIBISCUS issue).
- POMMERAU, J.P., HELD, G., GOMES, A.M., *et al.*, 2006. Evidence of strong afternoon overshooting convection in the tropical stratosphere over land. Draft submitted to *ACP* (Special HIBISCUS issue).
- POMMERAU, J.P. and HELD, G., 2006c. How deep convective overshooting over land can penetrate the stratosphere? *Transactions, American Geophysical Union, 2006 Fall Meeting*, San Francisco, December 2006.