



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS

EDITAL/MCT/CNPq Nº 014/2010 - Universal

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO
SUL DE MINAS GERAIS

COORDENADORA: DRA. MICHELLE S. REBOITA

VICE-COORDENADORA: DRA. ROSMERI P. DA ROCHA

Itajubá, junho de 2010.

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

Resumo

O sul do estado de Minas Gerais (SMG) é uma região de topografia elevada e acidentada que favorece o desenvolvimento de circulações locais que, conseqüentemente, influenciam o tempo e clima regional. Modelos de previsão climática com resolução espacial grosseira não são capazes de representar essas características de mesoescala do SMG e acabam produzindo simulações não satisfatórias. Como esta região tem economia baseada na agricultura, a previsão climática sazonal é uma ferramenta de grande importância para o planejamento das culturas e mitigação de prejuízos econômicos decorrentes da variabilidade climática. Dessa forma, o Instituto de Recursos Naturais (IRN) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), localizada no SMG, tem como objetivo montar um laboratório de previsão climática para a região. Como o IRN é um instituto recente (fundado em 2004), ainda não possui infra-estrutura computacional. Assim, o Edital Universal é uma via para a obtenção de recursos financeiros para a compra de equipamentos para a montagem de tal laboratório. Portanto, são objetivos do presente projeto, a montagem de um laboratório de previsão climática e a validação do *Regional Climate Model – version 3* (RegCM3) em simular o clima no SMG. O RegCM3 será aninhado às projeções do modelo de circulação geral do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) e serão realizados experimentos de sensibilidade para identificar o esquema de parametrização da precipitação convectiva que produz simulações mais realísticas para o SMG, além disso, será feita uma simulação de *hindcast* para o período de 2006 a 2009.

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

1. Introdução

O sul do estado de Minas Gerais (SMG) é uma região situada em latitudes subtropicais caracterizada por um clima quente e chuvoso no verão e frio e seco no inverno (Reboita et al., 2010a). No verão, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é o principal sistema atmosférico responsável por precipitação na região. Já no inverno, a atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) causa tempo bom na região e a precipitação é basicamente em função da passagem de sistemas frontais e ciclônicos. Porém, o SMG é uma região de topografia elevada e acidentada, que é favorável ao desenvolvimento de circulações do tipo brisa vale-montanha que influenciam o tempo e clima local. Devido a essas características peculiares da região, em geral, os modelos climáticos com resoluções espaciais grosseiras não conseguem representar adequadamente o clima do SMG. Isso torna-se um problema, pois como a principal atividade econômica do SMG é a agricultura, previsões errôneas podem conduzir a prejuízos elevados.

Recentemente, estudos para a expansão do plantio de oliveiras no município de Maria da Fé no SMG foram iniciados. De acordo com Neto et al. (2008), o plantio deve ser no período chuvoso para não necessitar de irrigação na fase de pegamento da muda. As oliveiras são plantas que necessitam de baixas temperaturas no período que antecede a floração para ocorrência de produções satisfatórias. Temperaturas de inverno, média entre 8° a 10°C, não ultrapassando a 21°C, altitudes variáveis (200 a 1300 m) e regime de chuvas superiores a 800 mm por ano são condições propícias para esse cultivo. Portanto, a previsão climática regional é uma importante ferramenta para os agricultores do SMG.

Um modelo climático regional que vem sendo amplamente utilizado em estudos de diversos locais do globo é o *Regional Climate Model - version 3* (RegCM3). Este modelo é de uso livre (<http://users.ictp.it/~pubregcm/RegCM3/>) e teve sua primeira geração desenvolvida na década de 80 a partir do *Meso-scale Model* versão 4 - MM4 (Pal et al., 2007). Atualmente o RegCM encontra-se na versão 3 (RegCM3) e com núcleo dinâmico similar ao do MM5 (Grell et al., 1994), exceto por ser hidrostático.

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

Validações da precipitação e da temperatura do ar simuladas com o RegCM3 no domínio que abrange toda a América do Sul foram realizadas por Rocha (2005), Fernandez et al. (2006), Pal et al. (2007), Machado (2008) e Krüger (2009) e sobre o oceano Atlântico Sul por Reboita et al. (2006), Pal et al. (2007) e Reboita et al. (2009).

As características médias de 10 janeiros (1991-2000) sobre a América do Sul foram investigadas por Fernandez et al. (2006) com os modelos climáticos regionais (MCRs) RegCM3 e Eta. No RegCM3, os autores utilizaram o esquema de Grell (Grell, 1993) para a parametrização da convecção profunda, já que testes iniciais mostraram melhores resultados do que com o esquema de Anthes-Kuo, como também obtido por Rocha (2005). Fernandez et al. (2006) observaram que o RegCM3 subestima tanto a precipitação como a temperatura do ar em quase toda a América do Sul, mas representa a distribuição espacial muito próxima da observação. Numa simulação mais longa e contínua (1987-2000), Pal et al. (2007) notaram que no verão o RegCM3 com o esquema convectivo de Emanuel simula razoavelmente bem a intensidade (com um pequeno bias seco) e o padrão espacial de precipitação sobre a América do Sul e oceanos adjacentes, onde é aparente um máximo de precipitação na Amazônia, característica do período de monção (Vera et al., 2006), e condições secas no nordeste do Brasil. Com relação à distribuição espacial da temperatura do ar sobre o continente, Pal et al. (2007) mostraram que o RegCM3 é cerca de 1° a 2°C mais frio na bacia amazônica e mais quente no norte da Argentina e Paraguai na mesma proporção. Já no oceano, as simulações de Pal et al. (2007) indicaram um bias quente (~1°C) na região do Atlântico Sul, onde a precipitação associada à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é subestimada.

Rocha (2005) comparou como os esquemas convectivos de Grell, com dois fechamentos (Arakawa-Schubert - GAS e Fritsch-Chappell - GFC), e o de Anthes-Kuo (Anthes, 1977) simulam a precipitação sobre a América do Sul nos verões austrais (dezembro-janeiro-fevereiro) de 1990 e 1998. Seus resultados mostraram que os menores erros relativos para a precipitação, desde os trópicos até os extratropicais da América do Sul, foram obtidos com o esquema de GFC, que também simulou o padrão espacial de temperatura mais próximo do observado, embora apresentando um erro sistemático frio

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

que Rocha (2005) atribuiu à parametrização da corrente descendente úmida neste esquema. Normalmente, esta corrente transporta ar mais frio e seco da média troposfera para baixos níveis impondo o resfriamento de camadas mais próximas à superfície como relatado por Giorgi et al. (1993b). Já como o esquema de Anthes-Kuo não considera esta parametrização, simulou temperaturas maiores do que as observadas (Rocha, 2005). Vários estudos (Machado, Reboita et al., 2010b, etc.) têm mostrado que o RegCM3 simula uma faixa fria mais estreita e extensa do que o observado em análises como a do NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) sobre o leste das regiões sul e sudeste do Brasil. Esta diferença pode ser devida à representação, no RegCM3, da influência da topografia da região, ou seja, da Serra do Mar e Serra da Mantiqueira que não são bem representadas pelas reanálises que têm resolução espacial mais grosseira. Isto indica um bom resultado do RegCM3.

Os resultados de uma simulação contínua (10 anos) do RegCM3 sobre o Atlântico Sul foram avaliados por Reboita et al. (2006, 2009). Tanto no verão quanto no inverno, as distribuições espaciais da precipitação e da temperatura do ar simuladas foram muito similares às das reanálises do NCEP e do *European Centre of Medium Range Weather Forecasting* (ECMWF). No entanto, o RegCM3 apresentou um bias seco, principalmente durante o verão na região da ZCAS, próximo à costa do sul e sudeste do Brasil. Característica também observada nas simulações de Cuadra (2005) empregando o esquema de GFC.

Os trabalhos mencionados aninharam o RegCM3 na reanálise do NCEP ou do ECMWF afim de verificar sua habilidade em simular o clima presente. Porém, como estas reanálises são dados do clima atual surge a questão de como um modelo regional poderá produzir, por exemplo, previsões para uma estação do ano futura. Para isso, os MCRs são dirigidos por condições de fronteira laterais provenientes de projeções de modelos de circulação geral da atmosfera (MCGA). Mesmo quando os MCRs são dirigidos por estas projeções é necessário uma validação das simulações considerando o clima atual. Um estudo com este objetivo foi o Machado (2008). Este autor avaliou a performance do RegCM3 aninhado nas simulações do MCGA do Centro de Previsão de Tempo e

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) em simular o clima sazonal no Brasil durante 27 trimestres do período de 2005 a 2007. Além disso, Machado (2008) testou a sensibilidade do RegCM3 a diferentes esquemas de parametrização de convecção (esquemas de GFC, Anthes-Kuo, e Emanuel). Foi observado que o RegCM3 aninhado ao MCGA do CPTEC melhora as previsões comparadas às deste modelo global. Além disso, o RegCM3 reproduz o padrão espacial da temperatura do ar e da precipitação, mas com algum bias em termos de intensidade. As simulações com melhores resultados foram as que utilizaram o esquema de GFC.

Tendo em vista que a principal atividade econômica do SMG é a agricultura e que esta região tem características peculiares (topografia elevada e acidentada) não sendo representadas por modelos climáticos com resoluções espaciais grosseiras, o Instituto de Recursos Naturais (IRN) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pretende montar um laboratório para previsão climática regional afim de fornecer prognósticos sazonais para tal região. Entretanto, para isso há dois passos iniciais: 1) a aquisição de recursos financeiros para a obtenção de infra-estrutura e 2) estudos que determinem quais parametrizações físicas são mais apropriadas para a melhor representação do clima simulado no SMG com o RegCM3. Este modelo foi escolhido, uma vez que tem mostrado resultados satisfatórios para a simulação do clima no domínio que envolve toda a América do Sul.

2. Objetivos

Este projeto tem como objetivo iniciar a montagem de um laboratório de previsão climática regional no Instituto de Recursos Naturais da UNIFEI e verificar a habilidade do *Regional Climate Model – version 3 (RegCM3)* aninhado às projeções do modelo de circulação geral do CPTEC em prever o clima sazonal na região sul de Minas Gerais. Portanto, constituem objetivos específicos deste estudo:

1. simular duas estações do ano: o inverno (junho-julho-agosto) de 2009 e o verão

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

(dezembro-janeiro-fevereiro) de 2010 usando para a parametrização convectiva o esquema de Grell com fechamento de Fritch-Chappell (GFC) e um domínio centrado no SMG. Estas simulações serão consideradas controle.

2. validar as simulações descritas no item 1 através de comparações com as análises do projeto R2 do NCEP (Kanamitsu et al., 2002), do *Climatic Research Unit* (CRU; Brohan, et al. 2006) e do *Climate Prediction Center - Merged Analysis of Precipitation* (CMAP; Xie e Arkin, 1997) e comparar as simulações do RegCM3 com as projeções do modelo global do CPTEC.

3. realizar mais dois experimentos para cada estação do ano definidas no item 1 modificando o esquema de parametrização de convecção, isto é, serão testados os esquemas de Anthes-Kuo e Emanuel para se verificar qual parametrização produz simulações mais realísticas. Embora, os estudos apresentados na introdução tenham verificado melhor desempenho do RegCM3 com o esquema de GFC, os mesmos avaliaram domínios grandes que incluía toda a América do Sul e parte dos oceanos adjacentes. Então, é necessário um estudo para verificar se num domínio menor da América do Sul, o GFC ainda produz melhores resultados.

4. validar as simulações descritas no item 3 e identificar qual é o esquema de parametrização de convecção usado no RegCM3 que fornece simulações mais realísticas.

5. conhecido o esquema de convecção mais apropriado para as simulações climáticas do SMG, será realizada uma simulação contínua de 2006 até 2009 com o RegCM3 aninhado às projeções do modelo global do CPTEC e usando tal esquema de convecção. Essa será uma simulação de *hindcast*, ou seja, uma forma de analisar a performance do modelo através de simulação do clima presente. As projeções do modelo global do CPTEC desde 2005 estão armazenadas nos computadores do Grupo de Estudos Climáticos da Universidade de São Paulo (GrEC-USP; www.grec.iag.usp.br), o qual três dos integrantes deste projeto fazem parte.

3. Justificativa

Este estudo é o primeiro passo para a implementação do RegCM3 com o objetivo de fazer prognósticos sazonais para divulgação aos agricultores da região sul de Minas Gerais. Com o estudo proposto, será conhecida a destreza do RegCM3 em simular o clima da região e qual esquema de parametrização de convecção produz melhores previsões.

4. Metodologia

4.1 *Regional Climate Model (RegCM3)*

O RegCM3 (Pal et al., 2007) é um modelo de área limitada, hidrostático, compressível, de equações primitivas e em coordenada vertical sigma. As equações são discretizadas no modelo através do método de diferenças finitas na grade B de Arakawa-Lamb. Para integração no tempo, o RegCM3 utiliza um esquema *split*-explicit, que resolve a dinâmica dos modos de gravidade mais rápidos usando passos de tempo menores do que nas demais componentes do modelo. O RegCM3 também possui um algoritmo para reduzir a difusão horizontal na presença de intensos gradientes de topografia (Giorgi et al., 1993 a,b).

Para descrever os processos de interação solo-planta-atmosfera, o RegCM3 utiliza o *Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme* (BATS - Dickinson et al., 1993). O BATS descreve o papel da vegetação e a sua interação com o solo nas trocas turbulentas de momento, energia e vapor d'água entre a superfície e a atmosfera. Atualmente, o BATS possui uma camada de vegetação, uma de neve e três camadas de solo com diferentes profundidades: uma camada superficial com 10 cm de espessura, a zona de raízes (com espessura variável, de acordo com o tipo de vegetação) e uma camada de solo profundo (com 3 m de profundidade). Além disso, considera 20 tipos de vegetação que se encontram descritas em Elguindi et al. (2004). O ciclo hidrológico é obtido através de

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

equações de previsão do conteúdo de água nas três camadas de solo. Finalmente, os fluxos de calor, vapor d'água e momento na superfície são calculados em função dos coeficientes de arrasto obtidos pela teoria da similaridade aplicada à camada superficial. Os transportes turbulentos de calor, momento e umidade na camada limite planetária (CLP) resultam do produto entre o gradiente vertical destas variáveis e o coeficiente de difusão vertical turbulenta (Holtslag et al., 1990).

Para a determinação da transferência radiativa na atmosfera, o RegCM3 utiliza a mesma parametrização do *NCAR Community Climate Model* (CCM3 - Kiehl et al., 1996), que calcula separadamente as taxas de aquecimento e os fluxos na superfície para a radiação solar e para a radiação na faixa do infravermelho, sob condições de céu claro e nublado. Os cálculos de transferência radiativa consideram os efeitos dos gases dióxido de carbono (CO_2), vapor de água (H_2O) e ozônio (O_3) no infravermelho e dos gases CO_2 , H_2O , O_3 e oxigênio molecular (O_2) para radiação de onda curta. O esquema inclui também os efeitos dos gases de efeito estufa (óxido nítrico - NO_2 , metano - CH_4 e clorofluorcarbonos - CFCs), aerossóis atmosféricos e água de nuvem.

O RegCM3 considera dois esquemas para o tratamento dos processos úmidos na atmosfera: um para a convecção em cumulus profundo (escala de subgrade) e outro para a precipitação que é resolvida na escala da grade. Atualmente, os esquemas de cumulus disponíveis no RegCM3 são: Grell (1993) com os fechamentos de Fritsch-Chappell (GFC) e de Arakawa-Schubert (GAS), Anthes-Kuo (Anthes, 1977) e Emanuel (Emanuel, 1991).

No esquema de Grell, a convecção em cumulus profundo é representada por uma corrente ascendente e uma descendente, que só se misturam com o ar ambiente na base e no topo da nuvem. Nestas duas correntes o fluxo de massa é constante com a altura. As correntes ascendentes e descendentes originam-se, respectivamente, nos níveis de máxima e mínima energia estática úmida na coluna vertical. O esquema é ativado quando uma parcela ascendida do nível de origem da corrente ascendente atinge a adiabática úmida. A condensação na corrente ascendente é calculada através da ascensão da parcela saturada sem misturar com o ambiente fora da nuvem. O fluxo de massa na

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

corrente descendente é proporcional ao da ascendente através de um parâmetro β , que representa o quanto do condensado na corrente ascendente será evaporado na descendente. Os perfis verticais de aquecimento e umedecimento são obtidos a partir dos fluxos de massa de compensação e desentranhamento de massa no topo e base da nuvem. O esquema inclui ainda o efeito de resfriamento na corrente descendente. A física do esquema de Grell é incorporada pelo fechamento de Fritsch-Chappell (Elguindi et al., 2004), que considera que a energia de flutuação disponível é removida durante um período de tempo específico (30 min a 1 hora), que na simulação em estudo foi de 30 min.

O esquema de Kuo do RegCM3 é aquele modificado por Anthes (1977), mas será referido apenas como esquema de Kuo. Nesta parametrização, a convecção é possível quando a atmosfera é convectivamente instável e a convergência de umidade integrada na vertical excede um determinado valor. Uma parte da convergência de umidade precipita e o restante umedece a atmosfera. A parte da convergência de umidade depende do perfil vertical de umidade relativa (Anthes, 1977). O calor latente de condensação é, então, redistribuído na vertical seguindo um perfil parabólico pré-especificado com aquecimento máximo na metade superior da nuvem. Devido a sua grande simplicidade e economia de tempo computacional o esquema de Kuo, embora sofrendo muitas críticas nas suas idéias básicas, ainda hoje é muito utilizado em modelos numéricos de previsão que vão desde globais até os regionais.

O esquema de Emanuel é o esquema com a física mais realística. A convecção é disparada quando o nível neutro flutuante é maior que o nível de condensação por levantamento (base da nuvem). O ar ascende entre estes 2 níveis e uma fração da mistura condensada forma precipitação enquanto a outra forma nuvem. Esta nuvem se mistura com o ar ambiente de acordo com um espectro uniforme de mistura que levanta ou baixa a parcela para o nível de flutuação neutra. O gradiente vertical de flutuação dentro da nuvem é utilizado para determinar as taxas de entranhamento e desentranhamento.

O esquema de precipitação na escala da grade, descrito em detalhes em Pal et al.

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

(2000) e referido como SUBEX (*Subgrid Explicit Moisture Scheme*), resolve apenas uma esquação para a água de nuvem, que é inicialmente formada quando o ar atinge a saturação. Depois de formada, a água de nuvem pode ser advectada, misturada por turbulência, evaporada e/ou convertida em água de chuva via processo de auto-conversão. O SUBEX considera a variabilidade de sub-grade das nuvens associando a umidade relativa na célula da grade à fração de nuvem e à água de nuvem (Sundqvist et al., 1989). A fração da célula de grade do modelo coberta por nuvens (FC) é função da umidade relativa:

$$FC = \sqrt{\frac{ur - ur_{\min}}{ur_{\max} - ur_{\min}}} \quad (4.1)$$

onde ur é a umidade relativa, ur_{\min} é a umidade relativa mínima para iniciar a formação de nuvens e ur_{\max} é a umidade relativa na qual $FC=1$. FC assume o valor zero quando a ur é menor do que a ur_{\min} e um quando é maior do que ur_{\max} . A formação de precipitação ocorre quando o conteúdo de água de nuvem excede um limite de auto-conversão (maiores detalhes em Pal et al., 2000). O SUBEX inclui ainda os processos de acreção e de evaporação da precipitação caindo em camadas subsaturadas.

No RegCM3, os fluxos de calor e momento na interface oceano-atmosfera podem ser obtidos através da parametrização de BATS (Dickinson et al., 1993) ou de Zeng (Zeng et al., 1998). O BATS utiliza relações da teoria de similaridade de Monin-Obukhov para calcular os fluxos, mas não possui tratamento especial para condições muito estáveis ou convectivas. Além disso, o comprimento de rugosidade é constante (0,0004 – Martínez-Castro et al. 2006), independente das condições atmosféricas. Diferente do BATS, o esquema de Zeng considera todas as condições de estabilidade (estável, instável e neutro) e a dependência do comprimento de rugosidade na velocidade de fricção na superfície. Assim, este esquema corrige a tendência do BATS em superestimar os fluxos de calor latente sobre os oceanos em condições de ventos muito fracos ou muito fortes (Rauscher et al., 2006; Pal et al., 2007).

4.2 Características das Simulações Climáticas

As simulações climáticas serão realizadas para um domínio que inclui a região sudeste do Brasil e que será muito similar ao apresentado na **Figura 4.1**. O domínio ainda não está totalmente delimitado porque são necessários testes iniciais no RegCM3 para tal definição. As simulações serão iniciadas sempre um mês antes do período de interesse. Esse início prévio permitirá que o modelo ultrapasse o período de "spin-up", que, para a atmosfera, é de poucos dias, mas para os processos no solo é mais lento (Giorgi e Mearns, 1999). Com isso é possível se obter um melhor equilíbrio entre a climatologia do modelo e o ciclo hidrológico em superfície.

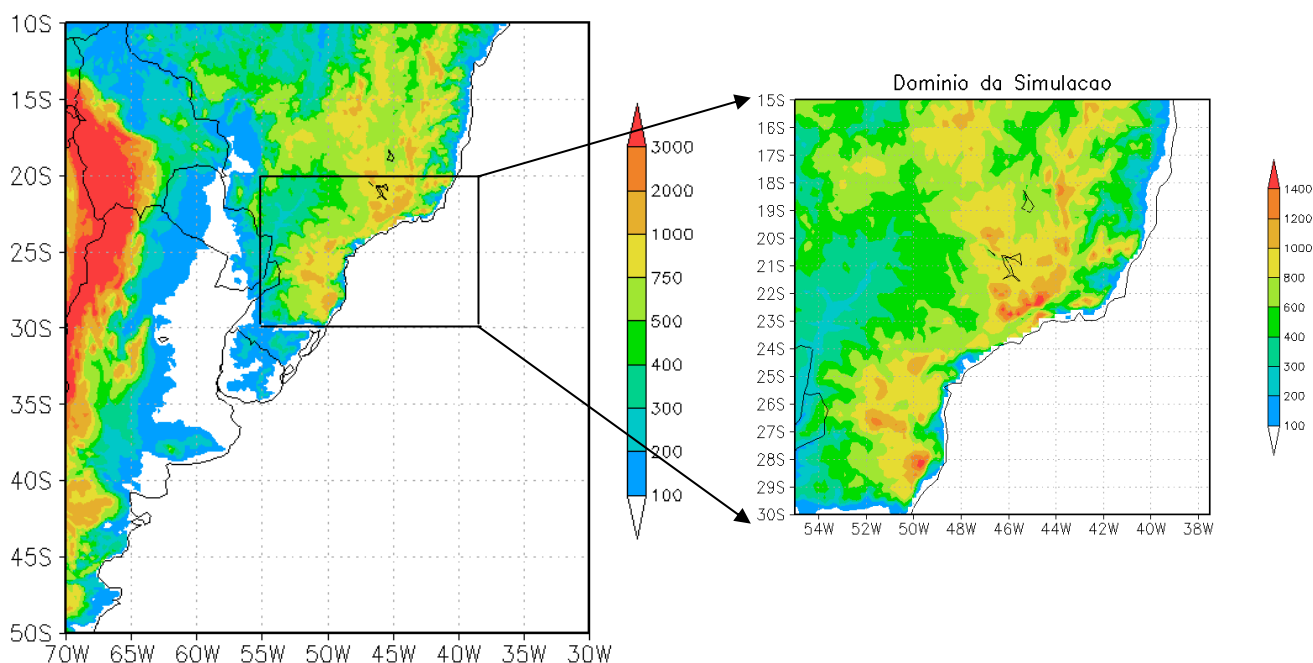


Figura 4.1 Topografia e provável domínio das simulações em relação à América do Sul (esquerda) e domínio ampliado (direita).

Serão realizados seis experimentos numéricos: três para o inverno de 2009 e três para o verão de 2010. Esses experimentos vão diferir em relação ao esquema de parametrização da convecção empregado na simulação. Serão consideradas como

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

simulações controle as que utilizarem o esquema de Grell com Fechamento de Fritsch Chappell. As demais simulações utilizarão o esquema de convecção de Kuo e o de Emanuel. A **Tabela 4.1** resume os experimentos que serão realizados.

Tabela 4.1 Descrição dos experimentos numéricos.

Experimentos	Esquema de Convecção	Período
ExpG_JJA	Grell – Fritsch-Chappell	01/05/09 a 01/09/09
ExpK_JJA	Kuo	01/05/09 a 01/09/09
ExpE_JJA	Emanuel	01/05/09 a 01/09/09
ExpG_DJF	Grell – Fritsch-Chappell	01/11/09 a 01/03/10
ExpK_DJF	Kuo	01/11/09 a 01/03/10
ExpE_DJF	Emanuel	01/11/09 a 01/03/10

As condições iniciais e de fronteira para as simulações do RegCM3 serão as previsões do MCGA do CPTEC. Estas previsões globais possuem resolução horizontal aproximada de $1,875^{\circ} \times 1,875^{\circ}$ de latitude por longitude e 18 níveis verticais. Cavalcanti et al. (2002) apresentam uma descrição detalhada do modelo do CPTEC, assim como avaliação da sua climatologia em diversas regiões do globo. As variáveis que serão fornecidas ao RegCM3 são: altura geopotencial, temperatura, vetor vento (componente zonal e meridional), umidade relativa, pressão ao nível médio do mar e temperatura da superfície do mar (TSM).

Sobre o continente, serão utilizados os dados de topografia e uso do solo do *United States Geological Survey* (USGS) e do *Global Land Cover Characterization* (GLCC), respectivamente, com 10' de resolução horizontal descritos em Loveland et al. (2000). A condição inicial da umidade do solo no modelo segue a especificação da vegetação (Giorgi e Bates, 1989).

4.3 Validação das Simulações Climáticas

Primeiramente, serão calculadas as médias sazonais da precipitação e temperatura do ar a 2 m de altura simuladas nos seis experimentos numéricos. Após, essas médias serão comparadas com as obtidas de diferentes conjuntos de dados. Para a chuva serão utilizadas as análises do CRU e do CMAP. Já para a validação da temperatura, serão usadas as análises do CRU e do NCEP. Os dados do CRU possuem resolução espacial de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ de latitude por longitude, os do CMAP, $2,5^\circ \times 2,5^\circ$, enquanto os dados de superfície do NCEP encontram-se em grade gaussiana T62 (192x94 de longitude por latitude). As simulações também serão comparadas entre elas e com as projeções do modelo global do CPTEC.

5. Avanços científicos decorrentes dos resultados esperados

Durante a realização do projeto serão identificadas as melhores configurações para o RegCM3 simular o clima na região do SMG. Após conhecer tais configurações, o modelo poderá ser utilizado para o modo de previsão e, a partir das simulações realizadas, poderão ser elaborados prognósticos para divulgação aos agricultores e demais membros da sociedade.

6. Plano de Trabalho

1. Aquisição de um *servidor computacional* e instalação dos programas necessários para o posterior uso do RegCM3
2. Revisão bibliográfica de estudos que utilizam o RegCM3 e sobre a meteorologia da América do Sul
3. Instalação do RegCM3
4. Transferência das projeções do modelo global do CPTEC e dos dados para validação das simulações que estão nos computadores do GrEC-USP para o *servidor* adquirido.

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

5. Realização dos 6 experimentos numéricos

6. Elaboração do Relatório de Atividades

O relatório parcial será elaborado, com todos os membros do grupo, se possível.

7. Validação e análise das simulações

8. Simulação contínua no período de 2006 a 2009 com o RegCM3 aninhado às projeções do modelo global do CPTEC e usando o esquema de parametrização da convecção identificado como o mais apropriado para a representação do clima do SMG

9. Elaboração de artigos para publicação em anais de eventos e em revistas especializadas

10. Elaboração do Relatório Final

O relatório final será elaborado, com a presença de todos os membros do grupo.

Cronograma do Projeto - Outubro de 2010 a Outubro de 2012

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	x	x	x	x																				
2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3					x																			
4						x																		
5							x	x	x	x														
6										x	x	x												
7													x	x	x	x								
8																x	x							
9																		x	x	x	x	x		
10																							x	x

Obs: os números de 1 a 10 referem-se as atividades descritas anteriormente.

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

7. Equipe do Projeto

Pesquisador	Mestrado/Doutorado		Instituição de Trabalho	
	Título	Local	Departamento	Universidade
Coordenadora Michelle S. Reboita	Dr. Meteorologia	Universidade de São Paulo	Instituto de Recursos Naturais	Universidade Federal de Itajubá
Vice-Coordenadora Rosmeri P. da Rocha	Dr. Meteorologia	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	Ciências Atmosféricas	Universidade de São Paulo
Integrante Sâmia R. Garcia	Dr. Meteorologia	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	Instituto de Recursos Naturais	Universidade Federal de Itajubá
Integrante Vanessa Silveira Barreto	Msc. Meteorologia	Univerdidade Federal do Rio de Janeiro	Instituto de Recursos Naturais	Universidade Federal de Itajubá
Integrante Luiz Fernando Krüger	MSc. Meteorologia	Universidade de São Paulo	Ciências Atmosféricas	Universidade de São Paulo

A equipe do projeto é composta integralmente por pesquisadores da área de Meteorologia e todos atuam como docentes, com exceção do MSc. Luiz F. Krüger. A Dra. Michelle Reboita, Coordenadora do presente projeto, realizou doutorado na área de modelagem climática na Universidade de São Paulo e utilizou o RegCM3 nas suas pesquisas. Atualmente, realiza estudos junto com a Dra. Rosmeri P. da Rocha e o MSc. Luiz F. Krüger sobre o comportamento dos ciclones em projeções do clima futuro. A Dra. Rosmeri têm experiência tanto com modelos de previsão do tempo quanto de clima e desenvolve pesquisas com modelos numéricos desde a década de 90. Em junho do presente ano, as Dras. Michelle e Rosmeri participaram de um curso de atualização sobre modelagem climática regional no *International Centre for Theoretical Physics*, em Trieste, na Itália, que é a instituição que desenvolveu o RegCM. A Dra. Sâmia R. Garcia tem ampla experiência na questão do clima da América do Sul, já a MSc. Vanessa Silveira Barreto na questão de modelos de previsão do tempo e poluição atmosférica.

Além da equipe mencionada, serão oferecidas bolsas voluntárias para alunos de graduação do curso de Ciências Atmosféricas do IRN/UNIFEI. Isso propiciará a formação de alunos.

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

8. Custos do Projeto

Como o projeto irá fazer simulações climáticas e desenvolver, testar e executar um grande número de algoritmos, bem como utilizar um grande volume de dados a maior necessidade para a sua execução são computacionais. O IRN da UNIFEI é um instituto novo e que não possui infra-estrutura computacional. Assim, a presente proposta solicita a compra de 2 computadores e de um servidor com 2 processadores quad-core. Através de uma pesquisa de mercado o preço estimado para os equipamentos foram obtidos e especificados abaixo.

Equipamentos e Material Permanente

- 2 computadores no valor estimado de R\$ 3.000,00 totalizando R\$ 6.000,00
- 1 servidor com 2 processadores quad-core SGI-ALTIX no valor estimado de R\$ 22.000,00
- 1 impressora laser colorida no valor estimado de R\$ 800,00
- material bibliográfico: R\$ 800,00

Custeio

- tintas para impressora, papel e demais materiais de consumo necessários: R\$ 1.000,00
- serviços de terceiro para instalação do servidor e *softwares* necessários para a posterior utilização do RegCM3: R\$ 2.000,00
- serviços de terceiro para impressão de painéis de divulgação dos resultados do projeto, cópia de materias, entre outros: R\$ 700,00
- despesas com a importação de alguns dos equipamentos: R\$ 4.000,00
- passagens: considerando o custo médio de US\$ 1500,00 para uma passagem de avião internacional e tendo em vista a importância de divulgação e participação em eventos internacionais é estimando a participação em pelo menos 2 eventos: 5.200,00

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

- passagens terrestre do trecho Itajubá - São Paulo para os integrantes do projeto se reunirem ao longo da execução do mesmo: R\$ 1.000,00
- diárias: R\$ 3.800,00

Total de recursos solicitados: R\$ 47.300,00, portanto, está na faixa B do presente edital Universal.

9. Referências Bibliográficas

Anthes, R. A., 1977: A cumulus parameterization scheme utilizing a one-dimensional cloud model, *Mon. Wea. Rev.*, **117**, 1423-1438.

Brohan, P. e Co-autores, 2006: Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *J. Geophys. Res.*, **111**, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.

Cavalcanti, F. A., e Co-autores, 2002: Global Climatological Features in a Simulation Using the CPTEC/COLA AGCM. *J. Climate*, **15 (21)**, 2965-2988.

Cuadra, S. V., 2005: *Simulação da variabilidade climática durante o verão sobre o sul e sudeste do Brasil*. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, IAG/USP, 101 p.

Dickinson R. E., A. Henderson-Sellers; P. J. Kennedy, 1993: Biosphere-atmosphere transfer scheme (BATS) version 1E as coupled to the NCAR Community Climate Model. Boulder, Colorado: Technical Note NCAR/TN-387, 72.

Elguindi, N.; X. Bi; F. Giorgi; B. Nagarajan; J. Pal; F. Solmon, 2004: *RegCM Version 3.0 User's Guide*. PWCG Abdus Salam ICTP, 48 pp, <http://www.ictp.trieste.it/~pubregcm/RegCM3/>.

Emanuel, K. A., 1991: A scheme for representing cumulus convection in large-scale models. *J. Atmos. Sci.*, **48**, 2313-2335.

Fernandez J. P. R., S. H. Franchito, and V. B. Rao, Simulation of Summer circulation over South American by two regional climate models. Part I: Mean climatology. *Theoretical and Applied Climatology*, **86**, 247-260, 2006.

Giorgi, F.; L. O. Mearns, 1999: Introduction to special section: regional climate modeling revisited. *J. Geophys. Res.*, **104**, D6, 6335-6352.

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

Giorgi, F., M. R. Marinucci, and G. T. Bates, 1993a: Development of a Second-Generation Regional Climate Model (RegCM2). Part I: Boundary-Layer and Radiative Transfer Process. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 2794-2813.

Giorgi, F., M. R. Marinucci, and G. T. Bates, 1993b: Development of a Second-Generation Regional Climate Model (RegCM2). Part II: Convective Process and Assimilation of Lateral Boundary Conditions. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 2814-2832.

Grell, G. A., 1993: Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterization. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 764-787.

Holtzlag, A.; E. De Bruijn e H.-L. Pan, 1990: A high resolution air mass transformation model for short-range weather forecasting. *Monthly Weather Review*, v. **118**, p. 1561-1575.

Kanamitsu, M., e co-autores, 2002: NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bull. Am. Met. Soc.*, **83**, 1631-1643.

Kiehl, J. T.; J. J. Hack; G. B. Bonan; B. A. Boville; B. P. Briegleb; D. L. Williamson; P. J. Rasch, 1996: Description of the NCAR Community Climate Model (CCM3), *Tech. Rep. TN-420+STR*, NCAR, Boulder, Colorado, pp. 152.

Krüger, L. F., 2009: Projeções Climáticas das Ciclogêneses no Atlântico Sul Utilizando os Modelos HadAM3 e RegCM3. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. IAG/USP.

Loveland, T. R.; Reed, B. C.; Brown J. F.; Ohlen. D. O.; Zhu, J.; Yang, L.; Merchant, J. W., 2000: Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCOVER from 1-km AVHRR Data. *International Journal of Remote Sensing*, **21**, 1303-1330.

Machado, R. D., 2008: Avaliação de previsões climáticas sazonais sobre o Brasil e a dependência na parametrização de convecção São Paulo 2008. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, IAG-USP.

Martínez-Castro D.; R. P. da Rocha; A. Bezanilla; L. Alvarez; J. P. R. Fernández; Y. Silva; R. Arritt, 2006: Sensitivity studies of the RegCM-3 simulation of summer precipitation, temperature and local wind field in the Caribbean Region. *Theor. Appl. Climatol.*, **86** (1-4), 5-22.

Neto, J. V., e Co-autores., 2008: Aspectos técnicos da cultura de oliveira. Boletim Técnico, nº 88, ISSN: 0101-62X.

Pal, J. S., E. E. Small, and E. A. B. Eltahir, 2000: Simulation of regional-scale water and energy budgets: Representation of subgrid cloud and precipitation processes within RegCM. *J. Geophys. Res.*, **105 (D24)**, 29579-29594.

Pal, J.S., e Co-autores, 2007: The ITCP RegCM3 and RegCNET: Regional Climate Mod-

PREVISÃO CLIMÁTICA PARA A REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

eling for the Developing World. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **88** (9), 1395-1409.

Rauscher, S. A.; A. Seth; J.-H. Qian; S. J. Camargo, 2006: Domain choice in an experimental nested modeling prediction system for South America. *Theor. Appl. Climatol.*, **86**, 229-246.

Reboita, M. S.; M. A. Gan; R. P. da Rocha; T. Ambrizzi, 2010a: Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. Aguardando publicação na Revista Brasileira de Meteorologia.

Reboita, M. S.; R. P. da Rocha; L. F. Krüger, 2010b: O Clima da América do Sul e do Oceano Atlântico Sul (1975-1989) simulado pelo RegCM3 aninhado ao ECHAM. In: *XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Belém.

Reboita, M. S.; R. P. da Rocha; T. Ambrizzi, 2006: Avaliação da Precipitação e da Temperatura do Ar Simuladas pelo RegCM3 sobre o Atlântico Sul. In: *XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Florianópolis.

Reboita, M. S.; R. P. da Rocha; T. Ambrizzi; E. Caetano, 2010: An Assessment of the latent and sensible heat flux on the simulated regional climate over Southwestern of South Atlantic Ocean. *Climate Dynamics*, 34 (6), 873-889, doi 10.1007/s00382-009-0681-x.

Rocha, R. P. da, 2005: Análise Comparativa do Desempenho de Parametrizações de Convecção na Simulação da Precipitação de Verão sobre o Brasil. In: *III Congreso Cubano de Meteorología*, Ciudad de La Habana, Cuba 5-9 de dezembro de 2005.

Sundqvist, H., E. Berge; J. E. Kristjansson, 1989: The effects of domain choice on summer precipitation simulation and sensitivity in a regional climate model, *J. Climate*, **11**, 2698–2712.

Vera, C., e co-autores., 2006: Toward a Unified View of the American Monsoon Systems. *J. Climate –special section*, **19**, 4977-5000.

Xie, P.; P. A., Arkin, 1997: Global Precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78**, 2539-2558.