

APLICAÇÃO DE GRID COMPUTING EM METEOROLOGIA

¹Eugênio S. Almeida
¹Jairo Panetta
²Celso Luis Mendes
³Airam J Preto
³Stephan Stephany

Abstract. *This paper shows case studies of Grid Computing applied to meteorology, developed at CPTEC/INPE. Initially, it's presented computing areas that can benefit from this technology (on-demand computing, collaborative computing, high-throughput computing, data-intensive computing and distributed supercomputing) and possible uses in meteorology. CPTEC/INPE is investigating the use of this technology in data-intensive computing, using meteorological applications; collaborative computing, using "AccessGrid" for collaborative work and videoconference; and distributed supercomputing, in a project coordinated by SINAPAD (Sistema Nacional de Processamento de Alto Desempenho). Preliminary results show a promising future for the application of this new technology in meteorology.*

Resumo. *Este trabalho mostra casos de uso de "Grid Computing" na área de meteorologia desenvolvidos no CPTEC/INPE. Inicialmente apresenta-se as áreas da computação onde esta tecnologia pode ser utilizada (computação sob demanda, colaborativa, alta-vazão, intensiva de dados e supercomputação distribuída) e possíveis usos em meteorologia. O CPTEC/INPE vem investigando o uso desta tecnologia nas áreas de computação intensiva de dados, utilizando aplicações meteorológicas; colaborativa, através do uso do software "AccessGrid" para trabalho colaborativo e videoconferências; e supercomputação distribuída, em um projeto para construção de um*

¹ Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Rod. Pres. Dutra, Km 40 – 12.630-000 - Cachoeira Paulista – SP– Brasil
{eugenio,panetta}@cptec.inpe.br

² Department of Computer Science - University of Illinois
Urbana, IL 61801- USA
cmendes@cs.uiuc.edu

³ Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Av. Astronautas, 1758 - CEP: 12227-010 — São José dos Campos – SP– Brasil
{airam,stephan}@lac.inpe.br

“Grid” Computacional de Alto Desempenho coordenado pelo SINAPAD (Sistema Nacional de Processamento de Alto Desempenho). Resultados preliminares mostram um futuro promissor para utilização desta nova tecnologia em meteorologia.

Palavras-chave: Grid Computing, Meteorologia, BRAMS, AccessGrid, SINAPAD.

INTRODUÇÃO

Segundo Foster et al. (2001), “Grid Computing” difere da computação distribuída convencional devido ao fato de possibilitar o compartilhamento coordenado de recursos em larga escala (como supercomputadores, “clusters”, sistema de armazenamento, dados, instrumentos e pessoas) e permitir a resolução de problemas computacionais em organizações virtuais multi-institucionais, em alguns casos orientada ao alto desempenho. O compartilhamento deve necessariamente ser altamente controlado, com os fornecedores e consumidores de recursos definindo claramente e cuidadosamente apenas o que é compartilhado, quem é permitido compartilhar e as condições nas quais o compartilhamento ocorre.

Baseando-se na classificação de “Grids” computacionais, proposta por Foster et al. (1999), identificou-se aplicações na área em meteorologia (no âmbito do CPTEC/INPE) que podem ser contempladas com a utilização desta nova tecnologia:

- **Computação com alta-vazão** - utilizam o “Grid” para escalonar várias tarefas fracamente acopladas ou independentes, com o objetivo de disponibilizar ciclos de máquina não utilizados (geralmente de estações de trabalho ociosas). Em meteorologia, a execução de modelos numéricos de previsão de tempo requer dados provenientes de estações meteorológicas e derivados de satélites meteorológicos. As informações de estações meteorológicas provenientes do GTS (“Global Transmission System”) ou de Plataformas de Coleta de Dados (PCD), enviadas pelos satélites brasileiros SCD 1 e 2 (Satélite de Coleta de Dados), assim como as imagens de satélites meteorológicos são processadas em diversos horários do dia. Como essas tarefas são independentes, elas possuem um alto potencial para este tipo de aplicação em “Grid”.
- **Computação sob demanda** – utilizam a capacidade do “Grid” para encontrar requisitos de curto prazo para recursos que possuam custo alto ou que não estejam no mesmo local. Esses recursos podem ser computação, software, repositório de dados, sensores especializados, etc.. Ao contrário das aplicações de computação distribuída, essas aplicações são muitas vezes guiadas por custo-performance do que somente performance. A Caverna Digital, sistema de realidade virtual que permite a visualização de dados em 3D, do Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI) da Universidade de São

Paulo (USP) e os supercomputadores do CPTEC/INPE são equipamentos caros e únicos no país. Esses dois recursos combinados podem enquadrar-se na categoria computação sob demanda quando integrados por um ambiente de “Grid” para atingir um objetivo específico.

- **Computação intensiva de dados** – sintetizam novas informações a partir de dados que são mantidos em repositórios geograficamente distribuídos, bibliotecas digitais e base de dados. Na maioria das vezes, o processo de síntese utiliza-se intensivamente de computação e comunicação. O CPTEC/INPE possui atualmente um enorme conjunto de dados meteorológicos em sua base de dados. Muitos pesquisadores de outras instituições utilizam esta base de para estudos de caso ou melhoria de modelos. A tecnologia de “Grid” possibilitaria o uso remoto dessas informações a pesquisadores de outras instituições, sem a necessidade de deslocamento ao CPTEC/INPE, permitindo economia de tempo e dinheiro.
- **Computação colaborativa** - aplicações que estão interessadas primeiramente em permitir e habilitar interações entre pessoas. Tais aplicações são frequentemente estruturadas em termos de um espaço virtual compartilhado. Muitas aplicações colaborativas estão interessadas em habilitar o uso compartilhado de recursos computacionais como arquivos de dados e simulações. Existem diversos grupos de meteorologia espalhados pelo Brasil. A criação de um ambiente colaborativo permitiria a disponibilização dos recursos computacionais e a interação entre meteorologistas e/ou pesquisadores. A computação colaborativa, que apesar de hoje não ser utilizada, é uma forma bastante interessante e inovadora de trabalho que permitirá no futuro um trabalho colaborativo multi-institucional.
- **Supercomputação distribuída** – utiliza “Grids” para agregar recursos computacionais substanciais de forma a atacar problemas que não podem ser resolvidos em único sistema. Dependendo do “Grid” utilizado, esses recursos agregados podem abranger a maioria dos computadores do país ou simplesmente todas as estações de trabalho de uma instituição. Atualmente não é possível aumentar a resolução dos modelos devido a limitações na capacidade de memória e da velocidade de processamento do supercomputador NEC-SX4/8A. Caso existissem outros computadores deste porte no país, uma alternativa para aumentar a resolução desses modelos seria a interligação dos mesmos através de “Grids” computacionais, de forma a aumentar os recursos computacionais disponíveis.

O “Globus Toolkit” (Foster e Kesselman, 1998) tem sido bastante utilizado para a criação de “Grids” computacionais. Ele fornece três elementos necessários para computação em um ambiente de “Grid”: Gerenciamento de Recursos, Serviços de Informação e Serviços de “Data Grid”. Para

garantir a segurança, esses elementos utilizam o protocolo de segurança GSI (“Grid Security Infrastructure”). O GSI permite autenticação e comunicação segura entre elementos de um “Grid” computacional. Para o Gerenciamento de Recursos, que envolve alocação de recursos fornecidos pelo “Grid”, o sistema possui mecanismos para gerenciamento local e global. Os Serviços de Informação fornecem informações sobre os recursos de “Grid” através do “Monitoring and Discovery Service” (MDS) que possui ferramentas para construir uma infra-estrutura de informação baseada no LDAP (“Lightweight Directory Access Protocol”) para “Grids” computacionais. Os serviços de “Data Grid” envolvem o acesso e o gerenciamento de dados no ambiente de “Grid”.

COMPUTAÇÃO INTENSIVA DE DADOS

Na área de computação intensiva de dados, inicialmente foi escolhida uma aplicação meteorológica paralela simples (pós-processamento do modelo global do CPTEC/INPE) para validação do “Grid” computacional implementado no CPTEC/INPE (Almeida et al., 2002). Com o sucesso do funcionamento desta aplicação, ampliou-se o “Grid” computacional, que vem sendo testado com o modelo meteorológico BRAMS.

Devido à diversidade de computadores, redes de interconexão e sistemas operacionais (S.O.), o ambiente computacional do CPTEC é ideal para avaliação de um “Grid”. Ele é composto por mais de uma centena de computadores. A interconexão dos equipamentos é feita através de fibra ótica ou par trançado, operando a 10 Mbps ou a 100 Mbps.

Pós-processamento do modelo global do CPTEC/INPE

A execução do modelo global do CPTEC/INPE gera resultados na forma espectral e com resolução vertical de 28 camadas (representadas em níveis sigma), que não são de entendimento direto pelos meteorologistas. O pós-processamento do MCGA tem como função converter os níveis da atmosfera de sigma para pressão atmosférica e converter a representação espectral para ponto de grade. O pós-processamento é responsável pela conversão das condições iniciais, inicializadas e os 17 prognósticos do modelo: a cada meia-hora nos três primeiros dias, a cada 12 horas no quarto dia e a cada 24 horas nos dias seguintes.

Neste trabalho foi explorada a utilização de um ambiente que permitisse o processamento paralelo e distribuído do pós-processamento no ambiente de computadores do CPTEC/INPE. Para isto foi utilizado o “Globus Toolkit” (versão 1.1.3) e a biblioteca MPICH (Gropp et al., 1999) para “Grid” (MPICH-G2 – versão 1.1.2).

O “Grid” criado constituía-se de sete computadores HP-Compaq, pertencentes a duas redes distintas, enquanto que os dados de entrada e saída residiam em um computador em uma terceira rede. A maioria dos computadores pertencia a rede de 100Mbps, com exceção dos computadores 6 e 7 que estavam conectados a uma rede de 10 Mbps.

O programa de pós-processamento foi paralelizado por horário de previsão de tempo, sendo cada computador responsável pela geração de um horário de previsão de tempo. Como o número de horários de previsão de tempo era maior que o número de computadores envolvidos na computação, vários horários de previsão de tempo foram computados em uma mesma máquina.

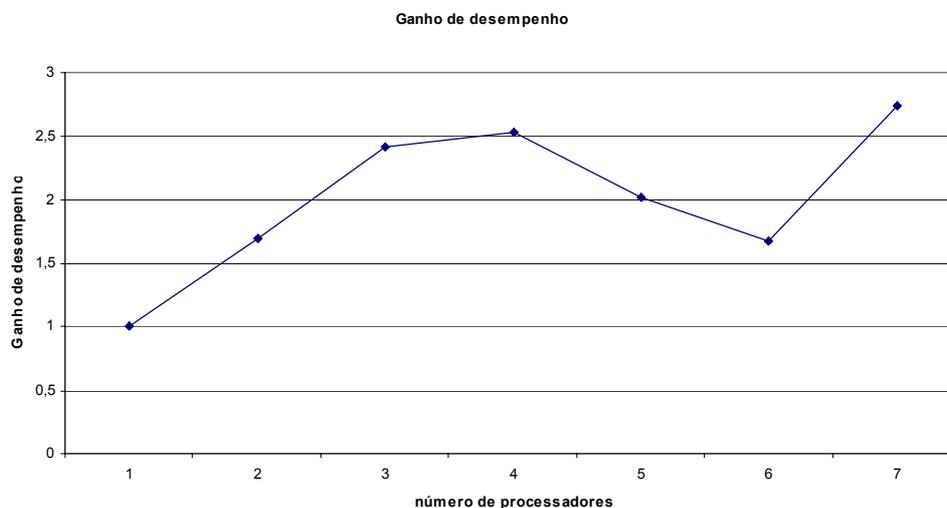


Figura 1 – Ganho de desempenho do pós-processamento.

A análise do gráfico (Figura 1), mostrou que a paralelização apresentou um ganho de desempenho de 2.7 (para o melhor caso) para sete computadores, quando os computadores que estavam na rede de 10Mbps possuíam uma carga menor que os demais. A queda no ganho de desempenho no caso para 5 e 6 computadores é devido ao fato que os computadores 3, 4 e 5 estavam sempre executando tarefas dos mais variados tipos, possuindo desta forma um comportamento aleatório.

Modelo BRAMS

O BRAMS (“Brazilian Regional Atmospheric Modeling System”) é um projeto financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) na área de computação de alto desempenho em Meteorologia. Este projeto visa melhorar o modelo RAMS (“Regional Atmospheric Modeling System”) nos quesitos documentação, programação e adaptação às condições brasileiras. Segundo Tremback e Walko (1997), o RAMS foi desenvolvido pelo Departamento de Ciência Atmosférica da Universidade do Estado do Colorado a partir da junção dos modelos: CSU de nuvens/mesoescala (Tripoli e Cotton, 1982), versão hidrostática do modelo de nuvens (Tremback, 1990) e do modelo de brisa do mar (Mahrer e Pielke, 1977). O RAMS possui uma série de características e opções (Walko e Tremback, 1991) que podem ser configuradas em tempo de execução.

O código do BRAMS permite execução paralela, para isto o conjunto de pontos de grade que compõem a análise é transformado em subconjuntos retangulares de pontos de grade (subdomínios). A Figura 2 apresenta a decomposição em subdomínios, conforme observado em experimento conduzido por Mendes e Panetta (1999).

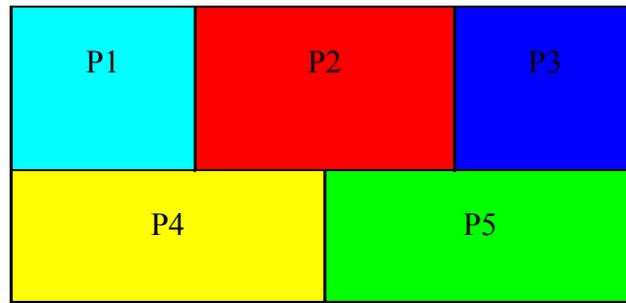


Figura 2 - Decomposição de domínios para cinco escravos.

O BRAMS utiliza o modelo mestre-escravo. O processo mestre manipula a inicialização e a saída. Os processos escravos recebem os subdomínios do modelo, com a respectiva região de fronteira, e executam a computação. Os processos escravos são executados nos nós escravos de uma arquitetura paralela. A cada passo de tempo (“timestep”), os nós trocam as informações sobre as fronteiras dos subdomínios, utilizando a biblioteca de passagem de mensagens MPI (Gropp et al., 1999) e o processamento continua até a geração de todos os campos para os horários previstos.

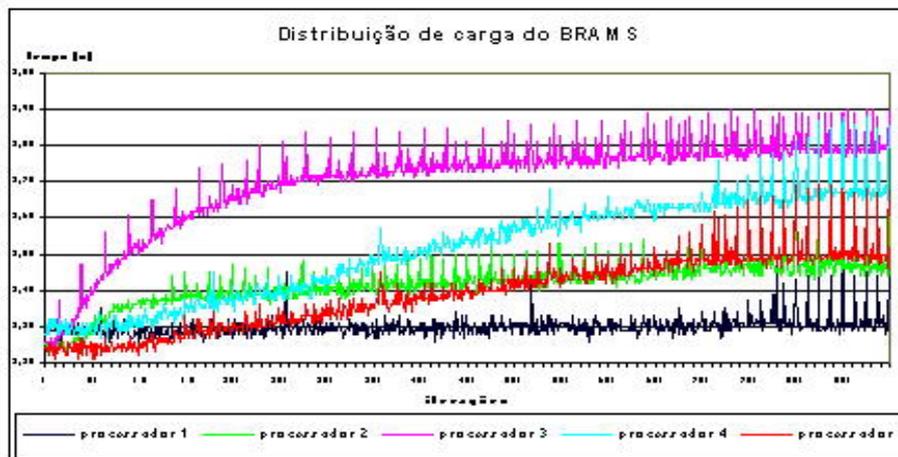


Figura 3 – Custo de processamento do BRAMS durante processamento

Neste experimento, o BRAMS foi executado em computadores sem carga e idênticos do “Grid” computacional, constituído de cinco computadores do InfoCluster Itautec (CPU Intel de 933Mhz). Para construção deste “Grid” computacional, utilizou-se o “Globus Toolkit” (versão 2.4.2) e a biblioteca MPICH-G2 (versão 1.2.5).

Verificou-se um comportamento não determinístico desta aplicação (Figura 3), que demonstra a necessidade do escalonamento da aplicação em “Grids” computacionais.

SUPERCOMPUTAÇÃO DISTRIBUÍDA

O Sistema Nacional de Processamento de Alto Desempenho (SINAPAD) é constituído pelos Centros de Processamento de Alto Desempenho (CENAPAD), que estão geograficamente distribuídos e conectados pela RNP; O sistema é aberto para uso de todos e adesão de novos participantes. As instituições que abrigam CENAPAD's atualmente são: COPPE/UFRJ, CPTEC/INPE, LNCC, UFC, UFMG, UFRGS e UNICAMP (SINAPAD, 2004).

Na área de supercomputação distribuída, o SINAPAD está implementando um “Grid” computacional com recursos dos CENAPAD’s, interligados pela RNP, utilizando ferramentas de domínio público, com as finalidades de facilitar o acesso e a utilização desses recursos e reduzir os tempos de espera, assim como obter maior controle da utilização, otimizar o emprego e aumentar a confiabilidade, segurança e governabilidade do sistema. As etapas para concretização deste “Grid” são:

- Elaboração do projeto;
- Instalação de um “Grid” homogêneo;
- Criação de subsistema de contabilização de uso;
- Criação do subsistema de controle de usuários;
- Construção de um portal *WEB*;
- Instalação de um “Grid” heterogêneo;
- Avaliação de desempenho do “Grid”;
- Administração do projeto.

Ao fim deste projeto, os usuários terão acesso aos recursos computacionais dos CENAPAD’s através de um portal, que proverá acesso único e fácil ao sistema. Por disponibilizar de uma base de dados meteorológicas significativa e programas para processamento desses dados, a área de meteorologia está representada neste esforço através do CPTEC/INPE. Além de recursos computacionais, o CPTEC/INPE proverá acesso aos dados meteorológicos através deste portal.

COMPUTAÇÃO COLABORATIVA

Em qualquer área da ciência é muito importante a interação entre pessoas. Na área de meteorologia, esta interação permite uma previsão de tempo mais confiável, a melhoria dos modelos de previsão existentes e a discussão dos resultados obtidos pelos pesquisadores. Na maioria das vezes, essas pessoas estão em instituições geograficamente distantes.

O “AccessGrid” (Childers, 2000) foi desenvolvido com o intuito de possibilitar o trabalho colaborativo entre grupos dispersos geograficamente, permitir a troca de idéias informais entre pessoas além de workshops e encontros formais, possibilitar a utilização de laptops para a apresentação de documentos, apresentações, animações, etc. e resolver o problema de compatibilização de diferentes equipamentos existentes.

A primeira experiência do CPTEC/INPE com esta tecnologia foi para acessar palestras do “Global Grid Forum”, utilizando uma versão comercial do AccessGrid: o “inSORS Grid” (inSORS, 2004). Durante o Supercomputing 2003, foi transmitida uma sessão (SCGLOBAL) onde foram exibidas várias experiências de sucesso com o “AccessGrid”. Neste evento, as transmissões foram recebidas no CPTEC/INPE através do software “AccessGrid”. Algumas imagens deste evento estão apresentadas na Figura 4.



Figura 4. Apresentações do SC2003.

A seguir são apresentados possíveis casos de uso do “AccessGrid” em meteorologia. Para o exemplo da Figura 5, dois casos podem ser imaginados. O primeiro caso pode representar diversos meteorologistas de instituições meteorológicas diferentes colaborando para a geração de uma previsão meteorológica nacional de consenso, com cada meteorologista contribuindo com seu conhecimento meteorológico regional/local. Para o segundo caso, a situação poderia envolver diversos pesquisadores trabalhando para a análise de um fenômeno meteorológico ou de um resultado da execução de um modelo meteorológico para uma dada condição.

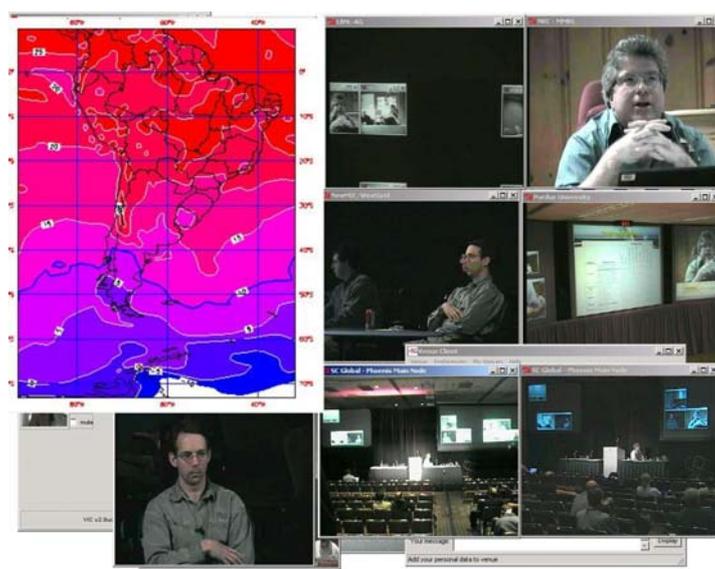


Figura 5. Análise conjunta de informação meteorológica.

Por possuir ferramentas específicas para apresentação remota, o “AccessGrid” pode ser empregado em cursos, conferências, encontros formais e informais e apresentações à distância. O desenvolvimento e melhoria conjunta de modelos e outras aplicações remotas são possíveis através da utilização deste sistema.

O potencial do “AccessGrid” permitirá no futuro uma integração da área de meteorologia, contribuindo para o crescimento da área e conseqüentemente para o país.

CONCLUSÕES

A importância de “Grids” computacionais para a área de meteorologia é evidente, pois

permite que recursos computacionais sejam otimizados e custos financeiros e viagens sejam reduzidas. O esforço que vem sendo empregado pelo SINAPAD para a constituição de um "Grid" Nacional de Alto Desempenho é uma das primeiras iniciativas no Brasil neste sentido. A área de meteorologia esta representada nesta iniciativa pelo CPTEC/INPE, que dispõe de uma base de dados meteorológicos estabelecida e computadores para processamento da mesma. Ferramentas para videoconferência e trabalho colaborativo, como o "AccessGrid", complementam este quadro permitindo a análise conjunta das informações por pessoas em instituições geograficamente distantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida,E.S., Mendes,C.L.; Preto,A.J.; Stephany,S. Post-processing of the CPTEC/COLA Atmospheric Circulation Model Using the Globus Metacomputing System. XXV Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, Nova Friburgo - RJ, 2002.
- Childers,L.; Disz,T.; Olson,R.; Papka,M.E.; Stevens,R.; Udeshi,T. "AccessGrid: Immersive Group-to-Group Collaborative Visualization," Immersive Projection Technology, Ames, Iowa, 2000.
- Foster,I.; Kesselman,C.; Tuecke,S. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. International J. Supercomputer Applications, 15(3), 2001.
- Foster,I.; Kesselman,C. The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure. Morgan Kaufman Publishers, Inc., 1999.
- Foster,I.; Kesselman,C. The Globus Project: A Status Report. Proc. IPPS/SPDP '98 Heterogeneous Computing Workshop, pp. 4-18, 1998.
- Gropp, W.; Lusk, E.; Skjellum, A. Using MPI: Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface. 2nd edition, MIT Press, 1999.
- inSORS Multimedia Conferencing & Collaboration Software. <http://www.insors.com/>, 2004.
- Mahrer,Y., Pielke,R.A. A numerical study of the airflow over irregular terrain. Beitr. Phys. Atmos., 50, 98-113 , 1977.
- Mendes,C.L.; Panetta, J. Selecting Directions for Parallel RAMS Performance Optimization. 11th Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing, Natal, RN, setembro de 1999, pp.85-92.
- SINAPAD Sistema Nacional de Processamento de Alto Desempenho. <http://www.lncc.br/sinapad>, 2004.
- Tripoli,G.J.; Cotton,W.R. The Colorado State University three-dimensional cloud mesoscale model, 1982: PartI: General theoretical framework and sensitivity experiments. J. de Rech. Atmos.. 16, 185-220, 1982.
- Tremback,C.J.; Walko,R.L. The Regional Atmospheric Modeling System (RAMS): Development of parallel processing computer architectures. 3rd RAMS Users Workshop, Echuca, Victoria,

Australia, July 1997.

Tremback,C.J. Numerical simulation of a mesoscale convective complex model development and numerical results. Ph.D. dissertation, Atmos. Sci. Paper No. 465, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, FortCollins, CO 80523, 247pp. , 1990.

Walko,R.L.; Tremback,C.J. RAMS - The Regional Atmospheric Modeling System Version 2C: User's guide. Published by ASTeR, Inc., P.O. Box 466, Fort Collins, Colorado. 86Pp, 1991.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio do Dr. Alvaro Luis Fazenda e ao Dr. Saulo Ribeiro de Freitas pelo apoio nas questões relativas ao BRAMS e aos membros do conselho de coordenação e da secretaria executiva do SINAPAD.