

## IMPLEMENTAÇÃO OPERACIONAL DO PROGRAMA TIGGE/THORPEX NO CPTEC/INPE.

Alex de Almeida Fernandes<sup>1</sup>, Waldenio Gambi de Almeida<sup>1</sup>, José Paulo Bonatti<sup>1</sup>, Christopher C. Castro<sup>1</sup>, Pedro Leite da Silva Dias<sup>2</sup>, Maria Assunção Faus da Silva Dias<sup>1</sup>,  
Júlio Pablo Reyes Fernandes<sup>1</sup> e Tom Yoksas<sup>3</sup>.

**RESUMO:** O THORPEX (Observing-system Research and predictability experiment) é um programa internacional de pesquisa, patrocinado pela Organização Meteorológica Mundial, que visa acelerar melhorias em previsões de 1 dia a duas semanas (14 dias) para previsões de grande impacto, tendo como um de seus componentes principais o TIGGE (THORPEX Interactive Grand Global Ensemble). O TIGGE prevê a cooperação de vários centros internacionais para o desenvolvimento conjunto de uma previsão por ensemble. O CPTEC/INPE é um dos provedores internacionais de dados, fornecendo as saídas de seu modelo operacional de previsão de tempo por ensemble. Para validar a viabilidade da transferência massiva de dados do CPTEC/INPE para um dos Centros de Arquivamento do TIGGE. Os testes de transferências de arquivos foram realizados com o software LDM (Local Data Manager) versão 6.4.4, desenvolvido e distribuído pelo UNIDATA, e o qual será utilizado operacionalmente para as futuras transferências no programa TIGGE.

**ABSTRACT:** The THORPEX (Observing-system Research and predictability experiment) is an international research program supported by the WMO. Its primary objective is to improve the weather forecasts to the 2 weeks range. One important part of the THORPEX is the TIGGE (THORPEX Interactive Grand Global Ensemble). The TIGGE brings the cooperation of several international ensemble data providers. The CPTEC/INPE is a data provider, and several tests have been performed to assure that the CPTEC will be able to send its ensemble data to the TIGGE archiving centers. These tests met the requirements.

---

<sup>1</sup> Centro de Previsão e Estudos Climáticos - INPE – Cachoeira Paulista/ São Paulo – Rodov. Presidente Dutra km 40 – FAX: (XXX) 012-31032835 – Telefone: (XXX) 012-31868477 – Email: alexalm@cpfec.inpe.br

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo – Instituto Astronômico e Geofísico – Departamento de Ciências Atmosféricas – Rua Matão, 1226 – Cidade Universitária/ São Paulo – Email: [pldsdias@model.iag.usp.br](mailto:pldsdias@model.iag.usp.br)

<sup>3</sup> UCAR/Unidata - P.O. Box 3000 – Boulder, Colorado 80307 – Email: yoksas@unidata.ucar.edu

**Palavras-Chaves:** TIGGE, Internet Data Distribution, THORPEX.

## **INTRODUÇÃO**

Um dos grandes desafios da pesquisa em Meteorologia nesse início do século 21 é produzir previsões que efetivamente levem à redução e mitigação dos desastres naturais, beneficiando a sociedade e a economia, através da melhoria da qualidade das previsões de tempo.

Estabelecido em maio 2003 pelo 14º congresso da WMO, o THORPEX trata-se de um programa de pesquisa e desenvolvimento com duração de 10 anos, envolvendo colaboração internacional, para acelerar e promover melhorias nas previsões de 1 a 14 dias usando técnicas de previsão probabilística por conjuntos, desenvolver avisos de previsões de tempo mais precisos e em tempo hábil de forma que possam ser utilizados em ferramentas para tomada de decisão e avaliar o impacto das previsões de tempo e o desfecho das estratégias de mitigação desenvolvidas para minimizar o impacto dos desastres naturais (Silva Dias, 2005). Como um dos principais programas integrantes do THORPEX, o TIGGE prevê o compartilhamento de dados de modelos de previsão baseados em ensemble de vários centros operacionais e universidades de todo o mundo.

O CPTEC/INPE é um dos provedores de dados para o programa TIGGE. No momento está em curso a implantação operacional do sistema necessário para tornar essa participação uma realidade. Já foram feitos testes de transferência de grandes quantidades de dados para o NCAR, para o UNIDATA e para o ECMWF, com a conclusão de que a largura da banda de rede existente hoje no centro é suficiente para a participação no programa TIGGE. Outros trabalhos necessários são a conversão das saídas dos ensembles do CPTEC hoje no formato GRIB1 para o GRIB2, e a questão das variáveis exigidas pelo projeto TIGGE.

## **THORPEX/TIGGE**

Tido como um componente-chave para o THORPEX, o TIGGE teve seu primeiro workshop promovido em março de 2005 no ECMWF onde foram definidos os principais objetivos: a) Promover a colaboração internacional entre centros operacionais e universidades no desenvolvimento de previsões por ensemble; b) Desenvolver novos métodos para combinar ensembles de diferentes fontes e corrigir erros sistemáticos; c) Aumentar a compreensão sobre a contribuição das incertezas para prever erros; d) Melhorar a compreensão na praticabilidade de empregar operacionalmente um sistema interativo de ensemble que responda dinamicamente a incerteza de mudanças e explore novas tecnologias computacionais e de transferência de dados; e) Testar conceitos de um Centro de Previsão TIGGE para

produzir previsões de tempo de alto impacto baseada em ensemble e f) Desenvolvimento de futuro protótipo de um sistema de previsão global interativa.

Neste mesmo workshop ficou definido que a implementação do programa TIGGE, será realizada em duas fases. Na primeira fase, diversos Centros de Arquivamento (CA), inicialmente o ECMWF, NCAR e CMA, coletarão dados de modelos de previsão numérica por ensemble de diferentes provedores de dados (no qual inclui-se o CPTEC) em tempo quase real. Além de provedor de dados, o CPTEC/INPE propõe-se a ser um CA para a América Latina. Estima-se que o volume de dados manipulado pelos CAs se aproxime de 200GB/Dia. No CPTEC/INPE, estima-se que o volume de dados chegue a 12 GB/Dia, sendo necessária uma taxa de transmissão de 2-3GB/Hora. Cada CA terá uma cópia de todos os dados transmitidos pelos provedores, formando assim a base de dados do TIGGE. Na segunda fase, os dados do TIGGE serão distribuídos aos participantes e ficarão disponíveis para pesquisa após 48 horas.

Para a participação no TIGGE, o CPTEC/INPE também deverá possuir todas as saídas do modelo de previsão numérica de tempo por ensemble em formato GRIB2 (atualmente sendo trabalhado no centro). Variáveis não constantes na saída do modelo também deverão ser implementadas.

## **VARIAVEIS - GRIB2**

Foi definido que os provedores deverão enviar os dados no formado GRIB2, de acordo com o manual da Organização Meteorológica Mundial.

Foram definidos 8 níveis de pressão: 1000, 925, 850, 700, 500, 300, 250 e 200 hPa para as variáveis Geopotential height (gpm), Specific humidity (kg kg<sup>-1</sup>), Temperature (K), U-velocity (m s<sup>-1</sup>), V-velocity (m s<sup>-1</sup>) e mais o nível 50 hPa apenas para Geopotential height (gpm). A variável Potential vorticity (K m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>) foi definida no nível de temperatura potencial em Theta=320K. No nível de Vorticidade Potencial 2 PVU, as variáveis Potential temperature (K), U-velocity (m s<sup>-1</sup>) e V-velocity (m s<sup>-1</sup>). O conjunto de variáveis de superfície a serem implementadas são: 10 meter u-velocity (m s<sup>-1</sup>), 10 meter v-velocity (m s<sup>-1</sup>), Convective available potential energy (J kg<sup>-1</sup>), Convective inhibition (J kg<sup>-1</sup>), Land-sea mask (Proportion), Mean sea level pressure (Pa), Orography (gpm), Skin temperature (K), Snow depth water equivalent (kg m<sup>-2</sup>), Snow fall water equivalent (kg m<sup>-2</sup>), Soil moisture (kg m<sup>-3</sup>), Soil temperature (K), Sunshine duration (s), Surface air dew point temperature (K), Surface air maximum temperature (K), Surface air minimum temperature (K), Surface air temperature (K), Surface pressure (Pa), Time-integrated outgoing long wave radiation (W m<sup>-2</sup> s), Time-integrated surface latent heat flux (W m<sup>-2</sup> s), Time-integrated surface net solar radiation (W m<sup>-2</sup> s), Time-integrated surface net thermal radiation (W m<sup>-2</sup> s), Time-integrated surface sensible heat flux (W m<sup>-2</sup> s), Total cloud cover

(%), Total column water (kg m<sup>-2</sup>) e Total precipitation (kg m<sup>-2</sup>).

De todas as variáveis requeridas pelo TIGGE, apenas Geopotential height, Specific humidity, Temperature, U-velocity, Vvelocity, Land-sea mask, Mean sea Level pressure, Orography, Skin Temperature, Snow fall water equivalent, Surface air temperature, Surface pressure, Total cloud cover e Total precipitation podem ser prontamente implementadas pelo CPTEC/INPE em níveis de pressão e superfície.

## **SOFTWARE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS – LDM**

Para atingir as necessidades do TIGGE, ficou acordado que o software responsável por realizar as transferências de dados entre os diversos colaboradores, deveria possuir os atributos: a) Grande portabilidade entre sistemas; b) possibilidade de realizar transferências paralelas; c) possibilidade de monitorar, auditar e resolver problemas que possam ocorrer futuramente; d) possibilidade de acomodação de vários sistemas de segurança (firewall, etc.) e e) possibilidade do uso de rotas alternativas (redundância).

Alguns softwares foram avaliados para possível uso na transmissão de dados no TIGGE. O software LDM (Local Data Manager) do UNIDATA, que é utilizado no Internet Data Distribution (IDD), foi escolhido por conter todas as características requeridas.

O LDM é um software peer-to-peer utilizado para enviar arquivos através da internet, provendo mecanismos de inserção, requisição e recepção de dados. Por ser dirigido por eventos, o LDM realiza suas operações com grande velocidade e eficiência. Os dados inseridos podem ser binários, textos ou uma mistura de ambos, tornando-o extremamente flexível. Para realizar as transferências via LDM, o ECMWF desenvolveu um conjunto de scripts que fazem o controle dos arquivos enviados e recebidos pelo LDM. Estes scripts seguem o protocolo definido para transmissão e controle dos dados para o TIGGE, com os seguintes princípios: a) O provedor de dados enviará um arquivo “.manifest” contendo a lista de arquivos proveniente de cada ciclo de previsão. b) Cada arquivo deverá ser codificado em GRIB2 e enviado individualmente como um produto LDM utilizando um nome convencional. c) Após todos os arquivos serem enviados, o provedor enviará um arquivo notificando o fim do ciclo (arquivo “.done”). d) Ao receber o arquivo “.done” o CA verificará os arquivos recebidos com o arquivo “.manifest”. e) Se algum arquivo não for recebido, será enviado, pelo CA, um arquivo “.missing” contendo uma lista de arquivos não recebidos. f) Recebendo um “.missing” o provedor de dados deverá reenviar os arquivos não recebidos seguido por outro arquivo “.done”. g) Os procedimentos para envio de arquivos não recebidos continuam até que todos os campos sejam recebidos.

## TESTES DE ENVIO PARA o UNIDATA e o ECMWF

Arquivos com tamanhos fixos (inicialmente 1MB, 10MB e por fim 30MB) foram inseridos no servidor LDM do CPTEC (máquina mopora.cptec.inpe.br) para testes de transmissão com um servidor no UNIDATA (máquina yakov.unidata.ucar.edu). Estes arquivos foram inseridos a taxas crescentes em volume de dados.

Inicialmente utilizou-se uma taxa de 250MB/Hora e os arquivos foram transferidos para o UNIDATA sem perda alguma. As latências permaneceram baixas, variando de aproximadamente 0 até 60 segundos em momentos de pico na rede. Após um aumento para taxas de 350 a 650 MB/HORA as baixas latências se mantiveram, demonstrando grande eficiência na transmissão de dados ponto a ponto. Aumentando a taxa para 1000MB/HORA, verificou-se que a latência subiu acima de 3600 segundos, provocando assim, perda de dados.

Com a constatação da perda de dados, foi estudada a possibilidade de a máquina responsável pelo envio dos dados (mopora.cptec.inpe.br) não estar configurada de maneira eficiente para realizar as transferências. Verificando-se os parâmetros de configuração do protocolo TCP, foram experimentadas algumas sintonizações na máquina com o objetivo de limitar a quantidade de dados em fila na rede. Apesar de todas as sintonizações, a transferência continuou em 1000MB/Hora e o resultado esperado, de não ocorrer perda de dados, não foi alcançado. Essa situação estava por inviabilizar a participação do CPTEC no projeto TIGGE, uma vez que a situação apontava para a conclusão de que a rede da instituição não era adequada para o trabalho.

Porém, ocorreu um fato no dia 07 de Janeiro de 2006 que nos levou à conclusão de que as latências observadas nas transferências eram propositadamente inseridas por uma política de “*packet shaping*”, também chamado de “*QoS*” (Quality of Service). Trata-se de uma espécie de filtro instalado nos roteadores de internet que diminui a prioridade das transferências de grande porte. Nesse dia o serviço foi desligado, e todas as transferências transcorreram perfeitamente entre o CPTEC e o UNIDATA. No dia 9 pela manhã os problemas voltaram, indicando que o filtro foi religado. Uma vez que a participação do CPTEC/INPE no TIGGE exige a transferência de pelo menos 3 GB por hora, a limitação causada pelo “*packet shaping*” nos roteadores estava inviabilizando o fornecimento de dados para o TIGGE, pois não permitia transferências com mais de 800MB/Hora.

Esse foi um problema de difícil solução, especialmente porque os órgãos responsáveis pela manutenção dos roteadores de internet dificilmente admitem que adotam uma política que diminui a prioridade de acesso de algum usuário. Por fim, após muitos testes e experimentações, encontramos uma forma de estabelecer múltiplas conexões, passando através dos filtros. Essas soluções foram implementadas em 10 de julho de 2006 com sucesso, o que se comprova nas estatísticas de

transferência para o ECMWF, onde tivemos uma taxa de transferência de 2.5 GB/Hora, alcançando o objetivo dos testes e tornando possível a participação do CPTEC/INPE no programa TIGGE, deixando em aberto a implementação das variáveis ainda não produzidas pelo modelo de previsão por ensemble do CPTEC/INPE e padronização dos dados em GRIB2 a serem inseridos no LDM para uso do TIGGE como os próximos passos.

## CONCLUSÃO

A participação do CPTEC/INPE no programa THORPEX/TIGGE está garantida para o volume atual de dados (Ensemble de 15 membros do modelo T126). Uma vez que o CPTEC está sempre aumentando a resolução dos modelos, em breve a participação estará condicionada a melhoria da banda de comunicação do INPE em Cachoeira Paulista. Hoje já existe o risco de saturar a banda, podendo prejudicar outros serviços. Devido às dificuldades de implementação das variáveis não presentes no modelo de previsão de tempo por ensemble do CPTEC/INPE, nem todas as variáveis estarão presentes no curto prazo. O CPTEC/INPE, assim como outros centros, já iniciou a transmissão dos dados sem produzir todas as variáveis requeridas pelo TIGGE. As novas variáveis serão implementadas à medida do possível, até completar o conjunto de dados requerido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Melvyn A. Shapiro e Alan J. Thorpe

Program Overview - The Observing-system Research and Predictability experiment – THORPEX; Setembro 2002, [http://www.mmm.ucar.edu/uswrp/thorpex/thorpex\\_plan13.pdf](http://www.mmm.ucar.edu/uswrp/thorpex/thorpex_plan13.pdf)

Melvyn A. Shapiro e Alan J. Thorpe. A Global Atmospheric Research Programme – International Science Plan – Version III, Novembro 2004;

[http://www.wmo.int/thorpex/pdf/CD\\_ROM\\_international\\_science\\_plan\\_v3.pdf](http://www.wmo.int/thorpex/pdf/CD_ROM_international_science_plan_v3.pdf)

Yoksas, T; S. Emmerson; S. Chiswell; M. Schmidt e J. Stokes. The Unidata Internet Data Distribution (IDD) System: A decade of Development, **22<sup>nd</sup> International Conference on Interactive Information Processing System for Meteorology, Oceanography, and Hydrology.**

Silva Dias, P. L. Um Grande Desafio Para os Próximos 10 Anos: Como Aumentar o Prazo da Previsibilidade da Atmosfera Além dos 10 Dias ? **Boletim da SBMET vol. 29, n. 2**, Julho de 2005

First Workshop on the THORPEX Interactive Grand Ensemble (TIGGE) – Final Report, WMO/TD-No.1273 WWRP/THORPEX No.5,

[http://www.wmo.ch/thorpex/pdf/tigge\\_first\\_workshop\\_report.pdf](http://www.wmo.ch/thorpex/pdf/tigge_first_workshop_report.pdf)

Report of the TIGGE Working Group on Archiving on Phase 1 Implementation, [http://tigge.ecmwf.int/tigge/d/show\\_archive/table=documents/](http://tigge.ecmwf.int/tigge/d/show_archive/table=documents/)