



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**IMPACTO DE PROJEÇÕES DE MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NO NÚMERO DE HORAS FRIO E
POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES NO ZONEAMENTO PARA
A CULTURA DE OLIVEIRA EM MINAS GERAIS**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

Rodolfo Armando de Almeida Pereira

Itajubá, MG, Brasil

2015

IMPACTO DE PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO NÚMERO DE HORAS FRIO E POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES NO ZONEAMENTO PARA A CULTURA DE OLIVEIRA EM MINAS GERAIS

por

Rodolfo Armando de Almeida Pereira

Monografia apresentada à comissão examinadora Programa de
Graduação em Ciências Atmosféricas da Universidade Federal Itajubá
(UNIFEI, MG), como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atmosféricas.

Orientadora: Fabrina Bolzan Martins
Coorientador: Roger Rodrigues Torres

Itajubá, MG, Brasil
2015

**Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Recursos Naturais
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Monografia

**IMPACTO DE PROJEÇÕES DE MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NO NÚMERO DE HORAS FRIO E
POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES NO ZONEAMENTO PARA
A CULTURA DE OLIVEIRA EM MINAS GERAIS**

elaborado por

Rodolfo Armando de Almeida Pereira

Como requisito parcial para a obtenção do grau de

Bacharel em Ciências Atmosféricas


Comissão Examinadora:



Fabrina Bolzan Martins, Dr^a (UNIFEI)
(Presidente/Orientadora)



Luiz Fernando de Oliveira da Silva, Dr. (EPAMIG)



Roger Rodrigues Torres, Dr. (UNIFEI)

Itajubá, 24 de novembro de 2015.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Armando Eugênio e Maria Fátima, por me apoiarem em todos os momentos e serem exemplos de vida.

Ao meu irmão, Guilherme Armando, por todas as orientações, apoio e companheirismo durante toda a minha vida.

A Mariana pela compreensão, incentivo e carinho durante a graduação, a qual não seria possível sem a sua ajuda.

A minha orientadora, Dra. Fabrina, pela paciência e persistência em minha orientação durante esses anos. A quem serei eternamente grato pela confiança, apoio e por ser a principal responsável pela minha formação profissional.

A todos os professores do curso de Ciências Atmosféricas, Arcilan , Michelle, Marcelo Sâmia (Alan), Roger e Vanessa pela dedicação e atenção dada a mim e a todos os alunos do curso.

Ao meu coorientador Dr. Roger Rodrigues Torres, pela ajuda na elaboração desse trabalho, o qual não seria possível sem ele.

A Dra. Vanessa Silveira Barreto Carvalho, pelos conselhos e histórias contados durante essa jornada.

Aos meus amigos de CAT2011, Amanda, Carolina, Josi, Rebeca, Heloisa, Deborá, Bruno, Igor, Diego, Cleverson e também a agregada Thais Letícia, por toda a amizade e apoio, nos momentos bons e ruins, durante o curso.

Aos meus amigos, Alex, Marcelo (Japonês), Mário, Caio (e sua respectiva: Nathalia Diniz), Rodrigo, Matheusão, Paolini, João Paulo, e ao pessoal do “Hand-Babaca”, por todos os momentos alegres que vive durante esses anos de faculdade.

À minha família

“A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido. Não na vitória propriamente dita” - **Mahatma Gandhi**

RESUMO

Monografia de Graduação
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil

IMPACTO DE PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO NÚMERO DE HORAS FRIO E POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES NO ZONEAMENTO PARA A CULTURA DE OLIVEIRA EM MINAS GERAIS

AUTOR: Rodolfo Armando de Almeida Pereira
ORIENTADORA: Fabrina Bolzan Martins
Local e Data da Defesa: Itajubá, 24 de novembro de 2015.

As projeções de mudanças climáticas irão alterar o padrão sazonal de temperatura do ar e precipitação, reduzindo drasticamente as áreas aptas ao cultivo de determinadas culturas, principalmente as de clima temperado que dependem da disponibilidade e acúmulo de frio invernal. Atualmente, o desafio dos pesquisadores é verificar os possíveis impactos que as mudanças climáticas causarão nas culturas de clima temperado. Nesse sentido, o objetivo deste Trabalho Final de Graduação foi criar um zoneamento baseado no número de horas frio (NHF) e verificar os possíveis impactos de projeções de mudanças climáticas, contidas no 5º relatório do IPCC, no NHF e as possíveis implicações no zoneamento para a cultura da oliveira para todo o estado de Minas Gerais. Considerou-se para o cálculo do NHF o método analítico trigonométrico proposto por Angelocci et al., (1979) utilizando três temperaturas basais inferiores (T_b) de 7°C, 9,5°C e 13°C. O NHF foi calculado para o período atual (período médio de 1983 – 2012) para 47 estações meteorológicas convencionais e projetados para três períodos futuros (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100). Considerou-se para as projeções de clima futuro três modelos de circulação geral integrantes do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5* (CMIP5) para diferentes cenários forçantes (RCP 2.6, 4.5 e 8.5). As projeções dos modelos do CMIP5, para o NHF irá afetar o cultivo de oliveira, reduzindo substancialmente a área apta ao seu cultivo em Minas Gerais. Para a T_b de 7°C nenhum cenário de projeção indicou regiões aptas para o cultivo de oliveira. Enquanto que para a T_b de 9,5°, no geral, 2,7% da área total de Minas Gerais será apta para o cultivo da oliveira no final do século XXI. As áreas aptas para o cultivo de oliveira menos exigentes em frio, T_b de 13°C, terão a maior redução, reduzindo de 39,3% para 15,2%.

Palavras-chave: CMIP5, Número de Horas Frio, *Olea europea* L., temperatura base.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Localização espacial das estações meteorológicas convencionais de Minas Gerais e descrição topografia, em metros acima do nível do mar. 5
- FIGURA 2 - Série Temporal de temperatura do ar para os três modelos de circulação geral provenientes do CMIP5 baseada na projeção *historical* (1971-2000) e os dados observados provenientes das estações meteorológicas convencionais. Os valores representam a média de todas as estações meteorológicas convencionais de Minas Gerais. O painel a referisse a temperatura das 21h (°C, hora local), painel b refere-se a temperatura máxima do ar (°C), e o painel c refere-se a temperatura mínima do ar (°C).14
- FIGURA 3 - Série temporal do número de horas frio para os três cenários de forçantes radiativas (RCP 2.6 – azul claro; RCP 4.5 - azul escuro e RCP 8.5 – vermelho) para a temperatura base de 7°C, 9,5°C e 13°C.21
- FIGURA 4 - Série histórica da projeção das temperaturas da 21h (hora local), máxima e mínima baseado na média dos dados de saída provenientes dos MCGs.22
- FIGURA 5 - Zoneamento de aptidão climática para a cultura da oliveira em Minas Gerais considerando o período presente (período médio de 1983-2012) baseado no número de horas frio para $T_b=7^{\circ}\text{C}$ (a), $T_b=9,5^{\circ}\text{C}$ (b) e $T_b=13^{\circ}\text{C}$ (c). 24
- FIGURA 6 - Zoneamento de aptidão climática para a oliveira considerando a T_b de 7°C no estado de Minas Gerais. a) Forçante RCP 2.6 para o período PR1, b) forçante RCP 2.6 para o período PR2, c)forçante RCP 2.6 para o período PR3, d)forçante RCP 4.5 para o período PR1, e) forçante RCP 4.5 para o período PR2, f) forçante RCP 4.5 para o período PR3, g)forçante RCP 8.5 para o período PR1, h)forçante RCP 8.5 para o período PR2, i)forçante RCP 8.5 para o período PR3.26
- FIGURA 7 - Zoneamento de aptidão climática para a oliveira considerando a T_b de $9,5^{\circ}\text{C}$ no estado de Minas Gerais. a) Forçante RCP 2.6 para o período PR1, b) forçante RCP 2.6 para o período PR2, c)forçante RCP 2.6 para o período PR3, d)forçante RCP 4.5 para o período PR1, e) forçante RCP 4.5 para o período PR2, f) forçante RCP 4.5 para o período PR3, g) forçante RCP 8.5 para o período PR1, h)forçante RCP 8.5 para o período PR2, i)forçante RCP 8.5 para o período PR3.27
- FIGURA 8 - Zoneamento de aptidão climática para a oliveira considerando a T_b de 13°C no estado de Minas Gerais. a) Forçante RCP 2.6 para o período PR1, b) forçante RCP 2.6 para o período PR2, c)forçante RCP 2.6 para o período PR3, d)forçante RCP 4.5 para o período PR1, e) forçante RCP 4.5 para o período PR2, f) forçante RCP 4.5 para o período PR3, g)forçante RCP 8.5 para o período PR1, h)forçante RCP 8.5 para o período PR2, i)forçante RCP 8.5 para o período PR3.28

FIGURA 9 - Valores de temperatura às 21 horas (hora local), máxima e mínima do ar corrigida (°C) para a simulação da projeção *historical* (1971-2000) e projeções PR1 (2011-2040), PR2 (2041-2070) e PR3 (2071-2100) para os três cenários forçantes (RCP 2.6, 4.5 e 8.5) em cada modelo.57

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - Informações referentes as estações meteorológicas convencionais: latitude, longitude, altitude e número de anos considerados para a obtenção do NHF..... 6
- TABELA 2 - Lista de modelos de circulação geral proveniente do CMIP5..... 7
- TABELA 3 - Lista de modelos do CMIP5 contendo a resolução horizontal aproximada, simulações futuras (RCPs 2.6, 4.5 e 8.5) e históricas (*historical*), e número de membros a serem utilizados neste estudo..... 8
- TABELA 4 - Número de horas frio (NHF) estimado pelo método proposto por Angelocci et al., (1979) para o estado de Minas Gerais para o período presente (1983-2012), considerando as temperaturas base de 7°C, 9,5°C e 13°C.16
- TABELA 5 - Número de horas frio estimado pelo método proposto por Angelocci et al., (1979) com base nos dados de saída dos MCGs e dados das estações meteorológicas convencionais, considerando as temperaturas base de 7°C, 9,5°C e 13°C.....18
- TABELA 6 - Estatísticas para avaliação do desempenho referente a comparação entre o NHF estimado para cada modelo, pelo método proposto por Angelocci et al., (1979) para a simulação *historical* (1971-2000) e para o período presente (1983-2012), baseado nos dados das estações meteorológicas convencionais, considerando as temperaturas base de 7°C, 9,5°C e 13°C.19
- TABELA 7 - Proporção de áreas aptas e inaptas ao cultivo de oliveira para o período presente e para os três períodos de projeções considerando a temperatura base de 7°C, 9,5°C e 13°C.29

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CFCs – Clorofluorcarbonos

CH₄ - Metano

CMIP5 - *Coupled Model Intercomparison Project phase 5*

CMIP3 – *Coupled Model Intercomparison Project phase 3*

CO₂ – Dióxido de carbono

GEE – Gases do Efeito Estufa

GrADS – *Grid Analysis and Display System*

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

IPCC AR4 – Quarto relatório do IPCC

IPCC AR5 – Quinto relatório do IPCC

IPCC FAR – Primeiro relatório do IPCC

IPCC SAR – Segundo relatório do IPCC

IPCC TAR – Terceiro relatório do IPCC

N₂O – Óxido de nitrogênio

NHF – Número de Horas Frio

OMM – Organização Meteorológica Mundial

RCPs – *Representative Concentration Pathways*

UTC – Horário no meridiano Greenwich

MCG – Modelos de Circulação Geral

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO	4
2.1. Objetivo Geral	4
2.2. Objetivos Específicos	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1. Descrição dos dados	5
3.2. Projeções de Mudanças Climáticas	7
3.3. Correção das variáveis dos modelos provenientes do CMIP5	8
3.4. Obtenção do Número de Horas Frio.....	10
3.5. Zoneamento climático do NHF e Mapeamento.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1. Análise das Temperaturas simuladas pelos MCG com base no cenário <i>Historical</i>	13
4.2. Número de horas frio para o período presente (1983-2012)	15
4.3. Avaliação do Número de horas frio para a projeção <i>Historical</i> e período futuro (PR1, PR2 e PR3) considerando os três cenários de forçantes radiativas (RCPs).....	17
4.4. Zoneamento climático baseado no Número de Horas Frio e projeções de mudanças climáticas.....	23
5. CONCLUSÃO.....	32
6. REFERÊNCIAS	33
7. ANEXOS	40

1. INTRODUÇÃO

O quarto relatório divulgado pelo IPCC (IPCC AR4) em 2007 mostrou que a temperatura média global do ar próximo a superfície ao longo do século XX aumentou em cerca de 0,65°C, com aumentos previstos entre 2°C a 4°C para a temperatura do ar na América do Sul para o final deste século (NOBRE et al., 2007). Além do aquecimento, os cenários projetaram um aumento na frequência de eventos extremos de precipitação no oeste da Amazônia, sudeste e centro oeste do Brasil. O IPCC AR4 se baseou em quatro principais cenários de forçantes climáticas (A1, A2, B1 e B2) denominados *Special Report on Emissions Scenarios* (SRES). Tais cenários levaram em consideração o aumento dos gases de efeito estufa (GEE) associado aos diferentes comportamentos, como: características socioeconômicas, crescimento econômico, velocidade das mudanças tecnológicas, entre outros (RASKIN et al., 2005; BARKER et al., 2007; TORRES, 2014). Vários estudos foram realizados considerando os cenários previstos pelo IPCC AR4 e seus possíveis impactos no Brasil, como os trabalhos de MARENGO et al. (2007), NOBRE et al., (2007); TORRES et al., (2013); CARDOSO e JUSTINO, (2014), e também na agricultura, como exemplo os que consideram o impacto no café (ASSAD et al., 2004); no zoneamento agrícola do milho (ZULLO JUNIOR et al., 2006); na batata (STRECK et al., 2006; FAGUNDES et al., 2010); no arroz (STRECK et al., 2012); no algodão (ASSAD et al., 2013), na mandioca (GABRIEL et al., 2014) entre outros.

No entanto, em 2013, foi publicado a quinta e última versão do relatório do IPCC (IPCC AR5), onde o cenário de aquecimento global, apresentado nas versões anteriores, continuou sendo enfatizado. O AR5 baseou-se em diferentes modelos integrantes do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5* (CMIP5), que consideram as forçantes radiativas e a concentração de CO₂, representadas pelo *Representative Concentration Pathways* (RCPs). Os cenários básicos são: rcp2.6, que considera uma forçante radiativa em torno de 2,6 W m⁻² e uma concentração de CO₂ equivalente de 490 ppm; rcp4.5 considera uma forçante radiativa de 4,5 W m⁻² e uma concentração de CO₂ equivalente em torno de 650 ppm; rcp 6.0 considera uma forçante radiativa de 6 W m⁻² e a concentração de CO₂ equivalente é de 650 ppm; rcp 8.5 apresenta uma forçante radiativa superior a 8,5 W m⁻² e a concentração de CO₂ equivalente supera o valor de 1370 ppm (MOSS et al., 2010).

Em comparação ao conjunto de modelos climáticos utilizados nos relatórios anteriores do IPCC, os modelos do CMIP3 que fizeram parte do IPCC AR4, já apresentavam as seguintes melhorias em relação aos modelos utilizados nos relatórios anteriores: aumento da resolução espacial, melhor representação dos processos físicos e inclusão de novos processos físicos,

como o ciclo do carbono que antes não era representado (KOUIMROUYAN et al., 2010). Para o CMIP5 as simulações do sistema climático foram mais realísticas com a inclusão do ciclo do carbono interativo sobre o continente e oceano de variado grau de complexibilidade; modelagem mais complexa dos efeitos indiretos dos aerossóis; inclusão de séries temporais de forçantes vulcânicas e solar; além de melhorar a resolução espacial dos modelos (TAYLOR et al., 2012; SILLMAN et al., 2013).

Ademais, tanto o AR4 quanto o AR5 apresentaram grande consenso da comunidade científica, de que esse aumento acelerado da temperatura média global nos últimos tempos está relacionado com a emissão de gases do efeito estufa (GEE), principalmente pelo dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido de nitrogênio (N_2O) (MAPA, 2012), assim como pela alteração do uso da terra, como o desmatamento, e outras atividades antropogênicas que alteram a cobertura do solo e conseqüentemente afetam o *feedback* no sistema climático (IPCC, 2007). Os impactos decorrentes dessas variações podem gerar grandes transtornos a sociedade, podendo impactar todas as áreas, especialmente a área agrícola, com prejuízos na produção de alimentos e conseqüentemente na economia, principalmente dos países que possuem o Produto Interno Bruto (PIB) dependente do setor agrícola, como o Brasil.

O Brasil é um dos maiores países em área territorial com aproximadamente 8,5 milhões de Km^2 (IBGE, 2015), ocupando grande parte do território sul-americano. Essa grande extensão faz com que o Brasil esteja exposto a diferentes impactos causados pelas mudanças climáticas (IPCC, 2007). Esta região é vulnerável aos extremos climáticos atuais e poderá ser profundamente afetada num cenário de aquecimento global (TORRES et al., 2012).

Todos os cenários projetados preveem um aumento da temperatura do ar de até 4°C para o Brasil no decorrer do século XXI (TORRES et al., 2013), assim como um aumento da concentração do CO_2 atmosférico. Ambos aumentos trazem prejuízos ao desenvolvimento, crescimento e produtividade das culturas agrícolas, pois a temperatura do ar é a variável meteorológica que mais influencia o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo e crescimento das plantas, enquanto o CO_2 é o principal substrato para a realização da fotossíntese, afetando diretamente a taxa de crescimento da planta (TAIZ e ZEIGER, 2010). Em teoria, as plantas C3 e C4 deveriam ser beneficiadas com o aumento de CO_2 , por outro lado, o aumento de CO_2 juntamente com o aumento da temperatura do ar pode não significar um aumento de produtividade, e sim uma redução da qualidade do fruto e uma queda de rendimento, causado principalmente pelo encurtamento acelerado do ciclo da planta e do aumento da respiração (SIQUEIRA et al., 2001; FAGUNDES et al., 2010; TAIZ e ZEIGER, 2010).

Nesse sentido, todos os países que são fortemente dependentes da atividade agrícola serão os mais afetados pelos impactos das mudanças climáticas. No Brasil, o estado de Minas Gerais possui aproximadamente 30% do PIB dependente do setor agrícola (CRUZ et al., 2009), o qual se apresenta vulnerável às mudanças climáticas. Segundo as projeções de mudanças climáticas para Minas Gerais são previstos aumentos consideráveis de temperatura do ar em todo o estado, podendo ter aumentos de até 5°C para o norte de Minas, além de padrões heterogêneos de mudanças na precipitação (aumento do volume de precipitação em algumas áreas, e redução em outras) (FEAM, 2011; IPCC, 2013). Essa mudança no padrão sazonal de temperatura e precipitação pode reduzir drasticamente as áreas aptas ao cultivo de determinadas culturas (ASSAD et al., 2013), principalmente as de clima temperado que dependem da disponibilidade e acúmulo de frio invernal (TANASIJEVIC et al., 2014; MORIONDO et al., 2015).

O frio invernal, quantificado através de unidades e/ou número de horas frio (NHF), representa o acúmulo de horas em que a temperatura do ar permanece abaixo de determinada temperatura base, sendo variável para cada espécie/cultivar (BURIOL et al., 2000). Esse acúmulo de frio é essencial durante o repouso vegetativo para que as plantas de clima temperado saiam do período de dormência e iniciem um novo período reprodutivo com brotação e florescimento normal (BURIOL et al., 2000; TANASIJEVIC et al., 2014). Durante o repouso vegetativo, ocorrem importantes transformações no nível hormonal, com o aumento ou diminuição do nível dos reguladores de crescimento. Após o repouso, a planta estará apta a brotar e florescer normalmente, considerando-se então quebrada a dormência natural das gemas (ALVARENGA et al., 2002). A insuficiência de frio invernal causa anomalias fisiológicas, como a queda das gemas frutíferas, atraso, irregularidade ou não ocorrência da brotação e floração, afetando negativamente o desenvolvimento, crescimento e a produtividade (BURIOL et al., 2000; HELDWEIN et al., 2000).

A oliveira (*Olea europaea* L.) é um exemplo de planta de clima temperado que vem sendo amplamente cultivada em grande parte do estado de Minas Gerais como alternativa de renda para os agricultores (LISBOA et al., 2012; MARTINS et al., 2014), cujo intuito é tentar suprir as necessidades do consumo interno (VIEIRA NETO et al., 2011), justamente pelo fato do Brasil importar uma quantidade superior a 72 mil toneladas de azeite por ano (CONAB, 2013; MARTINS et al., 2014). No entanto, não se tem conhecimento acerca da suficiência do acúmulo de frio invernal para a espécie em Minas Gerais, assim como, os possíveis impactos das mudanças climáticas neste acúmulo invernal. Aliado a isso, é necessário conhecer as áreas promissoras ao cultivo de oliveira, principalmente em regiões com condições climáticas

distintas do seu centro de origem (MARTINS et al., 2014; TANASIJEVIC et al., 2014). Nesse sentido, o zoneamento de aptidão climática é um recurso que deve ser utilizado, por ser um instrumento de orientação e suporte que estabelece áreas aptas e inaptas ao cultivo de determinada cultura, mediante a relação das exigências da cultura de interesse com variáveis meteorológicas, como o NHF (SEDIYAMA et al., 2001; PEREIRA et al., 2002), o qual deve ser constantemente atualizada, principalmente em função das modificações no padrão de temperatura e precipitação (ZULLO JUNIOR et al., 2006).

Nesse contexto, esforços devem ser realizados no sentido de determinar o acúmulo de frio invernal, juntamente com as áreas com aptidão climática ao cultivo de oliveira para Minas Gerais, assim como verificar as possíveis alterações nessas áreas em decorrência das mudanças climáticas. É importante enfatizar que não existe esse tipo de informação para Minas Gerais, que está tendo investimentos pesados na ampliação da olivicultura, o que constitui o principal esforço para a realização deste Trabalho Final de Graduação (TFG).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste TFG foi produzir um zoneamento baseado no número de horas frio e verificar os possíveis impactos de projeções de mudanças climáticas, contidas no 5º relatório do IPCC, no número de horas frio e as possíveis implicações no zoneamento para a cultura da oliveira para todo o estado de Minas Gerais.

2.2. Objetivos específicos

- Obter, através da metodologia proposta por Angelocci et al., (1979), o NHF acumulado para as estações meteorológicas convencionais localizadas em Minas Gerais para o clima presente (período médio de 1983 -2012);

- Realizar o cálculo do NHF acumulado baseado nos dados do clima futuro; considerando observações, simulações, e diferentes projeções de mudanças climáticas integrantes do IPCC AR5 para os períodos futuros: 2011 – 2040, 2041 – 2070 e 2071 – 2100;

- Mapear as áreas aptas e inaptas baseando-se nas informações resultantes do NHF acumulado e verificar a influência das projeções de mudanças climáticas para a cultura de oliveira em Minas Gerais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição dos dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir de 47 estações meteorológicas convencionais para o período médio entre 1983 e 2012 (Figura 1 e Tabela 1). Os dados diários de temperatura do ar (°C) - mínima, máxima e das 21 horas (hora local) - foram obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em seu *website* (<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa>). Neste estudo, para um ano ser considerado válido o mesmo deve ter no mínimo 95% dos dados presentes. Apenas cinco estações meteorológicas (Araçuaí, Formoso, Janaúba, Juramento e Unaí) convencionais não apresentaram séries históricas suficientes para a realização de estudos de zoneamento de aptidão climática, pois o recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para estudos climáticos são período no mínimo superiores a 10 anos.

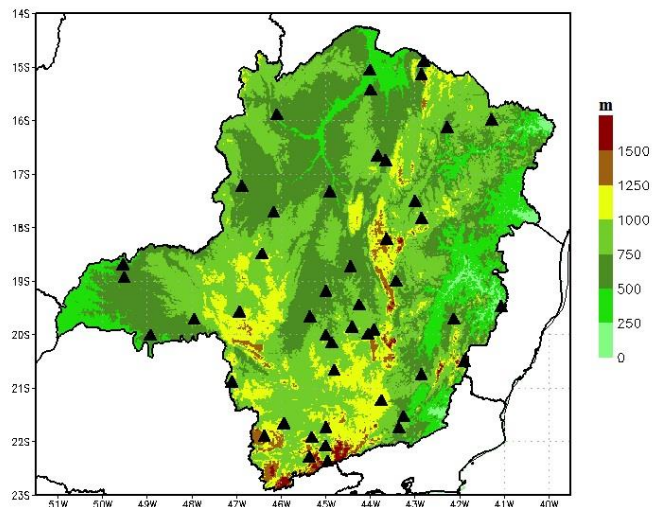


Figura 1. Localização espacial das estações meteorológicas convencionais de Minas Gerais e descrição topografia, em metros acima do nível do mar

Tabela 1. Informações referentes as estações meteorológicas convencionais: latitude, longitude, altitude e número de anos considerados para a obtenção do NHF.

Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Anos utilizados
AIMORES	-19,49	-41,07	82,74	29
ARAXA	-19,6	-46,94	1023,61	29
ARINOS	-15,91	-46,1	519	22
BAMBUI	-20,03	-45	661,27	27
BARBACENA	-21,25	-43,76	1126	28
BELO HORIZONTE	-19,93	-43,93	915	40
BOM DESPACHO	-19,68	-45,36	695	24
C. DO MATO DENTRO	-19,02	-43,43	652	18
CAPARÃO	-20,51	-41,9	843,18	18
CAPINOPOLIS	-18,71	-49,55	620,6	24
CARATINGA	-19,73	-42,13	609,65	24
CARBONITA	-17,53	-43	736,38	24
CORONEL PACHECO	-21,55	-43,26	435	28
CURVELO	-18,75	-44,45	672	23
DIAMANTINA	-18,23	-43,64	1296,12	22
DIVINOPOLIS	-20,17	-44,87	788,35	14
ESPINOSA	-14,91	-42,8	569,64	24
FLORESTAL	-19,88	-44,41	760	22
FRUTAL	-20,03	-48,93	543,67	22
IBIRITE	-20,01	-44,05	814,54	19
ITAMARANDIBA	-17,85	-42,85	914	25
ITUIUTABA	-18,95	-49,52	560	22
JANUÁRIA	-15,45	-44	473,71	17
JOÃO MONLEVADE	-19,83	-43,11	859,84	13
JOÃO PINHEIRO	-17,73	-46,17	760,36	22
JUIZ DE FORA	-21,76	-43,36	939,96	24
LAMBARI	-21,94	-45,31	878,45	16
LAVRAS	-21,75	-45	918,84	30
MACHADO	-21,68	-45,94	873,35	27
MARIA DA FÉ	-22,31	-45,37	1276,33	15
MOCAMBINHO	-15,08	-44,01	452	19
MONTE AZUL	-15,16	-42,86	625	21
MONTES CLAROS	-16,68	-43,84	652	22
OLIVEIRA	-20,68	-44,81	966,5	11
PARACATU	-17,24	-46,88	712	25
PASSA QUATRO	-22,38	-44,96	920	21
PATOS DE MINAS	-18,51	-46,43	940,28	26
PEDRA AZUL	-16	-41,28	648,91	26
PIRAPORA	-17,35	-44,91	505,24	25
POÇOS DE CALDAS	-21,91	-46,38	1150	20
POMPEU	-19,21	-45	690,91	26
SALINAS	-16,15	-42,28	471,32	28
SÃO LOURENÇO	-22,1	-45,01	953,2	26
SÃO S. DO PARAISO	-20,91	-47,11	820	19
SETE LAGOAS	-19,46	-44,25	732	27
UBERABA	-19,73	-47,95	737	24
VIÇOSA	-20,76	-42,86	712,2	26

* Observações: Foram excluídos os anos com mais de 5% dos dados faltantes (Organização Meteorológica Mundial – OMM, 1989).

3.2. Projeções de Mudanças Climáticas

Para as projeções de clima futuro foram utilizadas simulações e projeções climáticas oriundas do conjunto de três Modelos de Circulação Geral (MCGs) (Tabela 2) integrantes do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5* (CMIP5), fornecidas pelo *Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison* e disponibilizado pelo *Earth System Grid data portal* (MEEHL e BONY, 2011; TAYLOR et al., 2012).

As variáveis utilizadas foram baseadas em dados diários simulados de temperatura do ar (máxima, mínima do ar), e dados horários variando em 3 horas, para obtenção da temperatura do ar às 21h/00UTC (hora local) próximo à superfície, simuladas para o período *historical* (1971-2000) e projetadas para três períodos futuros: projeção 1 (PR1 = 2011 - 2040), projeção 2 (PR2 = 2041 - 2070) e projeção 3 (PR3 = 2071 - 2100).

As simulações do clima presente, referentes ao século XX, são caracterizadas como experimentos de controle para os quais as forçantes climáticas que poderiam impactar o clima observado são explicitamente identificadas, e séries históricas observadas dessas forçantes são incluídas nas integrações dos MCGs.

Tabela 2. Lista de modelos de circulação geral proveniente do CMIP5.

Modelo	Instituição
IPSL-CM5A-LR	Institut Pierre-Simon Laplace
MRI-CGCM3	Meteorological Research Institute
MIROC5	Atmosphere and Ocean Research Institute, National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

As simulações climáticas futuras do CMIP5 são realizadas utilizando-se a nova geração de cenários de forçantes radiativas denominada *Representative Concentration Pathways* (RCP, MOSS et al., 2010). Os cenários utilizados neste estudo foram o RCPs 2.6, 4.5 e 8.5, correspondente a uma forçante radiativa para o final desde século de aproximadamente 2.6, 4.5 e 8.5 Wm^{-2} , respectivamente, baseados nas condições pré-industriais (MOSS et al., 2010). Para esses cenários a concentração de CO_2 equivalentes para 2100 é de aproximadamente 490, 650 e 1370 ppm, respectivamente (VAN VUUREN et al., 2011).

As resoluções espaciais dos modelos climáticos utilizados variam de 0.5° a 3.8° de latitude/longitude (Tabela 3). Desse modo para se extrair os dados o mais corretamente possível para aplicar a metodologia do NHF foi necessário interpolar para a grade regular horizontal de 1° de latitude/longitude através de uma interpolação bilinear.

Modelos regionais climáticos são mais adequados para estudos de impacto, tais como descritos neste TFG. No entanto, optamos pela utilização dos modelos globais do IPCC primeiramente pela indisponibilidade de resultados atualizados de modelos regionais (os quais são altamente custosos computacionalmente), e pelo fato da nova geração de modelos presentes no IPCC AR5 representarem o estado da arte em modelagem do sistema climático.

Tabela 3. Lista de modelos do CMIP5 contendo a resolução horizontal aproximada, simulações futuras (RCPs 2.6, 4.5 e 8.5) e históricas (*historical*), e número de membros a serem utilizados neste estudo.

MODELOS	RESOLUÇÃO (lat/lon)	HISTORICAL	RCPs		
			2.6	4.5	8.5
IPSL-CM5A-LR	1.9° x 3.8°	1	1	1	1
MRI-CGCM3	1.0° x 0.5°	1	1	1	1
MIROC5	1.4° x 1.4°	1	1	1	1

3.3. Correção das variáveis dos modelos provenientes do CMIP5

A utilização dos MCGs para estimar o número de horas frio é pouco explorado devido a sua complexidade, a qual é atrelada a tentativa de simular o sistema climático matematicamente. Os MCGs representam numericamente o sistema climático baseado nas propriedades físicas, químicas, e biológicas de suas componentes, suas interações e processos de *feedbacks*. Nesse sentido, a dificuldade de representar todas interações, principalmente a interação superfície-atmosfera, podem gerar algumas inconsistências nos resultados de saída desses modelos. Esses erros podem ser uma superestimativa ou subestimativa dos valores de saída das variáveis, nesse caso, a temperatura do ar.

Com o intuito de minimizar tais erros, provenientes das simulações das variáveis diárias de temperatura do ar resultantes dos modelos, foi necessário fazer correções para as mesmas. Essas correções são justificáveis, uma vez que os modelos globais utilizados neste estudo geram valores de temperatura do ar acima das temperaturas registradas nas estações meteorológicas, considerando períodos de tempo equivalentes. Tais correções seguiram o método Lenderink et al. (2007), no qual baseia-se na obtenção do viés entre as normais climatológicas provisórias, obtidas com os dados das estações meteorológicas, e a climatologia obtida com a simulação do

período *historical*. As correções foram realizadas separadamente para cada variável (temperatura mínima, máxima e das 21 horas), segundo as expressões (LENDERINK et al., 2007), e para cada um dos três modelos de circulação geral.

$$Viésm_n = Tm_{simulado} - Tm_{NP} \quad (1)$$

$$ViésM = TM_{simulado} - TM_{NP} \quad (2)$$

$$ViésT21 = T21_{simulado} - T21_{NP} \quad (3)$$

Em que $Viésm_n$ é o viés da temperatura mínima do ar; $Tm_{simulado}$ é a média da temperatura mínima do ar simulada para o período *historical* para cada um dos três modelos, Tm_{NP} é a normal climatológica provisória da temperatura mínima do ar; $ViésM$ é o viés da temperatura máxima do ar; $TM_{simulado}$ é a média da temperatura máxima do ar simulada para o período *historical* para cada um dos três modelos; TM_{NP} é a normal climatológica provisória da temperatura máxima do ar; $ViésT21$ é viés da temperatura do ar às 21 horas (hora local); $T21_{simulado}$ é a média da temperatura do ar às 00UTC (21 hora local) simulado para o período *historical* para cada um dos três modelos; $T21_{NP}$ é a normal climatológica provisória da temperatura do ar às 21 horas (hora local).

Para o cálculo das normais climatológicas provisórias foram seguidas as recomendações da OMM (1989), estabelecidas no Documento Técnico OMM/TD-Nº. 341, considerando as médias referentes a um curto período em observações diárias interrompemente para um período mínimo de 10 até 30 anos (SUGAHARA, 1999).

Posteriormente, o viés calculado para cada variável foi extraído dos dados diários simulados para as projeções *historical*, PR1, PR2 e PR3, para poder se calcular o NHF nessas projeções.

3.4. Obtenção do Número de Horas Frio

Para o cálculo do NHF diário (H) foi seguida a metodologia proposta por Angelocci et al., (1979), o qual é um método analítico que se baseia em sete condições (equações 4 a 10), dada por semelhanças de triângulos, através das expressões:

a) Condição 1: Se: $T_b > T_m$; $T_b \leq T_{21}$; $T_b < T_{M1}$; $T_b < T_{M2}$;

$$H = \frac{9(T_b - T_m)}{T_{21} - T_m} + \frac{8(T_b - T_m)}{T_{M2} - T_m} \quad (4)$$

b) Condição 2: Se $T_b > T_m$; $T_b \geq T_{21}$; $T_b < T_{M1}$; $T_{M1} < T_{M2}$;

$$H = \frac{6(T_b - T_{21})}{T_{M1} - T_{21}} + \frac{8(T_b - T_m)}{T_{M2} - T_m} + 9 \quad (5)$$

c) Condição 3: Se $T_b > T_m$; $T_b \geq T_{M1}$; $T_b \leq T_{M2}$;

$$H = \frac{8(T_b - T_m)}{T_{M2} - T_m} + 16 \quad (6)$$

d) Condição 4: Se $T_b > T_m$; $T_b \geq T_{M2}$; $T_b \geq T_{21}$; $T_b < T_{M1}$;

$$H = \frac{6(T_b - T_{21})}{T_{M1} - T_{21}} + 17 \quad (7)$$

e) Condição 5: Se $T_b > T_m$; $T_b \leq T_{21}$; $T_b < T_{M1}$; $T_b > T_{M2}$;

$$H = \frac{9(T_b - T_m)}{T_{21} - T_m} + 8 \quad (8)$$

f) Condição 6: Se $T_b \geq T_{M1}$; $T_b \geq T_{M2}$; $H = 24 \text{ horas}$ (9)

g) Condição 7: Se $T_b \leq T_m$; $H = 0$ (10)

Em que: H é o NHF diário; T_b é a temperatura base da espécie ou cultivar ($^{\circ}\text{C}$); T_m é a temperatura mínima do ar do *i-ésimo* dia atual; T_{21} é a temperatura do ar das 21 horas do *i-ésimo* dia atual (hora local); T_{M1} é temperatura máxima do ar do *i-ésimo* dia anterior; T_{M2} é a temperatura máxima do ar do *i-ésimo* dia atual.

Neste estudo foram considerados três valores de T_b : 7°C , $9,5^{\circ}\text{C}$ e 13°C . Os valores de 7°C e 13°C foram escolhidos em função do uso frequente na determinação do NHF e por serem descritos como limites necessários à dormência das plantas exigentes e não exigentes em frio, respectivamente (ANGELOCCI et al., 1979; BURIOL et al., 2000; HELDWEIN et al., 2000). O valor de $9,5^{\circ}\text{C}$ foi utilizado em função da média aritmética das T_b 's para quatro cultivares de

oliveira: MGS ASC 315 (11°C), Arbequina (10,5°C) (MARTINS et al., 2012), MGS Mariense (6,9°C) e Grappolo (9,6°C) (SOUZA e MARTINS, 2014).

O NHF acumulado anual foi obtido pelo somatório do NHF diário (H) para o período compreendido entre 15 de maio a 15 de setembro, o qual refere-se aos meses mais frios em Minas Gerais (ÁVILA et al., 2014). A partir do NHF acumulado anual, foi obtida a climatologia do NHF para as 47 estações meteorológicas convencionais de Minas Gerais para o período médio, considerando como período presente (1983 – 2012) e futuro, considerando as PR1, PR2 e PR3.

Foi realizada uma avaliação do desempenho dos três MCGs em estimar o NHF, através das estatísticas coeficiente de correlação (r), tendência (bias) e raiz do quadrado médio do erro (RQME), dada pelas equações 11, 12 e 13:

$$r = \frac{\sum (E_i - \bar{E})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum (E_i - \bar{E})^2 \sum (O_i - \bar{O})^2}} \quad (11)$$

$$BIAS = \frac{\sum E_i - \sum O_i}{\sum O_i} \quad (12)$$

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum (E_i - O_i)^2}{n}} \quad (13)$$

em que E_i é o valor de NHF estimado com base nos dados de saída dos MCGs; O_i são os valores observados de NHF obtidos para cada estação meteorológica convencional; \bar{E} é o valor médio de NHF relativo aos MCGs; \bar{O} é o valor médio de NHF observado; n é o número de observações

3.5. Zoneamento climático do NHF e Mapeamento

Para o período presente (PE = período médio de 1983-2012), e para as projeções PR1, PR2 e PR3 de cada RCP, foram mapeadas as áreas aptas e inaptas para o cultivo da oliveira, segundo o NHF acumulado considerando as T_b 's de 7°C, 9,5°C e 13°C. Para o PE foram utilizados os dados da climatologia do NHF e para as projeções foram utilizadas a climatologia do NHF usando os dados simulados pelos três MCGs.

As regiões consideradas aptas foram as localidades que apresentaram um somatório de NHF anual ≥ 300 horas e as regiões inaptas foram as localidades que apresentaram um somatório de NHF anual < 300 horas. Não se convencionou utilizar áreas marginais no zoneamento quando se refere ao NHF. O valor limítrofe do NHF utilizado neste estudo foi de 300 horas, em virtude da grande variação entre as metodologias de requerimento em frio,

necessidade de frio e valor de Tb entre as cultivares e variedades de oliveira (ALCALÁ e BARRANCO, 1992; MORIONDO et al., 2001; MELO-ABREU et al., 2004; ORLANDI et al., 2004; MARTINS et al., 2012). Dessa forma, considerou o NHF = 300 horas, por ser o valor médio aproximado de acúmulo de frio encontrado por MELO-ABREU et al., (2004) e também divulgado pela Universidade de Stanford em seu Website (<http://bgm.stanford.edu/groups/grounds/chill>).

Uma vez obtidos os índices de aptidão climática, esses dados foram espacializados para uma grade regular cobrindo todo o estado de Minas Gerais utilizando-se o método *Ordinary Kriging* (CRESSIE, 1998; WICKHAM, 2014) implementado no *software R*.

Os mapas temáticos do zoneamento de aptidão climática foram construídos através do *software GrADS (Grid Analysis and Display System)*. O GrADS é um *software* amplamente utilizado para visualização e análise de dados em pontos de grade, sendo que, tais dados, podem ser de diversos formatos (binário, grib, NetCDF, entre outros).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise das Temperaturas simuladas pelos MCG com base no cenário *Historical*

As temperaturas simuladas pelos MCGs sofreram uma correção baseado na média climatológica de cada estação meteorológica de estudo. Dentre as três variáveis simuladas (temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura das 21h hora local) nota-se, de maneira geral, que mesmo após as correções os modelos superestimam os valores de temperatura do ar em relação aos dados observados (valores obtidos das estações meteorológicas convencionais) (Figura 2). Das três temperaturas do ar, a temperatura das 21h (hora local) foi a variável que obteve o pior desempenho de simulação (Figura 2A), sendo superestimada em no mínimo 2°C. Já a melhor simulação foi feita para a temperatura máxima do ar (Figura 2B), ficando bem próximo aos valores observados, com uma diferença máxima de 1°C.

Com relação ao desempenho dos modelos, o MIROC5 superestimou as três temperaturas diárias do ar, superestimando em 4°C e 3°C a temperatura das 21h e a temperatura mínima, respectivamente. Já os modelos MRI-CGM3 e IPSL-CMSA-LR apresentaram um bom desempenho ao simular as temperaturas do ar observadas (Figura 2).

A resposta de simulação dos três parâmetros de temperatura do ar variou em relação a cada estação. Este tipo de comportamento é comum em modelos globais e regionais, devido entre outras coisas, a problemas na parametrização de superfície, parametrização de cúmulus, dificuldade de representar a complexidade do terreno, etc. Por exemplo, as estações localizadas na região sul de Minas Gerais sofreram influência direta da Serra da Mantiqueira. Os modelos globais tendem a ter uma caracterização de superfície não tão fidedigna como modelos regionais, ou seja, muitas aproximações são feitas o que pode gerar valores não tão confiáveis para regiões que sofrem forte influência topográfica.

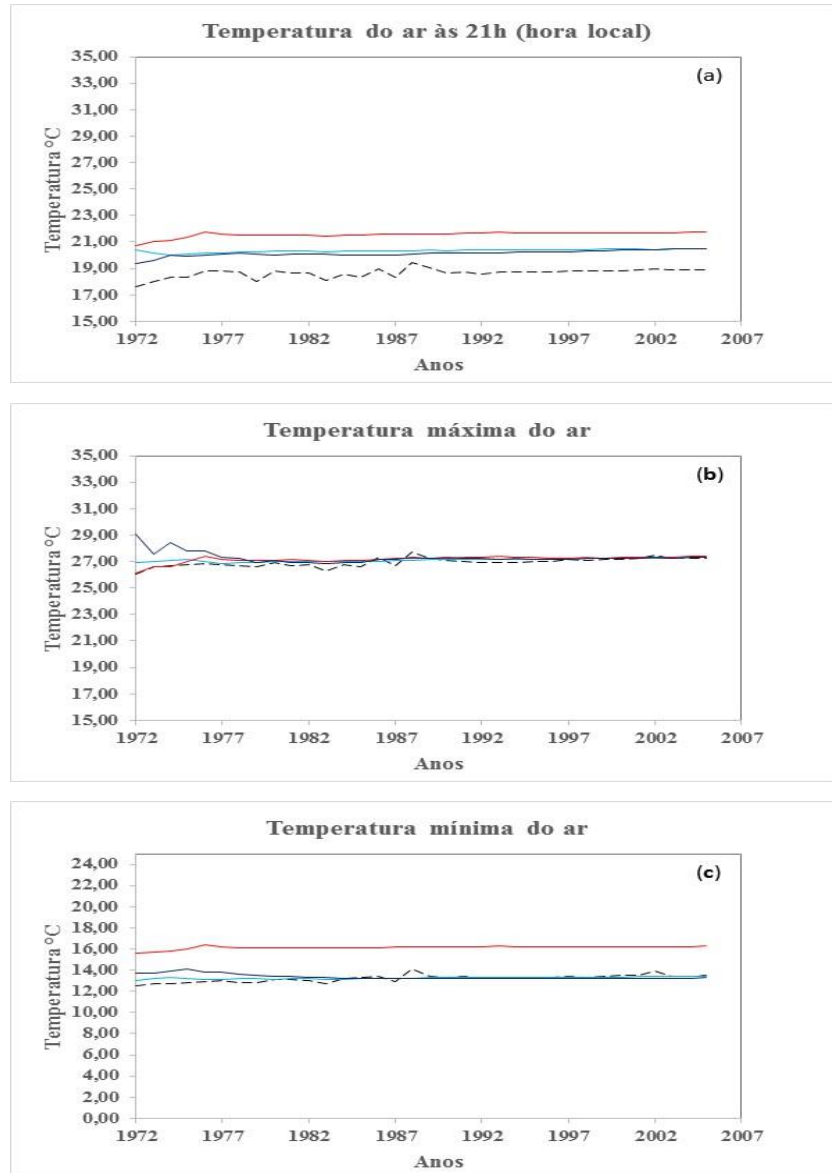


Figura 2. Série Temporal de temperatura do ar para os três modelos de circulação geral provenientes do CMIP5 baseada na projeção *historical* (1971-2000) e os dados observados provenientes das estações meteorológicas convencionais. Os valores representam a média de todas as estações meteorológicas convencionais de Minas Gerais. O painel a refere-se a temperatura das 21h (°C, hora local), painel b refere-se a temperatura máxima do ar (°C), e o painel c refere-se a temperatura mínima do ar (°C).

Alves e Marengo (2010) avaliou o desempenho do modelo regional HadRM3P para simulações climáticas e a suas variabilidades sazonais sobre a América do Sul. Ele indicou que a simulação de padrões regionais sofre com erros sistemáticos relacionados a física interna do modelo, além disso também podem estar atrelados esses erros as condições de fronteira herdadas do modelo global que alimentou o modelo regional. Modelos de previsão numérica de tempo (PNT), como o WRF, também tendem a ter dificuldade em simular os parâmetros meteorológicos para regiões em que o relevo é bastante impactante no tempo. Morais et al.,

(2014) mostrou que o modelo WRF superestimou as temperaturas máximas e mínimas do ar para região do metropolitana do Rio de Janeiro.

4.2. Número de horas frio para o período presente (1983-2012)

O NHF é contabilizado diretamente nos termogramas ou nas estações automáticas, porém é uma atividade extremamente trabalhosa, principalmente quando se deve fazer correções nesses registros. Além disso, a grande maioria das estações meteorológicas são carentes em termógrafos, e quando existem, possuem falhas nos registros, e as estações automáticas disponibilizam somente os dados horários de temperatura do ar dos últimos 3 meses, o que inviabiliza a observação do NHF. Por esse motivo, faz-se o uso de métodos indiretos para a quantificação do NHF.

Existe uma infinidade de métodos para estimar o NHF, os quais se baseiam em regressões (PEDRO Jr et al., 1979; HELDWEIN et al., 1989; BURIOL et al., 2000; HELDWEIN et al., 2000), ou condições para unidades de frio (RICHARDSON et al., 1974; ALVARENGA et al., 2004), ou método analítico (ANGELOCCI et al., 1979). No entanto, a maioria não tem sentido prático, pois foram estimados para outros estados do Brasil ou para condições climáticas do hemisfério norte, sendo diferentes para as condições climáticas de Minas Gerais, além de contabilizar mensalmente o NHF para o valor de $T_b=7^{\circ}\text{C}$. No entanto, o método proposto por Angelocci et al., (1979) tem vantagens em relação a todos os outros, pois permite obter o NHF diário, baseado em medidas de temperatura do ar, podendo ser utilizado para qualquer local e qualquer valor de T_b , além de garantir excelente estimativa do NHF mensal (HELDWEIN et al, 1989). Pereira et al., (2014) compararam dois métodos de estimativa de NHF para Maria da Fé, concluindo que o método proposto por Angelocci et al., (1979) é excelente para estimar NHF.

Tabela 4. Número de horas frio (NHF) estimado pelo método proposto por Angelocci et al., (1979) para o estado de Minas Gerais para o período presente (1983-2012), considerando as temperaturas base de 7°C, 9,5°C e 13°C.

Estação	Anos	Temperatura base		
		7°C	9,5°C	13°C
Aimorés	29	0	0	14
Araxá	29	5	22	152
Arinos	22	0	1	28
BambuÍ	27	62	227	746
Barbacena	28	28	142	779
Belo Horizonte	40	0	4	74
Bom Despacho	24	56	160	511
C.M. Dentro	18	34	131	519
Caparaó	18	62	226	756
Capinópolis	24	1	11	72
Caratinga	24	2	23	241
Carbonita	24	8	60	384
C. Pacheco	28	13	93	480
Curvelo	23	2	22	231
Diamantina	22	2	32	496
Divinópolis	14	10	69	406
Espinosa	24	0	0	10
Florestal	22	66	281	899
Frutal	22	2	14	79
Ibirite	19	22	121	574
Itamabandiba	25	4	48	415
Ituiutaba	22	6	21	117
Januária	17	1	1	15
J.Monlevade	13	0	11	215
J.Pinheiro	22	1	4	39
Juiz de Fora	24	2	31	372
Lambari	16	282	662	1358
Lavras	30	11	65	438
Machado	27	43	175	686
Maria da Fé	15	391	854	1667
Mocambinho	19	0	0	26
Monte Azul	21	0	0	1
Montes Claros	22	0	3	77
Oliveira	11	2	29	326
Paracatu	25	0	5	62
Passa Quatro	21	145	408	1067
Pato de Minas	26	3	12	152
Pedra Azul	26	0	4	64
Pirapora	25	0	3	63
Poços de Caldas	20	261	598	1284
Pompeu	26	3	22	197
Salinas	28	1	7	104
São Lourenço	26	130	377	991
São S. Paraíso	19	28	100	492
Sete Lagoas	27	3	26	306
Uberaba	24	16	49	247
Viçosa	26	14	102	565

Importante ressaltar que a oliveira apresenta resistência a temperaturas inferiores a 0°C (MELO ABREU et al., 2004). No entanto, o frio precoce no outono ou tardio na primavera pode acarretar danos as estruturas vegetativas e reprodutivas. Exemplo disso é a temperatura entre 0°C a -5°C que lesionam brotos e ramos novos, e temperatura do ar inferior a -10°C, denominada temperatura crítica, causam danos irreversíveis levando a morte da planta no campo (COUTINHO et al., 2009). Quanto maior o valor de Tb do cultivar, maior deverá ser a atenção, uma vez que sua Tb sendo mais elevada implica em uma maior sensibilidade a baixas temperaturas.

Na Tabela 4 são apresentados os valores das médias climatológicas de NHF para todas as estações meteorológicas de Minas Gerais que possuem dados válidos para este tipo de estudo (Tabela 1). Considerando a temperatura basal inferior (Tb) de 7,0°C, cujo valor é comumente utilizado para as espécies exigentes em acúmulo de frio, verifica-se que apenas a região de Maria da Fé conseguiu alcançar valores de NHF superior a 300 horas frio (hf), com média climatológica de NHF igual a 391 hf (Tabela 4), o que é esperado em função de ser uma das cidades mais frias do estado. O valor de NHF = 391 hf parece ser realístico, uma vez que no estudo de Pereira et al., (2014) foram observados valores de NHF para Maria da Fé de 333hf, 491hf e 428hf, considerando a Tb=7°C, para 2009, 2010 e 2011, respectivamente.

Além de Maria da Fé, Poços de Caldas (261hf) e Lambari (282hf) apresentam valores próximos ao limite do NHF necessário, considerando a Tb=7°C.

Considerando a Tb=9,5°C, as cidades de São Lourenço (377 hf), Passa Quatro (408 hf), Poços de Caldas (598 hf), Lambari (662 hf) e Maria da Fé (854 hf) apresentaram valor de NHF superior a 300 hf. Nessa região as baixas temperaturas são influenciadas pela característica topográfica, estando acima de 850 m em relação ao nível médio do mar (São Lourenço 953 m, Passa Quatro 920 m, Poços de Caldas 1150 m, Lambari 878 m e Maria da Fé 1277 m).

Considerando a Tb=13°C, 24 cidades apresentaram limiar superior a 300 hf, abrangendo as mesorregiões da Zona da Mata, Campo dos Vertentes, oeste, sul e sudeste e a região central de Minas Gerais.

Diamantina é uma das cidades, fora a região sul, que apresenta capacidade para cultivo da oliveira, com cultivares menos exigentes em frio (496hf), apresentando altitude aproximada de 1300 m. Tal valor é similar ao encontrado por Souza et al., (2011), que obteve 435 hf considerando Tb=13°C.

4.3. Avaliação do Número de horas frio para a simulação *Historical* e períodos futuros (PR1, PR2 e PR3) considerando os três cenários de forçantes radiativas (RCPs)

A estimativa do NHF baseado nos dados brutos (não corrigido) dos MCGs não foram aceitáveis, chegando a valores próximos a zero para todas as cidades do estado de Minas Gerais, justificando a necessidade da correção para os mesmos pelo método de Lenderink et al., (2007).

A correção dos dados de saída dos MCGs possibilitou uma estimativa aceitável do NHF. Entretanto, nota-se em todos os casos subestimativa do NHF para a simulação *historical* quando comparados ao NHF estimados com os dados obtidos nas estações meteorológicas convencionais (Tabela 5).

Tabela 5. Número de horas frio estimado pelo método proposto por Angelocci et al., (1979) com base nos dados de saída dos MCGs e dados das estações meteorológicas convencionais, considerando as temperaturas base de 7°C, 9,5°C e 13°C.

Temperatura base		Modelos de Circulação Geral			Simulação com dados das estações
		MIROC5	IPSL-CM5A-LR	MRI-CGM3	
Tb de 7°C	Maria da Fé	188	234	210	391
	Marida da Fé	659	660	668	854
Tb de 9,5°C	Lambari	493	509	490	662
	P. de Caldas	413	437	415	598
	S. Lourenço	233	270	246	377
	Passa Quatro	219	263	236	408
	Machado	602	617	602	686
Tb de 13°C	Lavras	356	398	357	438
	Barbacena	591	629	591	779
	S. Lourenço	906	901	918	991
	Passa Quatro	930	924	941	1067
	Maria da Fé	1533	1514	1528	1667
	Lambari	1201	1200	1203	1358
	C. Pacheco	265	296	282	480
	Carbonita	273	314	263	384
	Itamabandiba	283	334	271	415
	B. Despacho	341	362	342	511
	Diamantina	391	456	384	496
	Florestal	636	638	627	899
	BambuÍ	616	617	604	796
	C.M. Dentro	392	420	387	519
	S. S. do Paraíso	347	363	366	492
	Ibirite	486	489	475	574
	Divinópolis	369	378	362	406
Oliveira	254	286	268	326	
Caparão	637	638	628	756	
Viçosa	374	393	371	565	
P. de Caldas	1202	1200	1200	1284	

*Nessa tabela estão apenas os valores de NHF referentes as estações meteorológicas que apresentaram limiar superior a 300 hf, obtido para o período presente (1983-2012).

Os desempenhos dos três MCGs, fornecidos pelas estatísticas r , bias e RQME foram semelhantes entre si quando comparados com os valores de NHF estimados para as estações meteorológicas convencionais. Os valores de r para o NHF entre a simulação (*historical*) e NHF estimados para as estações meteorológicas foram elevadas ($r > 0,90$), indicando alta associação entre as estimativas. Nos três modelos (MIROC5, MRI-CGM3 e IPSL-CMSA-LR) e nas três T_b (7°C, 9,5°C e 13°C), o Bias indicou subestimativa do NHF, assim como um elevado RQME (Tabela 6).

Tabela 6. Estatísticas para avaliação do desempenho referente a comparação entre o NHF estimado para cada modelo, pelo método proposto por Angelocci et al., (1979) para a simulação *historical* (1971-2000) e para o período presente (1983-2012), baseado nos dados das estações meteorológicas convencionais, considerando as temperaturas base de 7°C, 9,5°C e 13°C.

Temperatura Base	Estatística	MIROC5	IPSL-CM5A-LR	MRI-CGM3
Tb de 7°C	r	0,9536 (3)	0,9885 (1)	0,9875 (2)
	Bias	-0,6998 (3)	-0,4311 (1)	-0,5212 (2)
	RQME	53,0158 (3)	37,4680 (1)	43,5960 (2)
Vp		9	3	6
Tb de 9,5°C	r	0,9748 (3)	0,9900 (1)	0,9854 (2)
	Bias	-0,4951 (3)	-0,3185 (1)	-0,3677 (2)
	RQME	83,2781 (3)	63,8330 (1)	71,2019 (2)
Vp		9	3	6
Tb de 13°C	r	0,9860 (1)	0,9842 (2)	0,9507 (3)
	Bias	-0,2342 (2)	-0,1590 (1)	-0,2451 (3)
	RQME	117,1942 (2)	101,8697 (1)	157,3608 (3)
Vp		5	4	9

* r – correlação, quanto mais próximo de 1 (positivo ou negativo) maior é a associação ; Bias – tendência, quanto mais próximo de 0 menor é a tendência do modelo; RQME – raiz do quadrado médio do erro, representa o erro médio. Os valores entre parêntese, abaixo de cada estatística, são atribuídos para o valor ponderado dos escores estatísticos (Vp). O valor 1 é atribuído ao melhor modelo em cada estatística, enquanto o valor 3 é atribuído ao pior modelo (MARTINS et al., 2014). A menor soma global de Vp indica o melhor modelo.

Considerando o período *historical*, observa-se que os três modelos estimaram pior o NHF para a $T_b=7^\circ\text{C}$ e estimaram melhor o NHF para a $T_b=13^\circ\text{C}$ (Tabela 6). Dentre os MCGs aquele que obteve a melhor estimativa do NHF foi o IPSL-CM5A-LR. Entretanto, optou-se por

utilizar a média aritmética do NHF obtido pelos três MCGs, mesmo com a diferença observada entre eles para a simulação do período *historical*, uma vez que, segundo a literatura, a média de um conjunto de modelos possui desempenho superior a qualquer modelo individual referente as projeções.

Considerando as projeções futuras (Figura 3 e anexos 2, 3 e 4) verifica-se que existe uma tendência de diminuição do NHF, nos três modelos, de PR1 à PR3, o que é fidedigno, considerando que todos os modelos projetam aumento da temperatura média global de 1,1 °C a 6,4 °C em vários locais do planeta para o fim do século XXI (FAGUNDES et al., 2010; GARCÍA-MOZO et al., 2010), inclusive em Minas Gerais (IPCC, 2013).

No entanto, analisando separadamente o NHF entre os cenários forçantes verifica que houve um aumento do NHF, nos três MCGs, para o RCP 8.5 na PR1, e para o MIROC5 e MRI-CGM3 na PR2, comparado ao RCP 2.6 e 4.5, o que é contrário ao esperado (Figura 3). Espera-se que haja menor acúmulo de frio para o cenário de maior forçante (RCP 8.5) em comparação ao cenário RCP 2.6, considerado o mais otimista, o que é incoerente, principalmente nos primeiros 30 anos de simulação (PR1). Essa incoerência que os modelos apresentaram de não conseguir estimar razoavelmente o NHF, principalmente para o PR1, deve-se a superestimativa dos dados de saída de temperatura do ar (21h, temperatura máxima e mínima) dos MCGs utilizados na estimativa do NHF (Figura 1).

Essa inconsistência deverá ser analisada mais profundamente para avaliar-se quais as possíveis causas que induziram uma simulação errônea do NHF nesse período. Uma das causas possíveis pode ser uma indução do modelo nesse cenário a superestimar mais essa variável no clima futuro, dado a trajetória das emissões delineada. No entanto, como mencionado anteriormente, essa incoerência é longe de ser trivial, e irá requerer uma análise futura mais aprofundada.

Alguns trabalhos como o de Torres et al., (2012), Torres et al., (2013) e Nobre et al., (2007) indicam que a América do Sul e conseqüentemente o Brasil sofrerá com o aumento da temperatura global. Esse aumento da temperatura do ar irá impactar diretamente no acúmulo do NHF. Esse parâmetro é influenciado principalmente pela ocorrência de baixas temperaturas durante o inverno, ou seja, o aumento da temperatura do ar indicará, conseqüentemente, uma diminuição do NHF durante o próximo século (Figura 3).

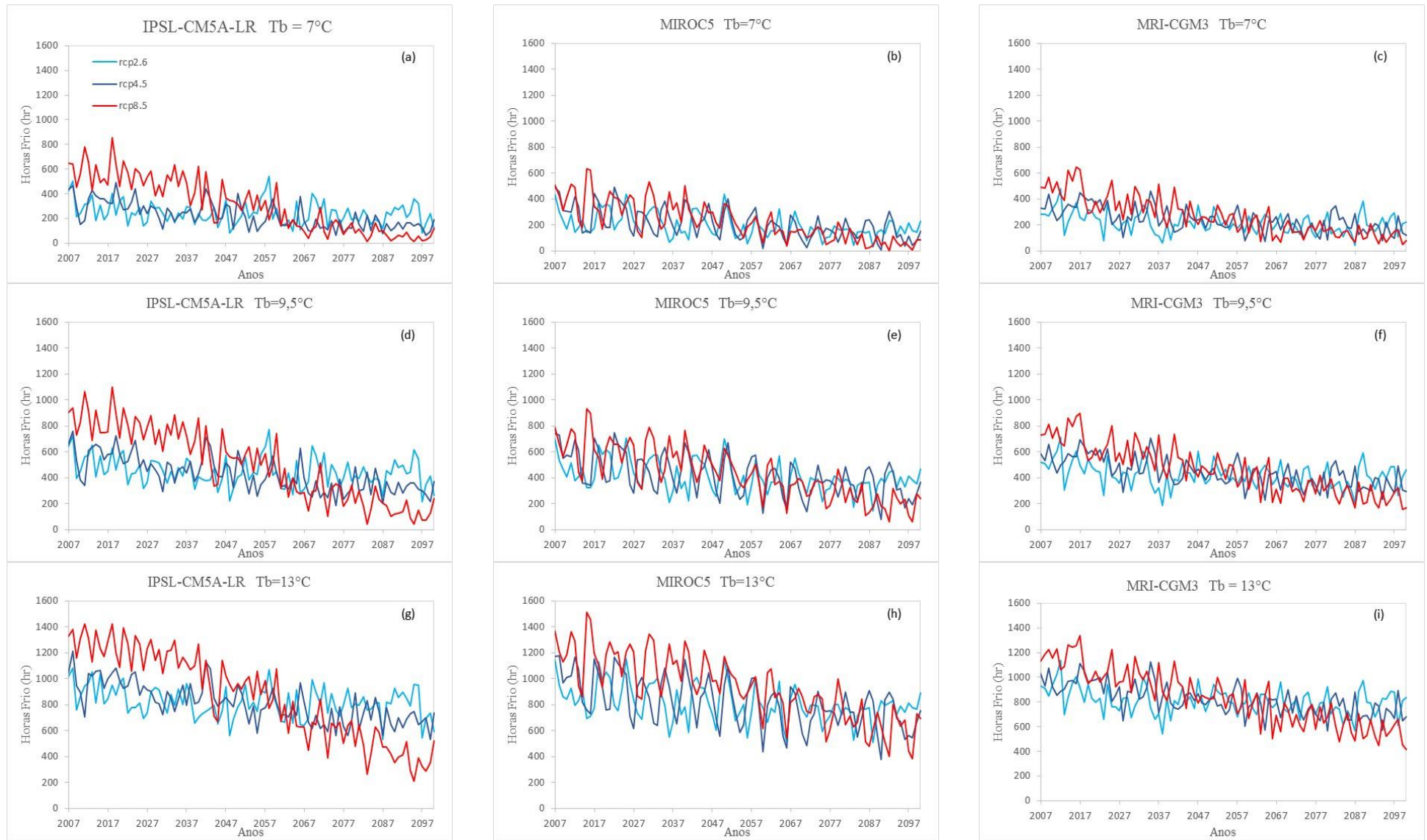


Figura 3 - Série temporal do número de horas frio para todas as estações que foram classificadas aptas no PE, e os três cenários de forçantes radiativas (RCP 2.6 – azul claro; RCP 4.5 - azul escuro e RCP 8.5 – vermelho) para a temperatura base de 7°C, 9,5°C e 13°C.

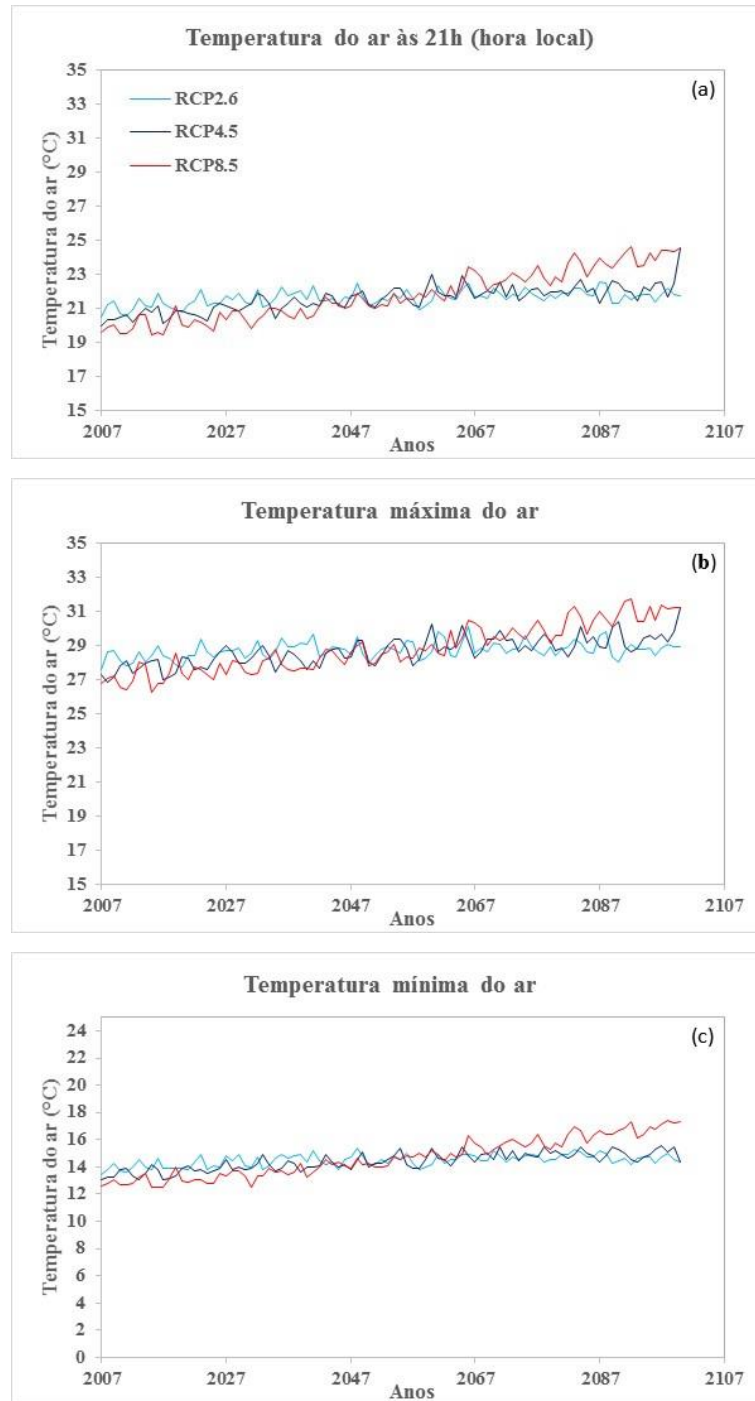


Figura 4. Série histórica da projeção das temperaturas da 21h (hora local), máxima e mínima baseado na média dos dados de saída provenientes dos MCGs.

4.4. Zoneamento climático baseado no Número de Horas Frio e projeções de mudanças climáticas

Minas Gerais e grande parte do Brasil apresentam-se vulneráveis às mudanças climáticas projetadas para ocorrerem no século XXI. De maneira geral, os modelos climáticos projetam para o final do século um aumento de temperatura para todo o estado, podendo chegar até 5°C no Norte de Minas (IPCC, 2013). Além disso, apresentam tendências bastante heterogêneas nos padrões de possíveis mudanças na precipitação, com reduções de chuvas nas regiões norte de Minas Gerais e um aumento de precipitação na parte central e no sul do estado. Além disso, observa-se que para Minas Gerais haverá um aumento dos extremos de temperatura, aumentando a amplitude térmica. Esse aumento influenciará diretamente o NHF.

Pelo zoneamento de aptidão climática baseado no NHF e considerando uma $T_b = 7^\circ\text{C}$, no PE (Figura 5a e Tabela 7), percebe-se que dos 586.528 Km² de área total de Minas Gerais, apenas 0,74% (4.340 km²) serão aptas ao cultivo de cultivares de oliveira mais exigentes em frio, e concentradas apenas na região sul, sendo a região que apresenta as maiores altitudes e consequentemente as menores temperaturas do ar. As áreas consideradas inaptas ao cultivo ficam concentradas no restante do estado, representando 99,26% da área total (582.187 Km²). Nesses locais, a falta de acúmulo de frio (<300 hf) inviabiliza o cultivo de cultivares de oliveira mais exigentes em frio. Considerando a $T_b = 9,5^\circ\text{C}$ (MARTINS et al., 2012; SOUZA e MARTINS, 2014) quase toda a região sul do estado foi caracterizada como apta para o cultivo da oliveira (Figura 5b). Já com relação a $T_b = 13^\circ\text{C}$, valor usado para cultivares menos exigente em frio, há um aumento da área apta para 39,3% do total do estado (aproximadamente 230.505 Km²), abrangendo as regiões mineiras: Sul, Sudeste, Oeste, Campos das Vertentes, Metropolitana, Zona da Mata e parte das regiões Central e vale do Jequitinhonha, que acompanham as regiões mais altas do estado (Figura 1).

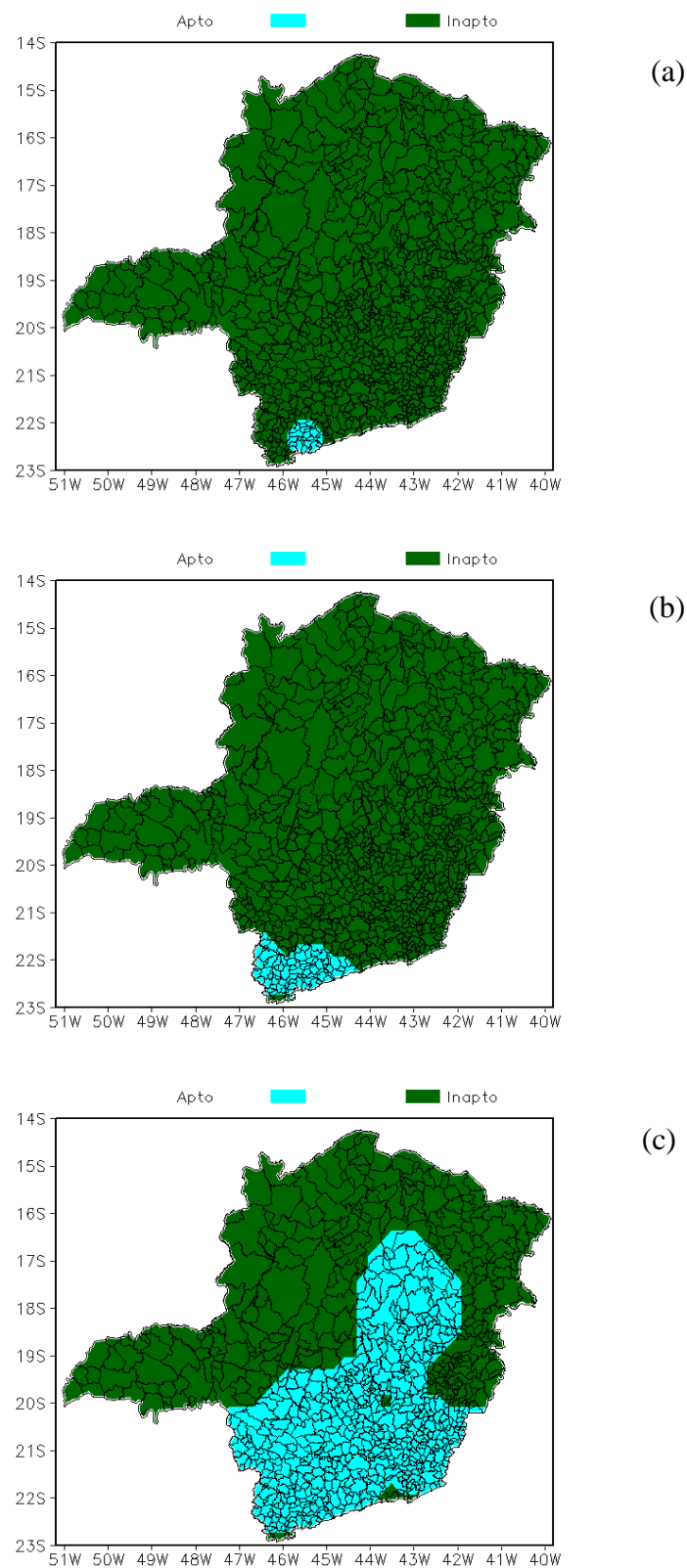


Figura 5. Zoneamento de aptidão climática para a cultura da oliveira em Minas Gerais considerando o período presente (período médio de 1983-2012) baseado no número de horas frio para $T_b=7^{\circ}\text{C}$ (a), $T_b=9,5^{\circ}\text{C}$ (b) e $T_b=13^{\circ}\text{C}$ (c).

Irão ocorrer modificações no zoneamento de aptidão climática da oliveira, pelas projeções de mudanças de temperatura do ar (Figuras 3 e 4). De maneira geral, projeta-se um aumento crescente e gradual de temperatura do ar, principalmente a temperatura máxima e mínima (PR3) (Figura 4). Esse aumento de temperatura reduzirá o NHF, além originar outros prejuízos para a oliveira. Temperaturas elevadas, principalmente no início do período de florescimento, que ocorre desde meados de agosto ao final de setembro (OLIVEIRA et al., 2012; STEDUTO et al., 2012) são prejudiciais pois causam o abortamento floral que por sua vez reduz drasticamente a produção (GARCÍA-MOZO et al., 2010).

Pelas Figuras 6,7 e 8 é possível notar uma redução na área apta e um deslocamento da área apta para o sul do estado. Considerando a $T_b=7^{\circ}\text{C}$ (Figura 6) tem-se uma provável inconsistência no NHF simulado para o cenário forçante mais otimista (RCP 2.6) (Figura 6a), pois não há região apta em PR1, PR2 e PR3 e, há região apta para o cenário forçante mais pessimista (RCP 8.5) na PR1 (Figura 6g).

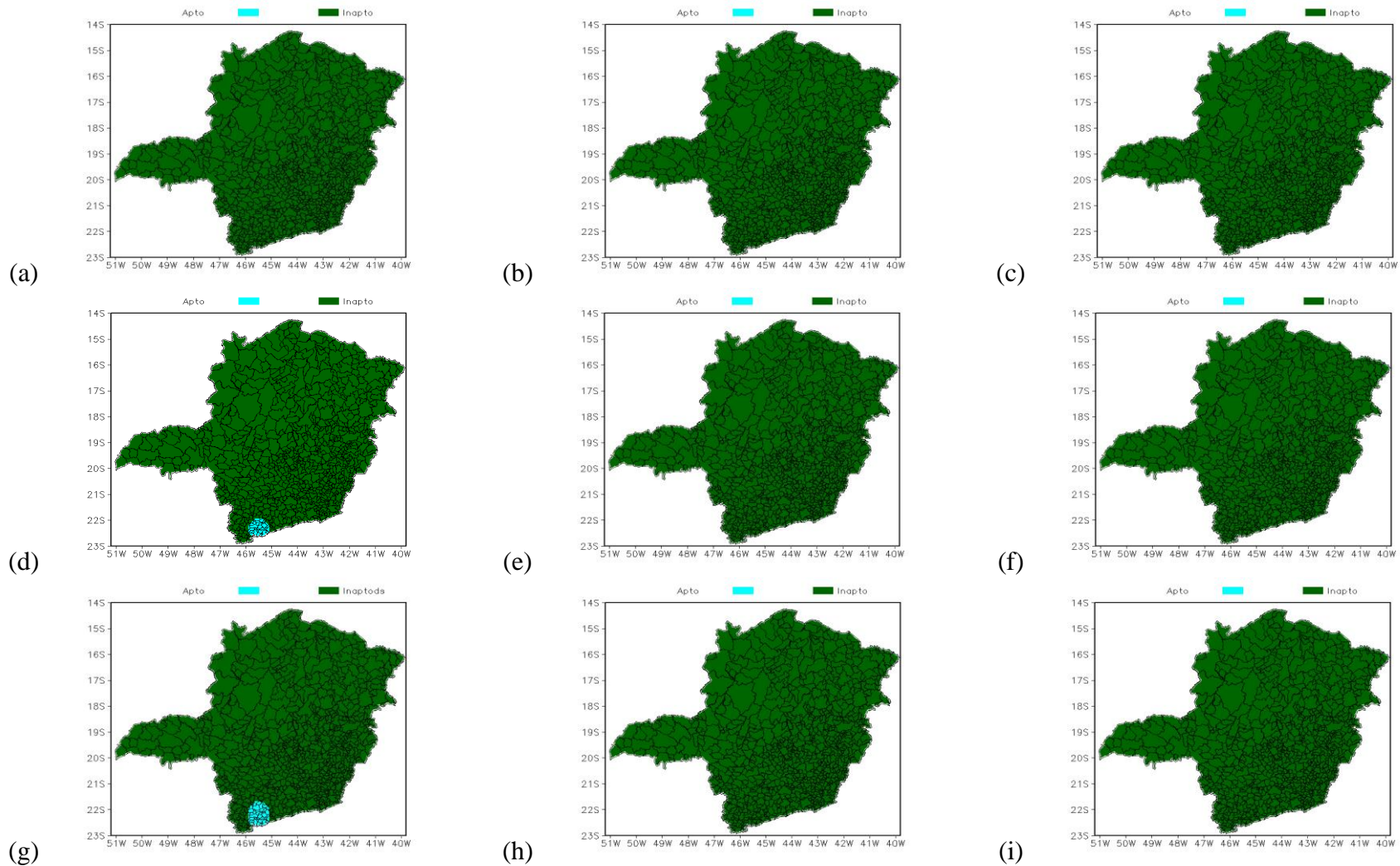


Figura 6. Zoneamento de aptidão climática para a oliveira considerando a T_b de 7°C no estado de Minas Gerais. a) Forçante RCP 2.6 para o período PR1, b) forçante RCP 2.6 para o período PR2, c) forçante RCP 2.6 para o período PR3, d) forçante RCP 4.5 para o período PR1, e) forçante RCP 4.5 para o período PR2, f) forçante RCP 4.5 para o período PR3, g) forçante RCP 8.5 para o período PR1, h) forçante RCP 8.5 para o período PR2, i) forçante RCP 8.5 para o período PR3.

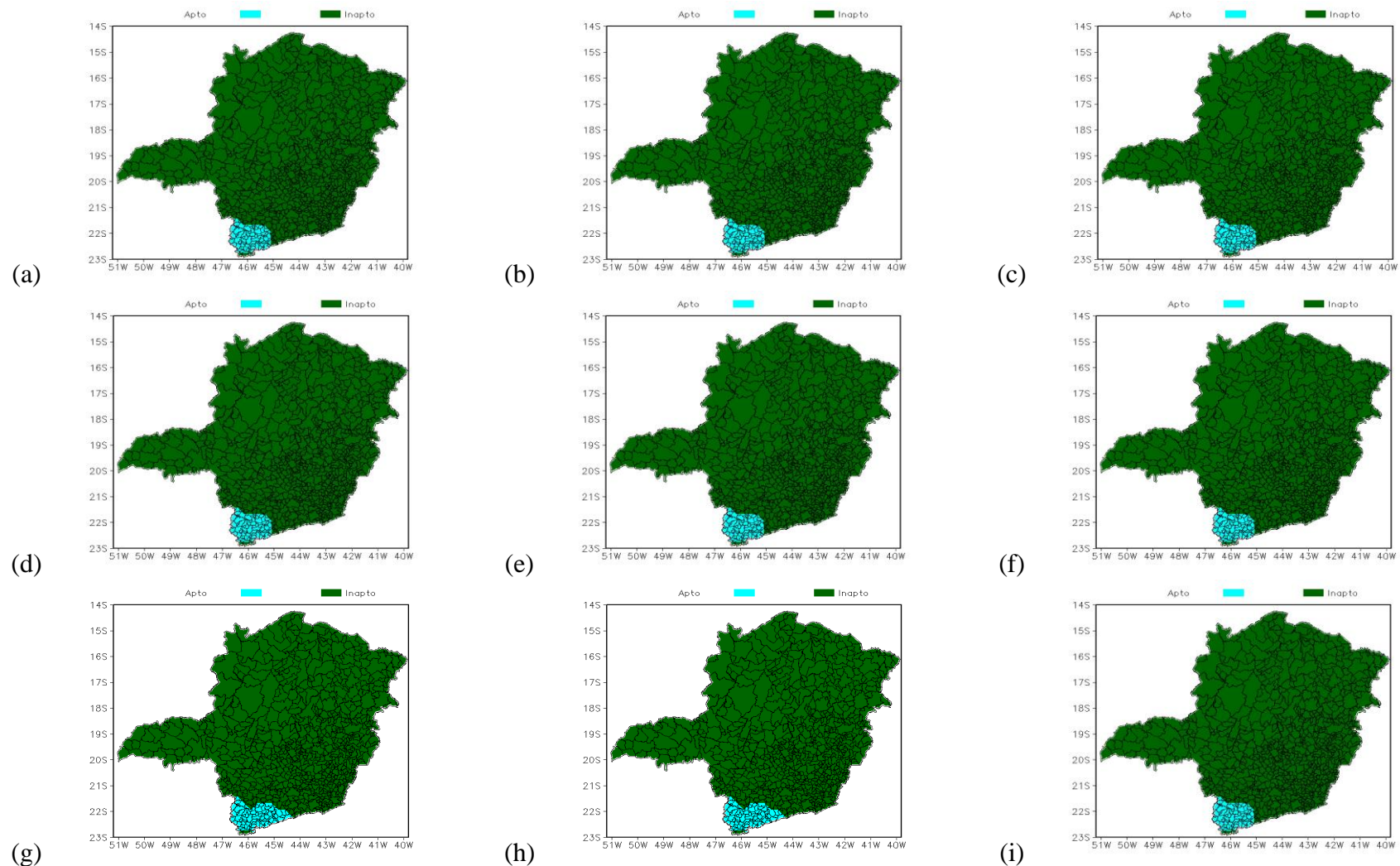


Figura 7. Zoneamento de aptidão climática para a oliveira considerando a T_b de $9,5^{\circ}\text{C}$ no estado de Minas Gerais. a) Forçante RCP 2.6 para o período PR1, b) forçante RCP 2.6 para o período PR2, c) forçante RCP 2.6 para o período PR3, d) forçante RCP 4.5 para o período PR1, e) forçante RCP 4.5 para o período PR2, f) forçante RCP 4.5 para o período PR3, g) forçante RCP 8.5 para o período PR1, h) forçante RCP 8.5 para o período PR2, i) forçante RCP 8.5 para o período PR3.

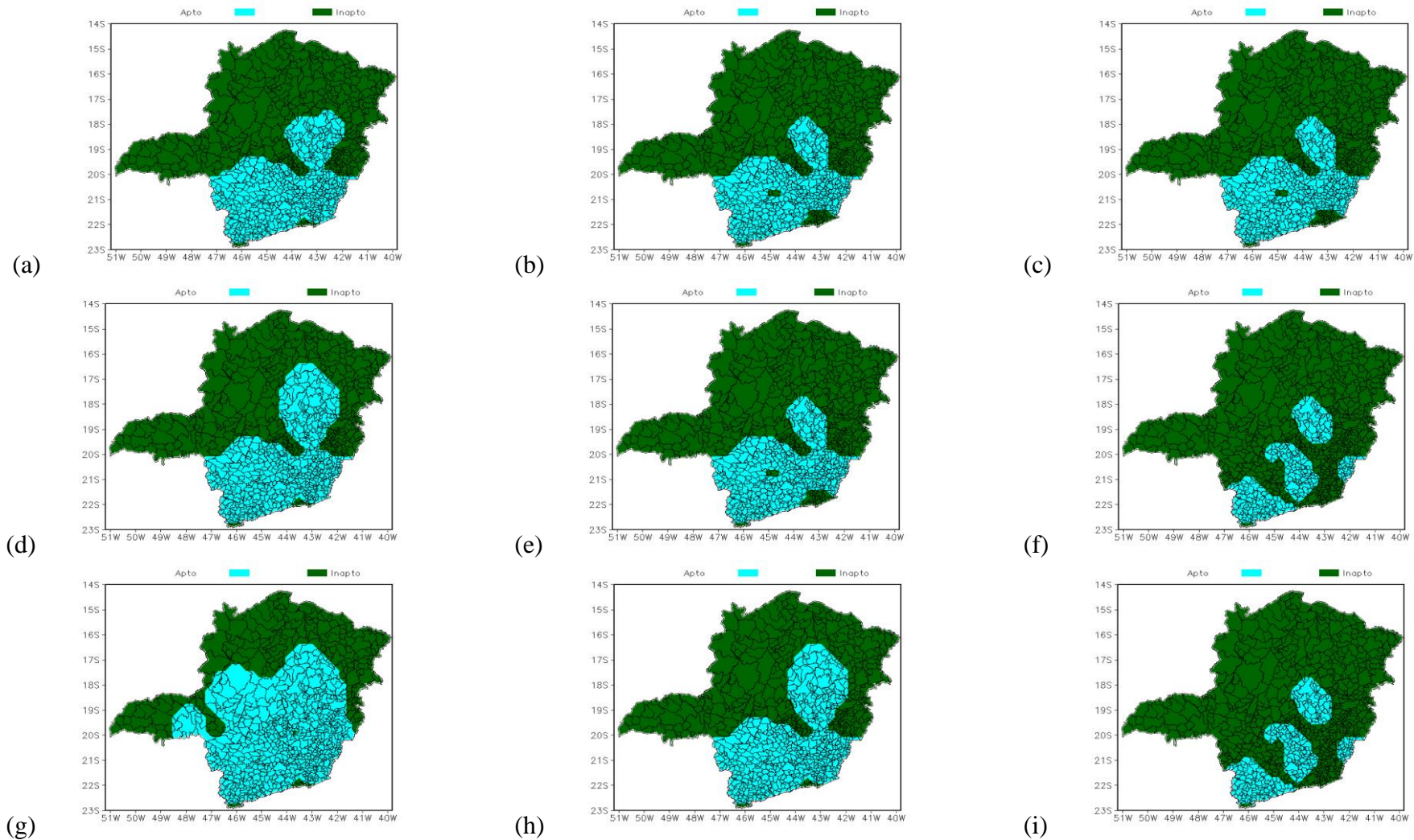


Figura 8. Zoneamento de aptidão climática para a oliveira considerando a T_b de 13°C no estado de Minas Gerais. a) Forçante RCP 2.6 para o período PR1, b) forçante RCP 2.6 para o período PR2, c) forçante RCP 2.6 para o período PR3, d) forçante RCP 4.5 para o período PR1, e) forçante RCP 4.5 para o período PR2, f) forçante RCP 4.5 para o período PR3, g) forçante RCP 8.5 para o período PR1, h) forçante RCP 8.5 para o período PR2, i) forçante RCP 8.5 para o período PR3.

Analisando separadamente as forçantes (Tabela 7), para a $T_b=7^\circ\text{C}$ verifica-se que para RCP 2.6 não há área apta ao cultivo de oliveira com cultivares mais exigentes em frio para Minas Gerais em nenhuma projeção (PR1, PR2 e PR3). Ainda considerando a PR1, verifica-se um aumento da área apta para a $T_b=9,5^\circ\text{C}$, quando comparada a $T_b=7^\circ\text{C}$, em relação a RCP 2.6 (2,7%), rcp 4.5 (3,1%) e rcp 8.5 (3,2%). Nas projeções futuras, tanto para PR2 quanto para a PR3, o aumento de temperatura do ar próximo a $1,5^\circ\text{C}$ (Figura 4), prevista para os próximos 60 anos, começam a ser impactantes, interferindo em um menor acúmulo de frio invernal, redução do NHF e por conseguinte uma diminuição considerável da área apta para todos os cenários, sendo maior para a rcp 8.5 na PR3 considerando a $T_b=13^\circ\text{C}$.

De forma geral, verifica-se que o aumento de inaptidão ao cultivo de oliveira é mais catastrófico para a $T_b=7^\circ\text{C}$, do que a $T_b=9,5^\circ\text{C}$ e 13°C , nas projeções futuras.

Tabela 7 - Proporção de áreas aptas e inaptas ao cultivo de oliveira para o período presente e para os três períodos de projeções considerando a temperatura base de 7°C , $9,5^\circ\text{C}$ e 13°C .

Projeções	RCPs	$T_b=7^\circ\text{C}$		$T_b=9,5^\circ\text{C}$		$T_b=13^\circ\text{C}$	
		Área apta	Área inapta	Área apta	Área inapta	Área apta	Área inapta
PE	-	0,7%	99,3%	3,1%	96,9%	39,3%	60,7%
PR1	RCP 2.6	0%	100%	2,7%	97,3%	32,6%	67,4%
	RCP 4.5	0,7%	99,3%	2,7%	96,9%	33,3%	66,7%
	RCP 8.5	1,2%	98,8%	3,1%	96,8%	56,6%	43,4%
PR2	RCP 2.6	0%	100%	2,7%	97,3%	28,2%	71,8%
	RCP 4.5	0%	100%	2,7%	97,3%	28,1%	71,9%
	RCP 8.5	0%	100%	3,1%	97,3%	33,3%	66,7%
PR3	RCP 2.6	0%	100%	2,7%	97,3%	28,2%	71,8%
	RCP 4.5	0%	100%	2,7%	97,3%	15,2%	84,8%
	RCP 8.5	0%	100%	2,7%	98,8%	15,2%	84,8%

Modificações nos padrões de temperatura do ar e precipitação poderão alterar significativamente o padrão fenológico e fisiológico das plantas, inclusive a oliveira (MORIONDO et al., 2015). Certamente, o aumento de temperatura irá reduzir o NHF, e a insuficiência de frio poderá causar diversas anomalias fisiológicas e fenológicas (HELDWEIN et al., 1989), os quais serão responsáveis pela redução do desenvolvimento, crescimento,

produtividade e da qualidade da produção (GARCÍA-MOZO et al., 2010; MORIONDO et al., 2015).

Em nível fisiológico, os processos afetados pela insuficiência de frio são: redução da permeabilidade das membranas celulares, menor translocação de solutos para as células, solubilização do amido, nitrogênio e substâncias graxas, proporcionando menor disponibilidade de ácidos graxos, açúcares e nitrogênio solúveis, os quais são essenciais para a brotação, altera a síntese de giberelina, altera o balanço hormonal e conseqüentemente a taxa de respiração (HELDWEIN et al., 1989; ALVARENGA et al., 2004), os quais associados, acabam influenciando a fenologia das plantas. A redução da permeabilidade das membranas associada a menor translocação de solutos, acaba por reduzir a entrada de água na célula, originando contração celular e afrouxamento das paredes celulares (TAIZ e ZEIGER, 2010). Esse decréscimo de volume celular resulta em menor pressão de turgor o que afeta a expansão celular, assim como todas as atividades dependentes do conteúdo de água nas células (SHAO et al., 2009), como: expansão foliar, crescimento dos ramos, tronco e tamanho dos frutos.

As principais alterações fenológicas que poderão ocorrer com a insuficiência de frio são: alterações no desenvolvimento vegetativo (taxa de emissão e abertura de folhas) e reprodutivo (inflorescência, florescimento, frutificação e maturação), alteração do tempo de florescimento, queda das gemas e prolongamento da duração dos estágios fenológicos (BURIOL et al., 2000; ALVARENGA et al., 2004; GARCÍA-MOZO et al., 2010; OTEROS et al., 2013; TANASIJEVIC et al., 2014). Alterações na taxa de emissão e abertura de folhas poderão reduzir a área de interceptação da radiação solar e afetar negativamente a fotossíntese. No entanto, as alterações mais significativas são com relação ao desenvolvimento reprodutivo. Nesse sentido, projetam-se atrasos na floração, floração mais prolongada e desuniformes, redução do número de inflorescência por ramo, aumento na produção de flores imperfeitas (HELDWEIN et al., 1989; GARCÍA –MOZO et al., 2010) e em casos mais graves abortamento floral (ORGAZ e FERERES, 1999; AYERZA e SIBBETT, 2001; ORLANDI et al., 2004). Todos esses fatores aliados são os responsáveis pela menor produção de biomassa, redução da produtividade e da qualidade da produção (SOLTANI e SINCLAIR, 2012; MORIONDO et al., 2015), além de afetar a longevidade da planta.

García-Mozo et al., (2010) avaliaram as tendências fenológicas no sul da Espanha em resposta as mudanças climáticas e verificaram que o aumento da temperatura do ar, além de reduzir o NHF, também prejudica polinização, encurta a duração da fase de florescimento e frutificação (TANASIJEVIC et al., 2014) e aumenta a respiração do tecido celular (TAIZ e ZEIGER, 2010), principalmente em plantas de metabolismo C₃ como a oliveira, levando a

menor produtividade. Altas temperaturas do ar (acima da temperatura ótima, ex: 14,7°C e 16,1°C (LISBOA et al., 2012) também resultam na redução da taxa fotossintética, possivelmente, devido à redução da eficiência do fotossistema II (aparato fotossintético), ao aumento na respiração de manutenção e à redução da área foliar. Além disso, alterações nas fases de desenvolvimento da oliveira, poderá ter impacto no manejo da cultura com atraso do florescimento e maturação, atrasando a colheita, e provável ocorrência de eventos meteorológicos adversos durante essas fases. Por esses motivos, as projeções dos modelos do CMIP5 irão afetar o cultivo de oliveira, reduzindo substancialmente a área apta ao seu cultivo em Minas Gerais, em cultivares muito ou pouco exigentes em frio. Para evitar prejuízos ainda maiores, será necessário introduzir novas cultivares ou variedades menos exigentes em frio.

5. CONCLUSÃO

Os modelos de circulação geral conseguiram simular razoavelmente as temperaturas diárias do ar (mínima, máxima e das 21h, hora local) em comparação aos dados observados nas estações meteorológicas convencionais, principalmente para a temperatura máxima do ar. A temperatura das 21h (hora local) foi superestimada em todos os MCGs. Os modelos MRI-CGM3 e o IPSL-CM5A-LR se aproximaram mais dos valores obtidos nas estações meteorológicas convencionais, enquanto o modelo MIROC5 sempre superestimou os valores.

Pelo zoneamento climático baseado no número de horas frio para a cultura da oliveira em Minas Gerais detecta-se, para o clima presente (período médio de 1983-2012), a maior área apta ao plantio de oliveira para cultivares menos exigentes em frio. Considerando a $T_b=7^{\circ}\text{C}$, cerca de 0,7% do estado são áreas aptas e 99,3% são áreas inaptas; considerando a $T_b=9,5^{\circ}\text{C}$, 3,1% são aptas e 96,9% são inaptas, e considerando $T_b=13^{\circ}\text{C}$, 39,3% são aptas e 60,7% são inaptas. E com as mudanças climáticas será reduzido grande parte da área apta, além de haver um deslocamento das áreas inaptas para o sul do estado.

O modelo IPSL-CM5A-LR foi o que melhor simulou os parâmetros de temperatura do ar, e conseqüentemente obteve a melhor estimativa de NHF.

O período futuro PR1 (2011-2040) não foi bem caracterizado pelos MCGs, uma vez que o cenário mais pessimista (RCP8.5) mostram maior acúmulo de NHF em relação ao cenário mais otimista (RCP 2.6).

Para o final do século (2071-2100) no pior cenário de alterações climáticas todo o estado de Minas Gerais seria inapto ao cultivo de oliveira ($T_b=7^{\circ}\text{C}$) ou praticamente inapto ($T_b=9,5^{\circ}\text{C}$) sendo seu cultivo viável apenas no extremo sul do estado. Considerando as cultivares menos exigentes em frio ($T_b=13^{\circ}\text{C}$), a área apta diminuiria de 39,3% para apenas 15,2% (aproximadamente 89.152km²) da área total do estado, e a área inapta aumentaria de 60,7% para 84,8% (aproximadamente 497.375 km²) do estado de Minas Gerais.

6. REFERÊNCIAS

- ALCALÁ, A.R.; BARRANCO, D. Prediction of flowering time in olive for the Cordoba Olive Collection. **HortScience**, v.27, n.11, p.1205-1207, 1992.
- ALVARENGA, A.A.; ABRAHÃO, E.; RAMOS, J.D.; CHALFUN, N.N.J. Levantamento Climático das Quantidades de Unidades de Frio na região de Lavras MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.6,p.1344-1347,2002.
- ALVES, L.M., 2007: Simulações da variabilidade do clima presente sobre a América do Sul utilizando um modelo climático regional. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, São José dos Campos, 92 pp.
- ALVES, L.M. E J. MARENGO, 2010: Assessment of regional seasonal predictability using the PRECIS regional climate modeling system over South America. *Theor. Appl. Climatol.*, 100, 337–350,doi:10.1007/ s00704-009-0165-2.
- ANGELOCCI, L.R.; DE CAMARGO, M.B.P.; PEDRO JR, M.J.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R.Estimativa do total de horas abaixo de uma determinada temperatura - base através de medidas diárias da temperatura do ar. **Bragantia**, v.38,n. 4, p.27-38, 1979.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A M.H., Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004
- ASSAD, E.D.; MARTINS, S. C.; BELTRÃO, N.E.M.; PINTO, H.S. Impacts of climate change on the agricultural zoning of climate risk for cotton cultivation in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.1, p1-8,2013.
- ÁVILA, L.F.; MELLO, C.R.de; YANAGI, S.N.M.; SACRAMENTO NETO, O.B. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.49, n.4, p.247-256, 2014.
- AYERZA, R.; SIBBETT, G.S. Thermal adaptability of olive (*Olea europaea* L.) to the Arid Chaco of Argentina. **Agricultural, ecosystems and Environment**, v.84, n.3, p.277-285, 2001.
- BARNES, S.L. **Análise objetiva de Mesoescala utilizando ponderadores de séries temporais observadas**. NOAA Tech. Memo. ERL NSSL-62, Laboratório Nacional de tempestades severas, Norman, OK, 60 pp, 1973.
- BARKER, T.; e Co-autores. IPCC, Painel Intergovernamental sobre Mudança Do Clima. Mudança do Clima 2007: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade - Contribuição do Grupo de Trabalho III ao Quarto Relatório de Avaliação do IPCC- Sumário para os Formuladores de Políticas, Tradução: Anexandra de Ávila Ribeiro. 2007.
- BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B.; SCHNEIDER, F.M.; ESTEFANEL, V.; DE OLIVEIRA, H.T. DIDONE, M.A. Disponibilidade de Horas de Frio na região central do Rio Grande do Sul: 2 – Distribuição Geográfica, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.5, p.755-759,2000.
- CARDOSO, M. C.; JUSTINO, F. Simulação dos componentes da evapotranspiração sob condições climáticas atuais e de cenários climáticos futuros de aquecimento global com o uso de modelos de clima-vegetação. **Revista Brasileiras de Meteorologia**, v.29, n.1,85-95,2014.
- CEPEA – **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**. PIB Agro Minas Gerais. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/pibmg/>. Acesso em: 04 jun. 2015.

- CHANDLER, W.H.; KIMBALL, M.H.; TUFT, G.L.P. e WELDON, P. Chilling requirements for opening of buds on deciduous orchard trees and some plants in California. Berkeley, Calif. **Agricultural Experiment Station**, 1937. P.63.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - Conab. **Balança do agronegócio: Indicadores do Agronegócio**. Brasília, DF; 2013
- COUTINHO, E.F.; RIBEIRO, F.C.; CAPPELLARO, T.H. (Org.) **Cultivo de oliveira (*Olea europaea* L.)**. Pelotas: EMBRAPA clima temperado, 2009. 125 p. (Sistema de produção, 16)
- COWART, P.P. e SAVAGE, E.F. Important factors affecting peach and tree longevity in Georgia. **American Phytopathological Society**. 1941.
- CRESSIE, N. Spatial prediction and ordinary kriging. **Mathematical Geology**, v. 20, n.4, p. 405-421, 1988
- CRUZ, A.C.; TEIXEIRA, E.C.; GOMES, M.F.M. O PIB do agronegócio no estado de Minas Gerais: uma análise insumo-produto. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, SP, v.47.n.4. p.805-830. 2009.
- DENNEY, J.O; McEACHERN, G.R; GRIFFITHS, J.F. Modeling the thermal adaptability of olive (*Olea europaea* L.) in Texas. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.35, n.1-4, p.309-327, 1985.
- ESPARTA, A.R.J.; MOREIRA, J.R. Principais Conclusões do Terceiro Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. **In: IX Congresso Brasileiro de Energia**, Rio de Janeiro, 2002.
- FAGUNDES, J.D; STRECK, N.A; STORCK, L; REINIGER, L.R.S; Temperatura-base e Soma Térmica de subperíodos do desenvolvimento de *Aspilia* Montevidenses. **Bragantina**, Campinas, v.69, n.2, p.499-507, 2010.
- FEAM, 2014 : Fundação Estadual do Meio Ambiente. Estratégia de Adaptação Regional às Mudanças Climáticas para Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.feam.br/mudancas-climaticas>> acesso em: 04 jun. 2015.
- FEAM. Fundação estadual do Meio Ambiente. Avaliação de impactos de mudanças climáticas sobre a economia mineira. Belo Horizonte, 2011. 45p. (Relatório Resumo)
- GABRIEL, L.G.; STRECK, N.A.; UHLMANN, L.O. Mudança Climática e seus efeitos na cultura da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, p.90-98, 2014.
- GÁLÁN, C.; GARCÍA-MOZO, H.; CARIÑANOS, P.; ALCÁZAR, P.; DOMÍNGUEZ-VILCHES, E., The role of temperature in the onset of the *Olea europaea* L. pollen season in southwestern Spain, **International Journal of Biometeorology**, v.45, p.8-12, 2001.
- GARCÍA-MOZO, H.; MESTRE, A. GALÁN, C. Phenological trends in southern Spain: A response to climate change. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.150, p. 575–580, 2010.
- GOULAS, V.; EXARCHOU, V.; TROGANIS, A.N.; PSOMIADOU, E.; BRIASOULIS, E.; GEROTHANASSIS, I.P. Phytochemicals in olive-leaf extracts and their antiproliferative activity against cancer and endothelial cells. **Molecular Nutritional & Food Research**, v.53, n.5, p.600-608. 2009.
- HANSEN, J., M. SATO, R. RUEDY, K. LO, D.W. LEA, MEDINA-ELIZADE, M., Global temperature change, **Proceeding of the National Academy of Sciences**, v.103, p.14288-14293, 2006.

HELDWEIN, A.B.; ANGELOCCI, L.R.; ESTEFANEL, V.; SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A. Avaliação de modelos de estimativa de horas de frio para Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 19, n.1/2, p.45-92, 1989.

HELDWEIN, A.B.; SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; PRESTES, D., Disponibilidade de horas de frio na região central do Rio Grande do Sul: 1 – Ocorrência de valores acumulados para diferentes níveis de probabilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.5, p.747-754, 2000.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Área Territorial Oficial. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>. Acesso em: 4 jun 2015.

INMET: **Instituto Nacional de Meteorologia** Online: Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 10 dez. 2013.

IOC. **International Olive Council**. Online. Disponível em: <<http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/135-imports-by-selectedmarkets>>.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change - Summary for Policymaker**. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. Organization History. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/organization/organization_history.shtml>. Acesso em 4: jun 2015.

IPCC., 2007: **Intergovernmental Panel on Climate Change**. In: **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report (AR4) of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2007; [Parry, M.L. et al. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013, 900p.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change - Summary for Policymaker**. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G. K.; Tignor, M.; Allen, S. K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; Midgley, P.M. (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change 2001: **The Scientific Basis-Contribution of Working Group 1 to the IPCC Third Assessment Report**. Cambridge Univ. Press. 2001.

KOCH, S.E.; DESEJARDINS, M., KOCIN, P.J. Interactivo objetivo Barnes esquema de análise de mapas para uso com dados de satélites e convencional. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v.22, p.1487-1503, 1983.

KOUMROUYAN, A.; BEZERRA, D.S.; DOMINGUES, I.L.P.; CASAGRANDE, L.; VIEIRA, R.M.S.P. Projeções climáticas para o século XXI: IPCC AR4, IPCC AR5. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2010.

LEDESMA, N.R. Consequencias del frio invernal insuficiente en los arboles de follaje caduco. **Revista de la Facultad de Agronomía**. La Plata, p.181-196. 1950

- LENDERINK, G.; BUISSAND, A.; DEUSEN, W.V. Estimates of future discharges of the river Rhine using two scenario methodologies: direct versus delta approach. **Hydrology & Earth System Sciences**, 1145-1159, 2007.
- LEGGET, J. The Carbon War – Global Warming and the End of the Oil Era, **Penguin Books**, London, England, 1999.
- LEITE, H.G.; ANDRADE, V.C.L. de. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, v.26, n.3, p.321-328, 2002.
- LISBOA, P.M.M., MARTINS, F.B. ALVARENGA, I.M.N., REIS, D.F., VIEIRA NETO, J., Desenvolvimento vegetativo de duas cultivares de oliveira na fase de muda. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1556-1562, 2012
- LÜTHI, D., M. LE FLOCH, T.F. STOCKER, B. BEREITER, T. BLUNIER, J.-M. BARNOLA, U. SIEGENTHALER, D. RAYNAUD, AND J. JOUZEL. Unexpected low levels of CO₂ concentration between 650 and 750 kyr BP, **Nature**, 453, 379-382. 2008
- MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** Aquecimento Global e Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. Brasília: MAPA, 2012
- MARENGO, J.A., ALVES, L.M., VALVERDE, M.C., LABORBE, R., ROCHA, R.P. Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. **Ministério do Meio Ambiente (MMA); Secretaria de Biodiversidade e Florestas; Diretoria de Conservação da Biodiversidade. Relatório 5**, 2007.
- MARENGO, J.A.; SOARES, W. **Impacto das modificações da mudança climática – Síntese do Terceiro Relatório do IPCC**. Condições climáticas e recursos hídricos no Norte do Brasil. Capítulo 6 in Clima e Recursos Hídricos 9. Associação Brasileira de Recursos Hídricos/FBMC-ANA. Porto Alegre, Brasil, p.209-233. 2003
- MARTINS, F. B.; STRECK, N. A. Aparecimento de folhas em mudas de eucalipto estimado por dois modelos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1091-1100, 2007
- MARTINS, F.B.; REIS, D.F.; PINHEIRO, M.M.V. Temperatura base e Filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.11, p.1975-1981,2012.
- MARTINS, F.B.; PEREIRA, R.A.A.; PINHEIRO, V.M.; ABREU, M.C. Desenvolvimento foliar em duas cultivares de oliveira estimado por duas categorias de modelos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.29,n.4, p.505-514,2014.
- MEEHL, G.A.; Bony, Introdução à S. CMIP5. **Trocas CLIVAR**,56,16,2011.
- MELO-ABREU, J.P.; BARRANCO, D.; CORDEIRO, A.M.; TOUS, J.; ROGADO, B.M.; VILALOBOS, F.J., Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time, **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.125, n.1-2,p.117-127, 2004.
- MORAES, N.O.; MARTON, E.; PIMENTEL, L.C.G. Análise do Desempenho dos Modelos MM5 e WRF na Simulação da Temperatura do Ar em Superfície na RMRJ. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v.37p.161-168,2014.
- MORIONDO, M.; FERRISE, R.; TROMBI, G.; BRILLI, L.; DIBARI, C.; BINDI. M. Modelling olive trees and grapevines in a changing climate. **Environmental Modelling & Software**, v.XX, p.1-15, 2015. (noprelo)

- MORIONDO, M.; ORLANDINI, S.; NUNTIIS, P.; MANDRIOLI, P. Effect of agrometeorological parameters on the phenology of pollen emission and production of olive trees (*Olea europaea*L.) **Aerobiologia**, Amsterdam, v. 7, p. 225-232, 2001.
- MOSS, R.H.; EDMONDS, J.A.; HIBBARD, B.A.; MANNING, M.R.; ROSE, S.K.; VURREN, D.P.V.; CARTER, T.R.; EMORI, S.; KAINUMA, M.; KRAM, T.; MEEHL, G.A.; MITCHELL, J.F.B.; NAKICENOVIC, N.; RIAHI, K.; SMITH, S.J.; STOUFFER, R.J.; THOMSON, A.M.; WEYANT, J.P.; WILBANKS, T.J., The next generation of scenarios for climate change research and assessment. **Nature**, v.463, p.747-756, 2010.
- NIGHTINGALE, G.T. e BLAKE, M. A. **Effects of temperature on the growth and composition of Stayman and Baldwin apple trees**. New Jersey Agricultural Experiment Station, 1934. (Bulletin,566).
- NOBRE, C.A.; LAPOLA, D.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L.F.; CARDOSO, M.; OYAMA, C. **Mudanças Climáticas e possíveis alterações nos Biomas da América do Sul**. Ministério do Meio Ambiente (MMA); Secretaria de Biodiversidade e Florestas; Diretoria de Conservação da Biodiversidade. Relatório 6, 2007.
- OLIVEIRA, M.C. de; RAMOS, J.D.; PIO, R.; CARDOSO, M.G.das. Características fenológicas e físicas e perfil de ácidos graxos em oliveiras no sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.1, p. 30-35, 2012
- ORGAZ, F. y FERERES. 1999. Riego. En: BARRANCO, D. **Cultivo del Olivo**. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, p. 267-288, 1999.
- ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals**. Geneva, 1989 . (WMO. Technical document, n. 341; WCDP, n. 10). Disponível em: < (<http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>)> Acesso em 29 jul. 2014.
- ORLANDI, F.; GARCIA-MOZO, H.; EZQUERRA, L.V.; ROMANO, B.; DOMINGUEZ, E.; GALAN, C.; FORNACIARI, M., Phenologicalolivechillingrequirements in Umbria (Italy) andAndalusia (Spain). **Plant Biosystems**, v. 138, n. 2, p. 111-116, 2004.
- OTEROS, J.; GARCÍA-MOZO, H.; VAZQUES, L.; DOMÍNGUEZ-VILCHES, E.; GALÁN, C. Modelling olive phenological response to weather and topography. **Agriculture, ecosystems and environment**. Amsterda, v. 179, p. 62-68, 2013.
- PANDOLFO, C.; MACHADO, L.N.; CAMARGO, C.C.; MASSIGNAM, A.M.; PINTO, E.P. Impacto das Mudanças Climáticas no total anual de Horas de Frio $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ no estado de Santa Catarina. XXI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. 2009, Belo Horizonte, MG. **Anais** Disponível em: <http://www.sbagro.org.br/anais_congresso_2009/cba2009/412.pdf>. Acesso em: 08nov. 2015.
- PBMC, PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Impactos, Vulnerabilidade e Adaptação**. relatório volume 2., 2013.
- PEDRO JUNIOR, M.J.; ORTOLONI, A.A.; RIGITANO, O.; ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; BRUNINI, O., Estimativa de horas de frio abaixo de 7°C e 13°C para regionalização da fruticultura de clima temperado no estado de São Paulo, **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 13, p.123-130, 1979.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- PEREIRA, R.A.A.; MARTINS,F.B.; DA SILVA,L.F.O. Comparação entre dois métodos tradicionais para estimar o Número de Horas Frio para Maria da Fé, Minas Gerais. In: XVIII

Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2014, Recife, **Anais** Disponível em: < <http://registro-cbmet2014.inteligenciaeventos.com.br/anais>>. Acesso em: 08nov. 2015.

PRELA-PANTANO, A.; TERAMOTO, J.R.S.; BERTONCINI, E.I. **Análises preliminares das condições climáticas do estado de São Paulo para o cultivo de oliveiras**. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_3/ClimaOliva/Index.htm>. Acesso em: 22

RASKIN, P.; e Co-autores. Global Scenarios in Historical Perspective. Cap. 2. In: *Ecosystems and Human Well-being: Scenarios*. 2005

RICHARDSON, E.; SEELEY, S. D. WALKER, D. R. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. **HortiScience**, Alexandria, v. 9, n. 4, p. 331-332, 1974.

ROZANTE, J.R.; MOREIRA, D.S.; de GONÇALVES, I.G.G.; VILA, D.A. Combining TRMM and surface observations of precipitation: technique and validation over South America. **Weather and Forecasting**, online, v.25, p.885-894, 2010.

SANZ-CORTÉS, F.; MARTINEZ-CALVO, J.; BADENES, M.L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; GLLACER; MEIER, U.; Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea* L.). **Annals of Applied Biology**, v.140, n.2, p.151-157, 2002.

SEDIYAMA, G. C.; JUNIOR, J.C.F.M. DOS SANTOS, A.R.; RIBEIROS, A.; COSTA, M.H.; HAMAKAWA, P.J.; DA COSTA, J.M.N.; COSTA, L.C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, p.501-509, 2001.

SHAO, H.; CHU, L.; JALEEL, C.A.; MANIVANNAN, P.; PENNEERSELVAM, R.; SHAO, M.A. Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants—biotechnologically and sustainably improving agriculture and the environment in arid regions of the globe. **Critical Reviews in Biotechnology**, Cleveland, v.29, n.2, p.131-151, 2009

SILLMANN, J.; KHARIN V.V.; ZHANG, X.; ZWIERS F.W.; BRONAUGH D. Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 1. Model evaluation in the present climate. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v.118, p.1716-1733, 2013.

SILVEIRA, C. S.; FILHO, F.A.S.; COSTA, A.A.; CABRAL, S. L. Avaliação de desempenho dos Modelos do CMIP5 quanto à representação dos padrões de variação da precipitação no século XX sobre a região Nordeste do Brasil, Amazônia e Bacia do Prata e análise das projeções para o cenário RCP8.5. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.28, n.3, 317-330. 2013.

SIQUEIRA, O.J.W. de; STEINMETZ, S.; SALLES, L.A.N. Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: LIMA, M.A. de; CABRAL, O.M.R.; GONZALES MIGUEZ, J.D. **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Norte, 2001. p.33-63.

SOUZA, M.J.D.; CRUZ, M. C. M.; FAGUNDES, M.C.P.; CARVALHO, R.P. Caracterização Fenológica preliminar e exigência Térmica para Oliveira cultivadas em Diamantina, MG. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2011, Guarapari, ES. **Anais** Disponível em: <http://www.sbagro.org.br/anais_congresso_2011/cba2011/trabalhos/01/cba01_79_426.pdf>. Acesso em: 09nov. 2015.

SOLTANI, A.; SINCLAIR, T.R. **Modeling Physiology of crop development, growth and yield.** Oxfordshire: CAB Internacional, p.322, 2012

SOUZA, P.M.B e MARTINS, F.B. Estimativa da Temperatura Basal Inferior para as Cultivares de Oliveira Grappolo e Maria da Fé. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.29, n.2. p.307-313. 2014.

STANFORD: **Buildings&GroundsMaintenance**. Oline: Disponível em: <<http://bgm.stanford.edu/groups/grounds/chill>> Acesso em: 04 jun. 2015.

STEDUTO, P; HSIAO, T.C.; FERERES, E.; RAES, D. **Crop yield response to water**. Rome: FAO. Irrigation and Drainage Paper, v. 66, p. 498, 2012

STRECK, N.A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v.35, p.730-740,2005.

STRECK, N.A.; LAGO, I.; GABRIEL, L.F.; SAMBORANHA, F.K. Simulating maize phenology as a function of air temperature with linear and nonlinear model. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.4, p.449-455, 2008

STRECK, N.A.; LAGO, I.L.; ALBERTO, C.M.; BISOGNIN, D.A. Simulação do desenvolvimento da batata cultivar Asterix em cinco cenários de mudanças climáticas em Santa Maria, RS. **Bragantina**, v.65, n.4, p.693-702,2006.

STRECK, N.A.; UHLMANN, L.O.; GABRIEL, L.F. Leaf development of cultivated rice and weedy red rice under elevated temperature scenarios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.17, n.2, p.190–199, 2013

SUGAHARA, S. **Normais climatológicas das estações de superfície do Brasil, para o período de 1961-1990**. Instituto de Pesquisas Meteorológicas/UNESP, Campus Bauru, São Paulo, SP. 1999.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2010. p.782.

TANASIJEVIC, L.; TODOROVIC, M.; PEREIRA, L. S.; PIZZIGALLI, C.; LIONELLO, P. Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. **Agricultural Water Management**, v. 144, p. 54–68, 2014.

TAYLOR, K.E.; STOUFFER, R.J.; MEEHL, G.A. Na overview of CMIP5 and the experiment edesing. **Bulletin of American Meteorological Society**, v.93, p.485-498, 2012.

TORRES, R.R. **Análise de Incertezas em Projeções de Mudanças Climáticas na América do Sul**. 239 f. Tese (Doutor em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

TORRES, R.R., LAPOLA, D.M., MARENGO, J.A., LOMBARDO, M.A. Socio-climatic hotspot in Brazil, **Climatic Change**, v.115, n. 3-4, p. 597-609, 2012.

TORRES, R.R., MARENGO, J.A., Uncertainty assessments of climate change projections over South America. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 112, n.1, p.253-272, 2013.

TUBIELLO, F.N.; DONATELLI, M.; ROSENZWEIG, C.; STOCKLE, C.O. Effects of climate change and elevated CO₂ on cropping systems: model predictions at two Italian locations. **European Journal of Agronomy**, v.13, p.179-189, 2000.

VAN VUUREN, D.P.; EDMONDS, J.; KAINUMA, M. RIAHI, K.; THOMSON, A.; HIBBARD, K.; HURTT, G.C.; KRAM, T.; KREY, V.; LAMARQUE, J.F.; MASUI, T.; MEINSHAUSEN, M.; NAKICENOVIC, N.; SMITH, S.J.; ROSE,

S.K., Therepresentativeconcentrationpathways: na overview. **Climatic Change**, v.109, p.5-31, 2011.

VIEIRA NETO, J.; OLIVEIRA, A. F.; CAPRONI, C. M.; VILLA, F.; Silva, L. F. de O. da. Desempenho de jardins clonais de oliveira (*Olea europaea* L.) em cortes sucessivos visando a sua propagação por estaquia. **Cerne**, v.17, p.117-122, 2011.

VIEIRA NETO, J.; OLIVEIRA, A.F. de; OLIVEIRA, N.C. de; DUARTE, H. da S.S.; GONÇALVES, E.D., **Aspectos técnicos da cultura da oliveira**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2008. 56p. (Boletim Técnico, 88).

VILLALOBOS, F.J.; TESTI L.; HIDALGO, J.; PASTOR, M.; ORGAZ, F. Modelling potential growth and yield of olive (*Olea europaea* L.) canopies. **European Journal of Agronomy**, v. 24, p. 296 – 303, 2006.

WICKHAM, H. Advanced R Series: Chapman & Hall/CRC The R Series. **Chapman and Hall/CRC** p. 476, Sep 2014.

WREGE, M.S.; COUTINHO, E.F.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; ALMEIDA, I. R.; MATZENAUER, R.; RADIN, B. **Zoneamento agroclimático para oliveira no Estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: EMBRAPA clima temperado, 2009. 24p. (Circular Técnica, 259).

ZULLO JUNIOR, J.; PINTO, H.S.; ASSAD, E.D. Impact assessment study of climate change on agricultural zoning. **Meteorological Applications (Supplement)**, p.69-80, 2006.

ANEXOS

Anexo 1. Valores estatísticos relativos as variáveis temperatura do ar às 21h (hora local), temperatura mínima e máxima para cada estação meteorológica convencional em relação ao período presente (1983 –2012) e a simulação da projeção *historical* (1971-2000).

Estações	Modelos	Índice Bias			RQME			Correlação		
		T21	Tmax	Tmin	T21	Tmax	Tmin	T21	Tmax	Tmin
AIMORES	MIROC5	-0,207	-0,207	0,043	0,867	0,302	1,369	0,070	0,253	0,673
	MRI_CGM3	-0,207	-0,207	0,049	1,424	0,343	0,917	0,031	0,585	0,433
	IPSL_CM5A_LR	-0,207	-0,207	-0,210	4,569	7,317	3,565	0,366	0,082	0,058
ARAXA	MIROC5	-0,055	-0,055	0,251	3,493	0,462	2,671	0,033	0,217	0,344
	MRI_CGM3	-0,055	-0,055	0,041	1,641	0,221	0,741	0,345	0,774	0,519
	IPSL_CM5A_LR	-0,055	-0,055	-0,048	0,985	3,428	0,911	0,354	0,180	-0,361
ARINOS	MIROC5	-0,202	-0,202	0,182	2,892	0,470	2,561	0,777	0,877	0,221
	MRI_CGM3	-0,202	-0,202	0,006	1,838	0,335	0,346	0,588	0,832	0,128
	IPSL_CM5A_LR	-0,202	-0,202	-0,191	4,496	8,906	3,156	0,931	-0,015	0,851
BAMBUI	MIROC5	0,029	0,029	0,406	4,187	1,647	4,515	0,683	-0,425	0,836
	MRI_CGM3	0,029	0,029	0,003	1,868	0,258	0,163	0,810	0,073	0,795
	IPSL_CM5A_LR	0,029	0,029	0,266	0,624	4,901	2,807	0,599	0,659	0,448
BARBACENA	MIROC5	0,166	0,166	0,261	3,138	2,203	4,762	0,082	0,570	-0,840
	MRI_CGM3	0,166	0,166	-0,040	2,091	0,389	0,427	0,320	0,928	-0,849
	IPSL_CM5A_LR	0,166	0,166	0,119	2,529	0,537	1,496	0,369	-0,360	-0,289
BELO HORIZONTE	MIROC5	-0,063	-0,063	0,295	4,309	0,904	3,380	0,587	-0,741	0,289
	MRI_CGM3	-0,063	-0,063	0,053	1,751	0,488	0,868	0,779	-0,868	0,880
	IPSL_CM5A_LR	-0,063	-0,063	-0,095	1,208	3,673	1,459	0,730	0,673	-0,032
BOM DESPACHO	MIROC5	-0,069	-0,069	0,145	2,086	2,044	3,211	-0,459	0,806	-0,266
	MRI_CGM3	-0,069	-0,069	-0,128	1,427	0,464	1,774	-0,631	0,934	-0,529
	IPSL_CM5A_LR	-0,069	-0,069	-0,042	1,384	5,617	0,724	-0,827	0,736	-0,658
C. DO MATO DENTRO	MIROC5	-0,031	-0,031	0,268	3,230	0,593	2,575	-0,739	-0,445	-0,079
	MRI_CGM3	-0,031	-0,031	0,009	0,991	0,396	0,291	-0,801	-0,794	0,086
	IPSL_CM5A_LR	-0,031	-0,031	0,120	0,537	4,227	1,549	-0,610	0,543	-0,689
CAPARAO	MIROC5	0,136	0,136	0,271	2,759	1,085	3,689	0,590	-0,415	-0,356
	MRI_CGM3	0,136	0,136	0,051	2,117	0,198	0,533	0,861	-0,027	0,336
	IPSL_CM5A_LR	0,136	0,136	0,279	2,127	2,086	2,859	0,757	0,628	0,370
CAPINOPOLIS	MIROC5	-0,164	-0,164	0,117	1,900	3,489	0,592	0,445	0,632	0,186
	MRI_CGM3	-0,164	-0,164	0,030	2,008	0,226	0,607	0,538	0,774	0,638

	IPSL_CM5A_LR	-0,164	-0,164	-0,162	3,451	7,472	2,545	0,640	-0,366	-0,276
CARATINGA	MIROC5	-0,039	-0,039	0,159	2,256	1,076	3,120	0,510	-0,328	0,067
	MRI_CGM3	-0,039	-0,039	-0,011	1,534	0,208	0,182	0,687	-0,306	0,109
	IPSL_CM5A_LR	-0,039	-0,039	-0,060	0,686	3,420	0,806	0,687	0,754	-0,604
CARBONITA	MIROC5	-0,020	-0,020	0,215	2,675	1,056	2,532	0,848	0,832	0,648
	MRI_CGM3	-0,020	-0,020	0,017	1,786	0,730	0,388	0,788	0,850	0,747
	IPSL_CM5A_LR	-0,020	-0,020	0,066	0,419	4,034	0,923	0,880	0,783	0,372
CORONEL PACHECO	MIROC5	0,069	0,069	0,205	2,559	1,266	4,812	0,751	0,738	0,601
	MRI_CGM3	0,069	0,069	0,009	2,985	0,216	0,283	0,784	0,729	0,862
	IPSL_CM5A_LR	0,069	0,069	0,059	1,180	4,040	0,858	0,716	-0,344	-0,010
CURVELO	MIROC5	-0,131	-0,131	0,210	2,969	1,206	2,320	0,511	0,212	-0,920
	MRI_CGM3	-0,131	-0,131	-0,017	1,283	0,122	0,254	0,733	0,582	-0,258
	IPSL_CM5A_LR	-0,131	-0,131	-0,037	2,640	7,049	0,415	0,563	-0,110	-0,285
DIAMANTINA	MIROC5	0,107	0,107	0,241	2,993	1,333	2,616	-0,200	-0,568	-0,348
	MRI_CGM3	0,107	0,107	-0,008	1,574	0,241	0,161	0,147	-0,265	-0,150
	IPSL_CM5A_LR	0,107	0,107	0,055	1,733	0,220	0,742	0,105	0,798	0,323
DIVINOPOLIS	MIROC5	-0,086	-0,086	0,348	4,211	1,647	3,131	0,346	0,277	0,262
	MRI_CGM3	-0,086	-0,086	0,002	0,516	0,084	0,251	0,858	0,484	0,817
	IPSL_CM5A_LR	-0,086	-0,086	0,095	1,718	5,334	1,215	0,646	0,697	0,797
ESPINOSA	MIROC5	-0,223	-0,223	0,119	2,082	0,729	1,013	0,649	0,588	0,269
	MRI_CGM3	-0,223	-0,223	0,012	1,046	0,215	0,327	-0,027	0,806	0,111
	IPSL_CM5A_LR	-0,223	-0,223	-0,242	5,102	7,320	4,157	0,845	0,154	0,448
FLORESTAL	MIROC5	0,121	0,121	0,358	3,628	0,509	4,805	-0,664	-0,090	0,562
	MRI_CGM3	0,121	0,121	0,010	3,186	0,164	0,251	-0,001	0,506	0,636
	IPSL_CM5A_LR	0,121	0,121	0,294	1,976	4,676	3,000	-0,676	0,442	-0,130
FRUTAL	MIROC5	-0,190	-0,190	0,103	1,588	3,437	0,289	0,611	-0,413	0,493
	MRI_CGM3	-0,190	-0,190	0,020	1,479	0,551	0,359	0,777	-0,848	0,812
	IPSL_CM5A_LR	-0,190	-0,190	-0,171	4,162	7,988	2,781	0,690	0,028	0,047
IBIRITE	MIROC5	0,031	0,031	0,368	4,105	0,272	4,481	0,456	0,812	-0,242
	MRI_CGM3	0,031	0,031	0,007	2,154	0,117	0,263	0,387	0,666	-0,301
	IPSL_CM5A_LR	0,031	0,031	0,177	0,651	4,419	2,005	0,394	-0,699	0,217
ITAMARANDIBA	MIROC5	0,048	0,048	0,174	2,281	1,662	2,637	0,664	-0,663	-0,107
	MRI_CGM3	0,048	0,048	-0,011	1,875	0,242	0,169	0,666	-0,227	0,065
	IPSL_CM5A_LR	0,048	0,048	0,029	0,849	2,407	0,485	0,737	0,921	-0,479
ITUIUTABA	MIROC5	-0,180	-0,180	0,009	1,489	3,170	0,666	-0,775	-0,519	-0,753
	MRI_CGM3	-0,180	-0,180	-0,073	1,756	0,416	1,791	-0,679	-0,238	-0,818
	IPSL_CM5A_LR	-0,180	-0,180	-0,219	3,949	7,980	3,715	-0,660	-0,261	-0,160

JANUARIA	MIROC5	-0,157	-0,157	0,132	2,048	0,612	2,620	-0,183	0,083	0,187
	MRI_CGM3	-0,157	-0,157	-0,011	2,316	0,523	0,492	-0,747	0,342	-0,218
	IPSL_CM5A_LR	-0,157	-0,157	-0,158	3,378	8,458	2,480	-0,045	0,856	0,795
JOAO MONLEVADE	MIROC5	0,014	0,014	0,251	3,345	0,433	3,523	0,859	0,146	0,834
	MRI_CGM3	0,014	0,014	0,029	1,947	0,147	0,541	0,559	0,526	0,001
	IPSL_CM5A_LR	0,014	0,014	-0,043	0,253	2,143	0,861	0,927	0,236	0,418
JOAO PINHEIRO	MIROC5	-0,187	-0,187	0,260	3,972	0,159	1,796	0,525	-0,264	0,715
	MRI_CGM3	-0,187	-0,187	0,038	0,840	0,143	0,655	0,816	0,368	0,022
	IPSL_CM5A_LR	-0,187	-0,187	-0,158	4,044	6,337	2,579	0,738	0,535	0,228
JUIZ DE FORA	MIROC5	0,053	0,053	0,165	2,256	1,568	2,869	-0,554	-0,414	-0,679
	MRI_CGM3	0,053	0,053	-0,017	1,043	0,228	0,228	-0,336	-0,342	-0,690
	IPSL_CM5A_LR	0,053	0,053	-0,015	0,945	0,306	0,167	-0,188	0,602	-0,145
LAMBARI	MIROC5	0,442	0,206	0,603	4,286	2,267	6,042	-0,547	0,357	0,535
	MRI_CGM3	0,213	0,206	0,012	2,909	0,314	0,115	-0,416	0,825	0,770
	IPSL_CM5A_LR	0,206	0,206	0,012	2,804	0,393	0,124	-0,294	-0,416	0,493
LAVRAS	MIROC5	0,104	0,104	0,367	4,404	2,167	5,002	0,604	0,534	0,455
	MRI_CGM3	0,104	0,104	0,012	1,860	0,212	0,173	0,704	0,799	0,839
	IPSL_CM5A_LR	0,104	0,104	0,011	1,760	0,541	0,222	0,880	-0,245	0,567
MACHADO	MIROC5	0,058	0,058	0,362	3,990	1,227	3,731	0,672	0,112	0,309
	MRI_CGM3	0,058	0,058	-0,015	1,145	0,210	0,132	0,798	0,261	0,607
	IPSL_CM5A_LR	0,058	0,058	-0,014	1,036	0,419	0,132	0,778	0,181	0,441
MARIA DA FÉ	MIROC5	0,353	0,140	0,632	3,408	2,958	4,443	-0,864	0,351	0,358
	MRI_CGM3	0,173	0,027	0,145	2,199	0,576	0,776	-0,923	0,781	0,858
	IPSL_CM5A_LR	0,163	0,036	0,145	2,096	0,662	0,774	-0,911	-0,268	0,298
MOCAMBINHO	MIROC5	0,054	0,054	0,130	2,099	0,250	1,731	0,210	0,793	0,751
	MRI_CGM3	0,054	0,054	-0,010	1,431	0,171	0,171	-0,745	0,799	-0,038
	IPSL_CM5A_LR	0,054	0,054	-0,003	1,318	0,200	0,390	-0,460	0,828	0,458
MONTE AZUL	MIROC5	0,043	0,043	0,123	2,265	0,297	1,481	0,474	0,280	0,688
	MRI_CGM3	0,043	0,043	0,009	1,119	0,165	0,402	-0,034	0,421	0,564
	IPSL_CM5A_LR	0,043	0,043	0,020	0,987	0,125	0,864	0,752	0,686	-0,792
MONTES CLAROS	MIROC5	0,062	0,062	0,207	2,950	0,426	1,943	0,255	-0,465	0,585
	MRI_CGM3	0,062	0,062	0,036	1,397	0,133	0,738	0,273	0,472	0,454
	IPSL_CM5A_LR	0,062	0,062	0,048	1,298	0,139	1,245	0,656	0,576	-0,936
OLIVEIRA	MIROC5	0,098	0,098	0,330	4,240	1,755	4,587	0,209	-0,098	0,322
	MRI_CGM3	0,098	0,098	0,004	1,941	0,219	0,131	0,347	0,343	0,677
	IPSL_CM5A_LR	0,098	0,098	0,012	1,739	0,637	0,401	0,499	0,208	-0,573
	MIROC5	0,067	0,067	0,323	4,813	0,608	2,243	0,393	-0,195	0,227

PARACATU	MRI_CGM3	0,067	0,067	0,084	1,575	0,360	1,565	0,657	0,620	0,805
	IPSL_CM5A_LR	0,067	0,067	0,089	1,461	0,688	2,031	0,710	0,288	-0,734
PASSA QUATRO	MIROC5	0,124	0,124	0,287	2,764	2,359	4,289	-0,662	-0,498	0,412
	MRI_CGM3	0,124	0,124	-0,019	2,021	0,259	0,180	-0,847	-0,690	0,676
PATOS DE MINAS	IPSL_CM5A_LR	0,124	0,124	-0,018	1,932	0,389	0,199	-0,730	0,314	0,387
	MIROC5	0,080	0,080	0,220	3,113	0,228	2,826	0,405	-0,468	0,622
PEDRA AZUL	MRI_CGM3	0,080	0,080	-0,005	1,719	0,145	0,143	0,686	0,185	0,747
	IPSL_CM5A_LR	0,080	0,080	0,004	1,548	0,161	0,534	0,781	0,618	-0,871
PIRAPORA	MIROC5	0,034	0,034	0,066	1,213	1,031	1,769	-0,864	-0,597	-0,718
	MRI_CGM3	0,034	0,034	-0,023	1,048	0,159	0,415	-0,947	0,165	-0,800
POÇOS DE CALDAS	IPSL_CM5A_LR	0,034	0,034	-0,008	0,944	0,149	0,186	-0,859	0,562	0,550
	MIROC5	0,034	0,034	0,217	3,299	0,629	1,803	0,613	0,662	0,627
POMPEU	MRI_CGM3	0,034	0,034	0,009	0,980	0,309	0,198	0,574	0,743	0,322
	IPSL_CM5A_LR	0,034	0,034	0,007	0,754	0,202	0,279	0,830	0,678	0,400
SALINAS	MIROC5	0,082	0,082	0,345	3,342	1,538	4,010	-0,662	-0,032	-0,816
	MRI_CGM3	0,082	0,082	-0,106	1,458	0,430	0,874	-0,682	0,782	-0,883
SAO LOURENCO	IPSL_CM5A_LR	0,082	0,082	-0,104	1,347	0,739	0,840	-0,877	0,338	-0,660
	MIROC5	0,042	0,042	0,337	4,272	1,783	2,952	0,250	-0,374	0,746
SAO S. DO PARAISO	MRI_CGM3	0,042	0,042	0,049	1,119	0,179	0,699	0,776	0,240	0,493
	IPSL_CM5A_LR	0,042	0,042	0,053	0,884	0,397	0,938	0,560	0,508	-0,847
SETE LAGOAS	MIROC5	0,038	0,038	0,157	2,360	0,226	1,822	0,769	0,862	0,475
	MRI_CGM3	0,038	0,038	0,014	0,977	0,419	0,384	0,257	0,716	0,187
UBERABA	IPSL_CM5A_LR	0,038	0,038	0,034	0,832	0,356	0,722	0,801	0,620	0,142
	MIROC5	0,095	0,095	0,297	2,794	2,087	3,837	0,913	0,268	0,200
VICOSA	MRI_CGM3	0,095	0,095	-0,016	1,569	0,338	0,148	0,405	0,502	0,568
	IPSL_CM5A_LR	0,095	0,095	-0,016	1,446	0,271	0,184	0,757	-0,304	0,407
VICOSA	MIROC5	0,131	0,131	0,228	2,873	0,185	3,659	0,773	0,723	-0,407
	MRI_CGM3	0,131	0,131	-0,026	2,388	0,283	0,310	0,961	0,929	-0,448
VICOSA	IPSL_CM5A_LR	0,131	0,131	-0,025	2,233	0,361	0,303	0,894	0,673	-0,227
	MIROC5	0,160	0,160	0,270	3,619	0,465	4,675	0,453	0,149	-0,347
VICOSA	MRI_CGM3	0,160	0,160	0,004	3,036	0,145	0,102	0,422	0,310	0,524
	IPSL_CM5A_LR	0,160	0,160	0,010	2,838	0,305	0,301	0,680	0,289	0,314
VICOSA	MIROC5	0,103	0,103	0,174	2,424	1,328	2,545	-0,112	-0,686	0,343
	MRI_CGM3	0,103	0,103	-0,002	2,150	0,343	0,166	-0,746	-0,544	0,099
VICOSA	IPSL_CM5A_LR	0,103	0,103	0,018	2,097	0,380	0,373	-0,337	0,456	-0,701
	MIROC5	0,171	0,171	0,305	3,593	0,374	4,774	0,615	0,207	0,688
VICOSA	MRI_CGM3	0,171	0,171	0,026	2,790	0,139	0,390	0,704	0,447	0,797

IPSL_CM5A_LR 0,171 0,171 0,038 2,698 0,275 0,795 0,664 0,055 -0,830

Anexo 2. Valor médio do NHF e do viés (em negrito) considerando o modelo MIROC5 para as projeções PR1 (2011-2040), PR2 (2041-2070) e PR3 (2071-2100), temperaturas base de 7°C, 9,5°C e 13°C e para os três cenários forçantes (rcp 2.6, 4.5 e 8.5).

MIROC5																												
Estações	2011-2040									2041-2070									2071-2100									
	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C							
AIMORÉS	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARAXÁ	0	0	0	0	0	1	75	131	207	0	0	0	0	0	0	64	61	72	0	0	0	0	0	0	38	32	11	
	0	0	0	0	0	1	24	80	156	0	0	0	0	0	0	12	-18	21	0	0	0	0	0	0	-12	-18	-39	
ARINOS	0	0	0	0	0	0	6	18	38	0	0	0	0	0	0	3	4	4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
	0	0	0	0	0	0	4	15	36	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	-1	0	-2	
BAMBUÍ	13	26	42	144	186	245	666	733	851	11	12	12	120	118	133	607	593	639	6	6	2	104	88	47	571	530	404	
	5	18	34	29	71	130	50	116	235	2	4	3	5	3	18	-8	-85	23	-2	-2	34	-10	-26	-67	-44	-85	-212	
BARBACENA	2	3	7	57	79	125	668	740	908	2	2	1	47	51	50	605	600	641	1	0	0	28	28	12	521	484	333	
	1	2	7	18	40	86	77	149	317	1	1	1	8	12	11	14	-107	50	0	0	7	-10	-10	-26	-69	-107	-258	
BELO HORIZONTE	0	0	0	0	0	0	40	70	110	0	0	0	0	0	0	35	35	36	0	0	0	0	0	0	20	15	4	
	0	0	0	0	0	0	15	45	85	0	0	0	0	0	0	10	-9	11	0	0	0	0	0	0	-5	-9	-20	
BOM DESPACHO	0	1	3	27	51	78	388	459	561	0	0	0	22	23	23	337	327	365	0	0	0	13	11	3	313	274	179	
	0	0	3	10	33	60	47	117	220	0	0	0	4	5	5	-4	-67	23	0	0	3	-4	-6	-14	-27	-67	-162	
C. DO MATO DENTRO	0	1	4	37	58	87	442	519	626	0	0	0	32	30	31	395	384	421	0	0	0	19	15	4	359	322	218	
	0	1	4	12	33	62	50	126	234	0	0	0	7	6	6	2	-69	28	0	0	4	-5	-9	-19	-32	-69	-173	
CAPARAÓ	2	4	12	82	112	165	693	770	899	2	2	2	68	69	75	642	625	669	0	0	0	47	40	18	580	536	387	
	1	3	11	21	52	105	55	133	261	1	1	1	8	9	14	4	-101	31	0	0	11	-12	-19	-42	-57	-101	-250	
CAPINÓPOLIS	0	0	0	0	0	0	9	21	49	0	0	0	0	0	0	9	10	12	0	0	0	0	0	0	5	5	3	

	0	0	0	0	0	0	3	15	43	0	0	0	0	0	0	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2
CARATINGA	0	0	0	0	1	5	135	185	259	0	0	0	0	0	0	114	113	123	0	0	0	0	0	0	83	68	32		
	0	0	0	0	1	5	36	86	159	0	0	0	0	0	0	15	-30	24	0	0	0	0	0	0	-16	-30	-67		
CARBONITA	0	0	0	13	24	40	316	411	503	0	0	0	9	9	8	279	264	296	0	0	0	3	3	0	249	214	118		
	0	0	0	6	17	34	43	137	230	0	0	0	3	2	1	6	-58	23	0	0	0	-3	-2	-5	-23	-58	-154		
CORONEL PACHECO	0	0	0	12	17	33	316	357	461	0	0	0	9	11	9	273	271	295	0	0	0	5	5	2	226	209	131		
	0	0	0	4	10	26	50	92	195	0	0	0	2	4	2	8	-55	30	0	0	0	-1	-1	-5	-38	-55	-133		
CURVELO	0	0	0	4	10	18	181	239	308	0	0	0	3	3	3	155	149	169	0	0	0	1	1	0	134	109	54		
	0	0	0	2	8	16	38	96	164	0	0	0	1	1	1	11	-34	25	0	0	0	-1	0	-1	-9	-34	-89		
DIAMANTINA	0	0	1	18	37	62	476	610	765	0	0	0	14	14	13	418	405	454	0	0	0	6	5	1	355	315	178		
	0	0	1	9	28	53	85	218	373	0	0	0	5	6	4	27	-76	62	0	0	1	-1	-2	-7	-36	-76	-213		
DIVINÓPOLIS	1	2	5	37	60	91	418	484	593	0	1	1	30	31	33	367	361	396	0	0	0	19	17	6	336	297	200		
	0	2	4	12	36	67	48	115	224	0	0	0	5	7	8	-2	-71	27	0	0	4	-4	-7	-17	-33	-71	-168		
ESPINOSA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
FLORESTAL	13	24	39	139	184	241	687	765	879	11	12	11	118	116	130	634	616	664	5	4	1	103	83	41	594	550	412		
	4	16	31	30	75	132	50	129	243	3	3	2	8	7	21	-2	-85	28	-2	-3	31	-6	-26	-68	-41	-85	-224		
FRUTAL	0	0	0	0	0	0	15	22	48	0	0	0	0	0	0	12	13	14	0	0	0	0	0	0	7	6	4		
	0	0	0	0	0	0	7	15	41	0	0	0	0	0	0	5	-1	6	0	0	0	0	0	0	0	-1	-2		
IBIRITÉ	4	9	17	74	104	146	534	606	717	4	5	4	64	65	70	486	476	518	2	1	0	51	40	17	448	409	292		
	1	6	14	17	47	90	48	120	231	1	2	1	7	8	14	0	-76	32	0	-1	14	-5	-16	-39	-37	-76	-193		
ITAMARANDIBA	0	0	0	9	19	34	338	453	562	0	0	0	6	6	5	295	281	314	0	0	0	1	2	0	255	220	113		
	0	0	0	5	15	30	54	169	278	0	0	0	2	2	1	11	-63	30	0	0	0	-2	-1	-3	-28	-63	-170		
ITUIUTABA	0	0	0	0	1	1	25	48	90	0	0	0	0	0	0	20	22	26	0	0	0	0	0	0	9	11	5		
	0	0	0	0	1	0	11	34	76	0	0	0	0	0	0	6	-1	13	0	0	0	0	0	0	-3	-1	-7		
JANUARIA	0	0	0	0	0	0	20	36	63	0	0	0	0	0	0	15	15	16	0	0	0	0	0	0	6	5	1		

	0	0	0	0	0	0	9	25	52	0	0	0	0	0	0	4	-6	4	0	0	0	0	0	0	-5	-6	-10
JOÃO MONLEVADE	0	0	0	0	1	4	119	177	251	0	0	0	0	0	0	105	100	110	0	0	0	0	0	0	71	57	23
	0	0	0	0	1	4	36	94	168	0	0	0	0	0	0	23	-25	27	0	0	0	0	0	0	-10	-25	-58
JOÃO PINHEIRO	0	0	0	0	0	0	5	16	33	0	0	0	0	0	0	3	5	4	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	0	0	0	0	0	0	2	14	31	0	0	0	0	0	0	1	-1	2	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-2
JUIZ DE FORA	0	0	0	3	4	12	278	339	478	0	0	0	2	3	2	242	242	268	0	0	0	1	0	0	170	158	85
	0	0	0	2	3	12	69	129	269	0	0	0	2	2	1	32	-50	59	0	0	0	0	0	0	-38	-50	-124
LAMBARI	187	219	287	537	585	696	1255	1300	1433	158	159	172	492	482	515	1203	1184	1221	133	122	76	449	419	315	1134	1087	929
	33	65	133	44	91	202	54	99	232	4	5	18	-1	-11	21	2	-113	20	-20	-31	133	-43	-74	-177	-66	-113	-271
LAVRAS	1	2	4	31	45	71	413	476	607	1	1	1	23	28	25	366	363	396	0	0	0	15	15	6	312	285	189
	0	1	3	11	26	52	57	119	251	0	1	0	4	8	6	10	-70	39	0	0	3	-3	-4	-12	-43	-70	-167
MACHADO	10	15	28	115	144	206	667	724	870	7	9	8	91	94	98	604	593	629	5	4	2	65	62	34	539	497	367
	4	9	22	32	61	124	64	122	268	1	3	2	9	12	16	1	-105	26	0	-1	22	-17	-20	-48	-63	-105	-235
MARIA DA FÉ	233	266	357	723	763	902	1595	1630	1771	195	198	211	664	655	685	1552	1528	1555	148	141	87	588	553	418	1448	1403	1230
	46	79	170	64	105	243	61	96	237	7	11	23	5	-2	26	18	-130	21	-39	-46	170	-70	-105	-239	-85	-130	-303
MOCAMBINHO	0	0	0	0	0	0	6	14	30	0	0	0	0	0	0	3	4	4	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	0	0	0	0	0	0	3	11	27	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-2
MONTE AZUL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MONTES CLAROS	0	0	0	0	0	0	50	84	125	0	0	0	0	0	0	41	38	43	0	0	0	0	0	0	24	19	4
	0	0	0	0	0	0	17	51	92	0	0	0	0	0	0	8	-13	10	0	0	0	0	0	0	-8	-13	-28
OLIVEIRA	0	0	0	10	21	37	308	385	500	0	0	0	7	10	9	263	259	294	0	0	0	4	3	1	225	195	113
	0	0	0	4	16	31	54	130	246	0	0	0	2	4	3	8	-59	39	0	0	0	-1	-1	-3	-28	-59	-141
PARACATU	0	0	0	0	0	0	23	53	90	0	0	0	0	0	0	19	20	20	0	0	0	0	0	0	8	8	1
	0	0	0	0	0	0	10	40	77	0	0	0	0	0	0	6	-5	7	0	0	0	0	0	0	-4	-5	-11
PASSA QUATRO	39	49	77	265	295	388	998	1038	1185	29	32	30	225	225	243	939	926	958	17	18	8	178	171	111	849	810	656

	14	25	53	47	77	170	68	108	255	4	8	6	7	6	24	9	-119	28	-6	-5	53	-39	-46	-106	-80	-119	-273
PATOS DE MINAS	0	0	0	0	0	2	110	172	250	0	0	0	0	0	0	91	87	102	0	0	0	0	0	0	67	52	18
	0	0	0	0	0	2	29	92	170	0	0	0	0	0	0	11	-28	21	0	0	0	0	0	0	-13	-28	-62
PEDRA AZUL	0	0	0	0	0	0	8	14	33	0	0	0	0	0	0	3	4	4	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	0	0	0	0	0	0	5	11	30	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-2
PIRAPORA	0	0	0	0	0	0	37	65	98	0	0	0	0	0	0	30	29	31	0	0	0	0	0	0	17	14	3
	0	0	0	0	0	0	12	40	72	0	0	0	0	0	0	5	-10	6	0	0	0	0	0	0	-7	-10	-22
POÇOS DE CALDAS	126	155	219	468	520	643	1271	1323	1483	101	104	108	417	409	437	1202	1181	1224	73	69	39	363	333	235	1121	1062	882
	33	63	127	55	107	230	68	120	280	8	11	16	3	-3	23	0	-140	21	-18	-22	127	-49	-80	-178	-81	-140	-320
POMPEU	0	0	0	2	7	15	177	237	316	0	0	0	1	2	2	147	144	164	0	0	0	1	0	0	126	102	50
	0	0	0	1	6	13	36	97	176	0	0	0	0	1	1	6	-38	24	0	0	0	0	0	-1	-14	-38	-90
SALINAS	0	0	0	0	0	0	31	50	81	0	0	0	0	0	0	23	22	24	0	0	0	0	0	0	12	10	3
	0	0	0	0	0	0	14	32	64	0	0	0	0	0	0	6	-6	6	0	0	0	0	0	0	-4	-6	-13
SÃO LOURENÇO	45	57	87	278	307	396	970	1009	1144	34	38	37	237	237	254	914	902	933	21	22	11	192	183	121	831	794	650
	16	27	58	45	74	163	64	102	238	4	8	7	5	4	21	7	-111	26	-8	-6	58	-39	-49	-110	-75	-111	-255
SÃO S. DO PARAÍSO	0	1	2	21	41	72	403	474	598	0	0	0	16	19	20	350	340	375	0	0	0	9	9	4	300	262	166
	0	1	2	7	28	59	56	126	250	0	0	0	3	6	7	3	-84	28	0	0	2	-3	-4	-9	-46	-84	-180
SETE LAGOAS	0	0	0	5	12	22	215	279	364	0	0	0	4	5	4	183	181	203	0	0	0	1	1	0	159	130	68
	0	0	0	2	9	19	43	108	193	0	0	0	1	2	1	11	-41	32	0	0	0	0	-1	-2	-12	-41	-103
UBERABA	0	0	0	0	2	5	128	182	265	0	0	0	1	1	1	107	103	119	0	0	0	0	0	0	77	63	29
	0	0	0	0	2	5	32	86	169	0	0	0	0	0	0	11	-32	23	0	0	0	0	0	0	-18	-32	-66
VIÇOSA	0	0	2	24	41	68	431	508	627	0	0	0	22	23	22	387	379	418	0	0	0	13	10	3	340	304	198
	0	0	2	8	24	51	56	133	253	0	0	0	5	6	5	12	-69	43	0	0	2	-3	-6	-13	-34	-69	-176

Valores em azul claro = rcp2.6; azul escuro = rcp4.5; vermelho = rcp8.5. A segunda linha de cada estação está representando a diferença entre os rcps e o *histórica.l*

Anexo 3. Valor médio do NHF e do viés (em negrito) considerando o modelo MRI_CGM3 para as projeções PR1 (2011-2040), PR2 (2041-2070) e PR3 (2071-2100), temperaturas base de 7°C, 9,5°C e 13°C e para os três cenários forçantes (rcp 2.6, 4.5 e 8.5).

MRI_CGM3																											
Estações	2011-2040									2041-2070						2071-2100											
	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C			Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C			Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C														
AIMORÉS	0	0	0	0	0	0	3	6	11	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0	2	2	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARAXÁ	1	5	5	10	24	27	119	184	255	1	2	1	7	10	8	102	108	130	2	1	2	10	8	10	93	94	65
	0	3	3	0	13	16	3	69	140	-1	0	0	-3	0	-2	-12	-20	15	0	0	3	0	-2	-1	-21	-20	-49
ARINOS	0	0	0	0	1	1	23	36	56	0	0	0	0	0	0	17	15	19	0	0	0	0	0	0	15	13	6
	0	0	0	0	0	1	2	15	35	0	0	0	0	0	0	-3	-7	-1	0	0	0	0	0	0	-5	-7	-14
BAMBUÍ	31	46	63	149	189	247	636	723	852	25	27	32	133	135	151	614	601	631	24	24	17	121	118	81	579	539	423
	0	15	31	12	52	110	32	118	247	-6	-3	0	-4	-1	14	9	-65	27	-7	-7	31	-15	-18	-56	-25	-65	-181
BARBACENA	13	22	36	88	131	186	625	759	928	11	14	16	81	89	104	613	609	647	10	11	8	72	71	47	556	517	381
	1	9	23	7	49	105	34	168	336	-1	1	3	0	8	22	22	-74	56	-1	-1	23	-8	-9	-33	-35	-74	-209
BELO HORIZONTE	0	0	1	2	6	9	68	97	146	0	0	0	1	3	2	54	59	71	0	0	0	2	2	2	50	53	34
	0	0	1	0	3	6	6	36	84	0	0	0	-1	0	0	-7	-8	9	0	0	1	0	0	0	-11	-8	-27
BOM DESPACHO	7	14	20	54	75	106	368	444	560	4	7	6	43	45	54	345	346	377	6	5	4	41	40	26	322	301	213
	0	6	12	3	24	54	25	102	218	-2	0	-1	-7	-5	2	3	-41	34	-1	-2	12	-10	-11	-24	-20	-41	-128
C. DO MATO DENTRO	6	12	17	51	74	104	413	495	616	4	6	6	44	45	52	398	392	419	5	5	3	42	42	26	364	344	255
	0	5	10	1	24	54	26	107	228	-2	0	-1	-5	-4	2	10	-42	31	-1	-2	10	-7	-7	-23	-23	-42	-132
CAPARAÓ	16	22	34	102	135	187	661	766	903	12	14	15	89	90	104	653	632	665	11	12	8	78	79	52	605	560	431
	1	7	19	12	45	96	32	137	274	-2	0	0	0	0	14	24	-68	36	-3	-1	19	-11	-10	-37	-23	-68	-197
CAPINÓPOLIS	1	4	4	6	17	16	48	79	112	0	2	0	3	9	5	33	43	40	2	1	1	7	5	6	37	36	31
	0	3	3	0	11	11	7	38	70	0	1	0	-1	3	0	-8	-4	0	1	0	3	1	0	1	-3	-4	-10
CARATINGA	0	1	3	10	17	23	155	199	272	0	0	0	7	9	9	134	138	154	0	0	0	7	8	5	118	122	76

	0	0	2	0	6	13	18	62	135	0	0	0	-2	-1	-1	-1	-14	17	0	0	2	-3	-2	-4	-18	-14	-59
CARBONITA	3	4	5	25	36	48	288	358	464	1	1	1	18	17	19	276	270	297	1	1	1	18	14	9	239	225	154
	0	2	3	1	12	24	24	94	200	-1	-1	0	-6	-6	-4	12	-38	33	0	-1	3	-5	-9	-14	-24	-38	-109
CORONEL PACHECO	3	6	10	34	48	72	306	394	500	2	3	3	29	30	35	293	297	318	3	1	2	27	25	17	265	250	181
	0	2	7	3	17	41	23	111	217	0	0	0	-1	0	4	10	-32	35	0	-1	7	-3	-6	-13	-17	-32	-101
CURVELO	1	3	4	16	24	33	172	220	299	0	1	0	11	11	11	156	156	173	1	1	1	11	9	7	141	133	88
	0	1	3	0	8	18	15	63	142	0	0	0	-4	-4	-3	0	-23	16	0	0	3	-4	-6	-8	-14	-23	-68
DIAMANTINA	3	9	12	38	61	95	413	540	726	2	3	2	28	30	35	404	401	446	3	2	3	28	27	17	363	333	224
	0	6	8	3	26	60	28	156	341	-1	0	0	-6	-4	0	20	-51	61	0	-1	8	-6	-8	-17	-21	-51	-159
DIVINÓPOLIS	9	15	22	61	83	113	396	474	587	5	8	8	49	53	62	366	367	396	7	6	5	45	45	30	337	322	231
	0	6	13	4	26	56	33	111	225	-3	0	0	-7	-2	5	4	-40	34	-1	-2	13	-11	-10	-25	-25	-40	-131
ESPINOSA	0	0	0	0	0	0	3	4	6	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-2
FLORESTAL	27	40	55	142	179	241	653	740	874	22	22	26	128	128	144	638	625	658	21	20	13	116	114	75	604	562	442
	0	12	28	11	47	109	26	112	246	-5	-5	-1	-2	-3	13	11	-64	31	-6	-7	28	-15	-17	-56	-23	-64	-184
FRUTAL	3	8	7	12	30	31	74	124	156	1	3	1	7	13	8	48	61	56	3	1	2	10	8	10	52	52	47
	1	6	5	2	20	21	16	66	99	-1	1	0	-2	3	0	-9	-4	0	1	0	5	0	-1	0	-4	-4	-9
IBIRITÉ	15	22	31	87	115	154	507	592	714	11	13	15	78	79	93	488	483	515	11	12	8	68	69	45	450	426	318
	0	7	16	5	33	72	31	116	239	-4	-1	0	-3	-2	11	12	-48	40	-3	-3	16	-13	-12	-36	-24	-48	-157
ITAMARANDIBA	2	4	5	23	35	48	299	383	514	1	1	1	16	16	18	286	283	316	1	0	1	16	13	9	244	231	154
	0	2	3	1	12	26	27	111	243	0	0	0	-6	-6	-3	14	-40	44	0	-1	3	-5	-8	-13	-26	-40	-116
ITUIUTABA	1	5	5	9	21	22	66	101	143	1	3	1	5	11	7	46	55	55	2	1	2	9	7	8	48	47	37
	0	4	3	1	13	14	8	43	85	0	1	0	-2	3	0	-11	-10	-2	1	0	3	1	0	0	-9	-10	-20
JANUARIA	0	0	0	1	1	3	36	50	78	0	0	0	0	0	0	28	27	32	0	0	0	0	0	0	25	22	10
	0	0	0	0	0	2	3	18	46	0	0	0	0	0	0	-4	-9	0	0	0	0	0	0	0	-6	-9	-22
JOÃO MONLEVADE	0	1	2	7	14	21	132	184	267	0	0	0	4	6	7	118	127	142	0	0	0	5	5	4	105	108	68

	0	0	2	0	6	14	12	65	147	0	0	0	-2	0	0	-1	-11	22	0	0	2	-1	-1	-3	-14	-11	-51
JOÃO PINHEIRO	0	0	0	1	3	5	30	49	76	0	0	0	0	1	0	20	21	26	0	0	0	1	0	1	20	19	12
	0	0	0	0	2	4	4	24	51	0	0	0	0	0	0	-4	-6	1	0	0	0	0	0	0	-5	-6	-12
JUIZ DE FORA	1	3	6	20	35	64	284	407	549	0	1	1	17	23	26	274	293	321	1	0	0	17	17	11	251	237	172
	0	1	5	2	17	45	23	146	288	0	0	0	0	5	8	13	-23	59	0	0	5	0	-1	-6	-9	-23	-88
LAMBARI	178	230	294	517	602	710	1207	1304	1432	164	166	184	501	493	517	1209	1171	1193	150	140	100	466	434	338	1166	1087	934
	12	64	128	27	112	219	4	100	228	-2	0	18	11	3	27	6	-116	-9	-15	-25	128	-23	-55	-152	-36	-116	-268
LAVRAS	7	13	19	49	74	104	389	491	621	5	8	7	39	46	55	364	371	403	6	5	5	38	37	27	332	313	224
	0	6	12	1	26	57	33	135	264	-1	0	0	-7	0	7	7	-43	46	0	-1	12	-8	-9	-20	-23	-43	-132
MACHADO	26	44	59	124	174	234	627	742	886	21	26	28	112	118	137	618	603	633	22	21	16	105	102	72	572	530	400
	0	18	33	7	57	117	24	139	283	-4	0	2	-4	2	20	15	-72	30	-3	-4	33	-11	-14	-44	-29	-72	-202
MARIA DA FÉ	234	307	399	689	801	934	1523	1626	1763	214	220	239	684	668	685	1535	1498	1503	193	181	132	637	585	458	1484	1394	1224
	24	97	190	21	133	266	-5	97	234	4	10	29	15	0	17	6	-134	-24	-15	-28	190	-30	-83	-210	-43	-134	-304
MOCAMBINHO	0	0	0	0	0	1	20	31	49	0	0	0	0	0	0	14	13	16	0	0	0	0	0	0	14	11	5
	0	0	0	0	0	1	2	13	31	0	0	0	0	0	0	-3	-6	-1	0	0	0	0	0	0	-4	-6	-12
MONTE AZUL	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MONTES CLAROS	0	0	0	3	5	7	66	92	139	0	0	0	1	1	1	52	51	62	0	0	0	1	1	1	48	45	24
	0	0	0	1	2	4	7	34	80	0	0	0	0	-1	0	-5	-13	3	0	0	0	0	0	0	-10	-13	-34
OLIVEIRA	3	8	11	32	49	71	299	379	498	2	4	3	23	29	34	268	278	308	4	2	2	23	24	17	245	239	162
	0	4	7	2	19	40	31	111	230	-1	0	0	-7	-1	3	0	-28	40	0	0	7	-7	-5	-12	-22	-28	-106
PARACATU	0	0	1	2	7	7	50	77	112	0	0	0	1	2	1	37	38	44	0	0	0	2	1	2	34	31	20
	0	0	1	0	5	6	6	33	68	0	0	0	0	0	0	-6	-12	0	0	0	1	0	0	0	-9	-12	-23
PASSA QUATRO	56	84	118	259	335	431	950	1065	1202	48	52	58	241	247	265	955	927	942	47	42	31	219	205	151	903	834	687
	4	31	65	23	99	194	9	124	261	-4	0	5	5	10	29	14	-107	1	-5	-10	65	-16	-30	-84	-37	-107	-253
PATOS DE MINAS	0	2	3	9	18	25	142	196	272	0	1	0	5	7	7	126	127	147	1	0	0	7	6	6	110	107	64

	0	1	2	0	9	16	13	67	143	0	0	0	-3	-1	-1	-2	-21	19	0	0	2	-1	-2	-2	-17	-21	-63
PEDRA AZUL	0	0	0	0	0	0	11	17	29	0	0	0	0	0	0	9	6	8	0	0	0	0	0	0	7	6	2
	0	0	0	0	0	0	0	5	16	0	0	0	0	0	0	-3	-6	-4	0	0	0	0	0	0	-4	-6	-10
PIRAPORA	0	0	1	4	6	9	62	85	117	0	0	0	2	2	2	48	49	51	0	0	0	2	2	2	45	43	26
	0	0	1	1	4	6	7	30	62	0	0	0	0	0	0	-7	-12	-3	0	0	1	0	0	0	-9	-12	-28
POÇOS DE CALDAS	132	182	243	441	541	663	1198	1323	1480	119	124	144	429	423	453	1213	1168	1191	112	107	76	396	368	269	1153	1067	889
	8	59	119	26	125	248	-1	123	280	-3	1	20	14	8	38	14	-131	-8	-11	-15	119	-19	-46	-146	-46	-131	-310
POMPEU	2	4	6	19	28	41	194	242	323	0	2	1	13	15	16	169	173	194	2	1	1	13	12	10	153	151	98
	0	2	4	0	9	22	19	68	149	-1	0	0	-5	-3	-1	-5	-22	20	0	0	4	-5	-5	-8	-21	-22	-75
SALINAS	0	0	0	1	3	3	40	55	79	0	0	0	1	0	0	33	32	34	0	0	0	0	0	0	29	26	15
	0	0	0	0	1	1	0	15	39	0	0	0	0	0	0	-5	-12	-4	0	0	0	0	0	-1	-10	-12	-24
SÃO LOURENÇO	62	89	123	270	343	434	927	1036	1166	53	56	63	252	255	274	933	905	920	50	45	34	229	214	159	885	818	678
	4	32	66	24	97	188	9	118	248	-4	0	5	6	9	27	15	-99	2	-7	-12	66	-17	-31	-87	-32	-99	-239
SÃO S. DO PARAÍSO	11	23	26	56	90	118	386	502	619	8	11	9	45	51	56	375	358	394	10	9	10	45	46	35	331	308	223
	-1	11	14	0	33	61	19	136	253	-4	-1	-2	-11	-5	0	9	-57	28	-1	-3	14	-11	-10	-20	-34	-57	-142
SETE LAGOAS	1	4	6	19	30	43	212	268	363	0	2	1	14	15	17	193	195	219	1	1	1	14	14	10	173	171	113
	0	2	4	0	10	23	18	74	169	-1	0	0	-4	-3	-1	0	-22	25	0	0	4	-5	-4	-9	-20	-22	-80
UBERABA	5	13	11	24	45	51	170	243	325	2	5	3	14	20	17	132	137	155	5	3	5	18	16	17	119	116	86
	0	8	6	3	25	30	20	93	175	-2	0	-1	-5	0	-3	-17	-34	5	0	-1	6	-2	-4	-3	-30	-34	-63
VIÇOSA	5	9	15	45	63	93	403	496	627	3	6	5	38	41	48	382	385	412	4	4	3	35	37	24	346	328	236
	0	4	9	2	21	51	31	124	256	-1	0	0	-3	-1	5	10	-42	41	0	-1	9	-6	-5	-18	-25	-42	-135

Valores em azul claro = rcp2.6; azul escuro = rcp4.5; vermelho = rcp8.5. A segunda linha de cada estação está representando a diferença entre os rcps e o *histórica.l*

Anexo 4. Valor médio do NHF e do viés (em negrito) considerando o modelo IPSL_CM5A_LR para as projeções PR1 (2011-2040), PR2 (2041-2070) e PR3 (2071-2100), temperaturas base de 7°C, 9,5°C e 13°C e para os três cenários forçantes (rcp 2.6, 4.5 e 8.5).

IPSL_CM5A_LR																											
Estações	2011-2040									2041-2070						2071-20100											
	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C	Tb 7,0 °C	Tb 9,5 °C	Tb 13,0 °C												
AIMORÉS	0	0	0	0	0	0	1	5	38	0	0	0	0	0	0	1	2	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	-16	-11	21	0	0	0	0	0	0	-15	-16	-12	0	0	0	0	0	0	-16	-16	-17
ARAXÁ	0	0	2	1	2	21	42	124	381	0	0	0	1	3	3	32	74	112	0	0	0	0	0	0	21	26	14
	-1	-1	0	-7	-6	13	-69	12	269	-1	-1	-1	-7	-5	-5	-79	-85	0	-1	-1	0	-8	-7	-8	-90	-85	-97
ARINOS	0	0	0	0	0	4	3	26	136	0	0	0	0	0	0	5	12	21	0	0	0	0	0	0	1	5	0
	0	0	0	0	0	3	-37	-14	95	0	0	0	0	0	0	-35	-35	-19	0	0	0	0	0	0	-39	-35	-41
BAMBUÍ	48	26	93	245	166	365	863	736	1036	45	22	26	223	133	159	810	623	670	35	6	3	217	64	33	816	475	287
	11	-10	56	88	9	209	221	94	394	8	-14	-10	67	-23	2	168	-165	29	-1	-30	56	61	-92	-123	174	-165	-354
BARBACENA	65	15	78	341	112	327	1322	768	1176	73	14	20	311	87	124	1173	618	685	49	5	3	290	44	28	1195	456	268
	33	-16	46	230	1	216	685	132	540	42	-16	-10	200	-23	12	537	-179	49	18	-26	46	179	-66	-83	559	-179	-368
BELO HORIZONTE	0	0	1	3	1	16	112	70	266	0	0	0	4	3	2	109	54	73	0	0	0	2	0	0	89	17	10
	-1	-1	0	-5	-7	7	24	-18	177	0	0	-1	-4	-5	-6	20	-71	-15	-1	-1	0	-6	-8	-8	0	-71	-78
BOM DESPACHO	7	3	25	77	52	169	529	444	742	8	6	5	71	41	50	489	358	408	4	0	0	61	13	7	490	228	119
	-4	-8	12	14	-10	106	145	60	358	-4	-6	-7	8	-21	-12	105	-155	24	-7	-12	12	-1	-50	-55	106	-155	-264
C. DO MATO DENTRO	1	2	23	38	53	193	472	518	856	1	2	3	34	33	49	417	391	445	1	0	0	28	14	4	405	274	124
	-8	-8	12	-30	-15	124	26	72	410	-8	-7	-7	-34	-35	-18	-28	-171	0	-9	-10	12	-39	-54	-63	-40	-171	-321
CAPARAÓ	0	8	43	31	118	317	529	807	1154	1	4	7	27	69	94	458	621	690	0	1	0	21	34	12	437	490	257
	-27	-20	15	-102	-15	182	-141	135	482	-27	-23	-20	-106	-65	-39	-213	-181	18	-27	-26	15	-113	-99	-121	-233	-181	-414
CAPINÓPOLIS	0	0	0	0	0	1	1	22	87	0	0	0	0	0	0	0	9	12	0	0	0	0	0	0	0	3	1
	0	0	0	-1	0	0	-23	-2	62	0	0	0	-1	-1	-1	-24	-22	-12	0	0	0	-1	-1	-1	-24	-22	-23
CARATINGA	0	0	1	1	5	36	128	208	492	0	0	0	1	2	5	105	123	164	0	0	0	0	0	0	86	70	23

	-2	-2	0	-21	-16	14	-74	5	289	-2	-2	-2	-20	-19	-17	-97	-132	-39	-2	-2	0	-21	-21	-22	-116	-132	-179
CARBONITA	0	0	7	13	21	110	314	386	706	0	0	0	13	11	20	278	256	317	0	0	0	8	5	1	255	170	54
	-2	-1	4	-28	-20	68	-35	37	357	-1	-2	-2	-29	-30	-21	-70	-178	-31	-2	-2	4	-33	-37	-41	-93	-178	-295
CORONEL PACHECO	0	0	5	17	21	73	316	353	609	1	0	0	17	17	20	279	281	314	0	0	0	13	6	3	278	181	107
	-7	-6	-1	-22	-18	34	9	45	301	-6	-6	-6	-22	-22	-18	-28	-125	6	-7	-7	-1	-26	-33	-36	-29	-125	-200
CURVELO	0	0	7	9	12	89	193	221	535	0	0	0	8	7	14	160	143	200	0	0	0	6	3	0	156	101	22
	-2	-1	5	-15	-12	64	-32	-4	309	-1	-1	-1	-16	-17	-10	-65	-124	-25	-2	-2	5	-18	-22	-25	-69	-124	-203
DIAMANTINA	1	1	33	29	34	247	488	566	1117	1	2	3	27	20	49	397	364	495	0	0	0	22	11	1	412	264	64
	-4	-4	27	-31	-26	186	-24	53	604	-4	-4	-2	-33	-39	-10	-116	-249	-17	-5	-5	27	-38	-49	-59	-100	-249	-448
DIVINÓPOLIS	3	4	23	42	55	170	411	472	769	4	6	5	42	43	53	375	379	430	2	0	0	32	13	8	373	243	132
	-11	-10	9	-24	-11	103	8	69	366	-10	-8	-9	-24	-24	-13	-28	-159	26	-12	-14	9	-34	-53	-58	-29	-159	-270
ESPINOSA	0	0	0	0	0	0	2	2	14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	-9	-8	3	0	0	0	0	0	0	-10	-10	-11	0	0	0	0	0	0	-10	-10	-11
FLORESTAL	19	26	98	143	172	384	685	767	1074	20	23	26	132	136	164	634	646	700	14	5	3	126	64	33	645	495	293
	-19	-12	59	-21	7	218	21	103	410	-18	-16	-12	-32	-28	-1	-30	-169	35	-24	-33	59	-39	-101	-132	-19	-169	-370
FRUTAL	0	0	0	2	1	5	25	21	96	0	0	0	1	1	0	18	15	22	0	0	0	0	0	0	10	5	3
	0	0	0	0	-1	2	-1	-5	69	0	0	0	-1	-1	-2	-8	-21	-4	0	0	0	-2	-2	-2	-16	-21	-23
IBIRITÉ	7	10	45	77	96	253	533	606	918	9	11	11	73	74	92	488	497	550	4	2	1	62	28	16	492	350	198
	-15	-11	22	-22	-3	153	18	90	403	-13	-11	-11	-26	-25	-8	-26	-165	34	-18	-20	22	-37	-71	-83	-23	-165	-317
ITAMARANDIBA	0	0	6	10	17	110	333	416	801	0	0	0	10	9	18	291	264	339	0	0	0	6	4	0	266	169	49
	-2	-1	3	-27	-20	72	-38	43	429	-1	-1	-1	-27	-28	-19	-80	-202	-32	-2	-2	3	-31	-34	-37	-105	-202	-322
ITUIUTABA	0	0	0	1	1	2	27	42	148	0	0	0	0	0	0	17	18	27	0	0	0	0	0	0	12	5	2
	0	0	0	-1	0	0	-15	0	105	0	0	0	-1	-1	-2	-24	-37	-15	0	0	0	-2	-2	-2	-30	-37	-40
JANUARIA	0	0	0	0	0	11	43	52	219	0	0	0	0	0	0	39	25	39	0	0	0	0	0	0	17	13	0
	0	0	0	-1	-1	10	-29	-19	146	0	0	0	-1	-1	-1	-32	-59	-32	0	0	0	-1	-1	-1	-54	-59	-71
JOÃO MONLEVADE	0	0	1	1	2	31	123	159	477	0	0	0	2	2	3	109	97	141	0	0	0	1	0	0	94	45	15

	-1	-1	0	-12	-11	17	-42	-6	311	-1	-1	-1	-11	-11	-10	-56	-120	-24	-1	-1	0	-12	-13	-13	-71	-120	-150
JOÃO PINHEIRO	0	0	0	0	0	5	19	23	165	0	0	0	0	0	0	18	14	31	0	0	0	0	0	0	13	6	0
	0	0	0	-1	-1	3	-26	-22	119	0	0	0	-1	-1	-1	-27	-39	-14	0	0	0	-1	-1	-1	-32	-39	-45
JUIZ DE FORA	0	0	5	6	9	62	282	319	677	0	0	0	11	8	11	243	231	282	0	0	0	6	2	1	239	131	71
	-4	-4	0	-21	-18	34	-13	23	381	-3	-3	-4	-16	-19	-17	-52	-164	-13	-4	-4	0	-21	-25	-27	-56	-164	-224
LAMBARI	204	220	423	560	601	874	1257	1324	1599	189	180	213	506	511	547	1170	1196	1218	175	113	70	505	392	252	1181	1082	791
	13	29	233	43	84	356	55	122	397	0	-10	22	-11	-6	29	-32	-119	16	-15	-77	233	-11	-125	-265	-20	-119	-411
LAVRAS	5	6	37	53	58	184	449	485	830	11	7	8	60	47	66	396	390	450	4	2	1	43	20	14	388	266	157
	-13	-11	19	-14	-9	116	43	79	424	-7	-11	-9	-7	-20	-1	-9	-139	43	-14	-16	19	-24	-46	-53	-17	-139	-248
MACHADO	20	24	85	134	146	338	689	745	1074	27	21	28	131	114	147	615	623	671	15	7	5	113	61	40	616	478	302
	-14	-11	49	0	11	203	60	116	445	-8	-14	-7	-3	-20	12	-12	-150	43	-20	-28	49	-21	-73	-94	-12	-150	-325
MARIA DA FÉ	255	288	539	734	803	1116	1573	1647	1946	239	224	268	674	678	715	1480	1502	1519	223	140	86	666	531	343	1488	1383	1043
	15	47	298	62	131	444	55	129	428	0	-15	28	2	6	43	-38	-134	0	-17	-99	298	-5	-139	-328	-30	-134	-474
MOCAMBINHO	0	0	0	0	0	5	21	27	155	0	0	0	0	0	0	23	12	23	0	0	0	0	0	0	8	6	0
	0	0	0	0	0	5	-20	-14	113	0	0	0	0	0	0	-18	-35	-17	0	0	0	0	0	0	-33	-35	-41
MONTE AZUL	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
MONTES CLAROS	0	0	1	1	2	30	81	97	342	0	0	0	1	0	3	70	51	75	0	0	0	0	0	0	37	27	1
	0	0	0	-4	-3	24	-40	-24	220	0	0	0	-4	-5	-3	-51	-94	-46	0	0	0	-5	-5	-6	-84	-94	-120
OLIVEIRA	1	1	12	17	23	102	302	354	705	1	2	1	21	21	25	273	272	332	0	0	0	12	5	3	266	146	74
	-7	-7	3	-23	-17	61	-6	45	395	-6	-5	-6	-20	-20	-16	-35	-162	22	-7	-8	3	-29	-36	-38	-42	-162	-234
PARACATU	0	0	0	0	0	3	25	42	190	0	0	0	0	0	0	18	19	30	0	0	0	0	0	0	13	5	1
	0	0	0	-2	-1	0	-23	-5	142	0	0	0	-2	-1	-2	-30	-43	-18	0	0	0	-2	-2	-2	-34	-43	-47
PASSA QUATRO	63	72	189	286	317	577	998	1075	1390	65	55	73	266	254	297	922	937	967	52	26	17	251	165	101	922	798	537
	-10	-1	115	18	49	309	61	138	453	-8	-18	0	-1	-13	29	-14	-138	30	-21	-47	115	-16	-102	-167	-14	-138	-399
PATOS DE MINAS	0	0	2	3	5	50	135	159	483	0	0	0	4	4	7	116	94	148	0	0	0	2	1	0	102	62	10

	-1	-1	1	-12	-10	33	-45	-21	302	-1	-1	-1	-12	-12	-9	-63	-118	-32	-1	-1	1	-13	-15	-16	-78	-118	-170
PEDRA AZUL	0	0	0	0	0	1	33	35	107	0	0	0	0	0	0	21	17	17	0	0	0	0	0	0	9	9	1
	0	0	0	0	0	0	-25	-23	48	0	0	0	0	0	-1	-37	-49	-41	0	0	0	-1	0	-1	-50	-49	-57
PIRAPORA	0	0	0	0	1	16	55	65	251	0	0	0	1	1	1	48	38	62	0	0	0	0	0	0	39	22	2
	0	0	0	-4	-3	11	-34	-25	160	0	0	0	-3	-3	-3	-41	-68	-27	0	0	0	-4	-4	-5	-50	-68	-87
POÇOS DE CALDAS	142	155	346	489	528	831	1274	1349	1663	138	122	155	438	437	484	1172	1203	1229	120	67	44	432	314	195	1188	1067	758
	1	14	205	41	79	383	66	142	455	-2	-18	14	-9	-11	36	-35	-139	22	-20	-73	205	-15	-134	-253	-18	-139	-449
POMPEU	0	0	5	9	12	56	182	220	477	0	1	0	11	13	13	169	171	208	0	0	0	6	2	1	158	81	43
	-4	-4	0	-18	-15	27	-21	16	273	-4	-3	-4	-16	-15	-15	-34	-122	4	-4	-5	0	-22	-25	-26	-45	-122	-160
SALINAS	0	0	0	0	0	4	70	70	159	0	0	0	1	1	0	47	39	40	0	0	0	0	0	0	22	22	6
	0	0	0	-3	-3	0	-19	-19	69	0	0	0	-3	-3	-3	-42	-68	-49	0	0	0	-4	-3	-4	-68	-68	-84
SÃO LOURENÇO	68	78	194	293	326	572	972	1046	1343	70	60	77	274	263	304	904	917	942	56	29	19	259	175	108	901	782	538
	-10	0	115	18	51	296	60	133	430	-9	-18	-1	-1	-11	29	-8	-129	30	-22	-49	115	-15	-100	-166	-11	-129	-374
SÃO S. DO PARAÍSO	3	2	15	34	38	146	402	475	798	2	2	3	25	26	36	338	343	412	0	0	0	18	8	5	347	208	101
	-4	-5	7	-9	-4	102	19	91	414	-5	-5	-4	-17	-16	-7	-44	-174	29	-7	-7	7	-25	-35	-38	-36	-174	-281
SETE LAGOAS	0	0	7	12	15	73	220	264	554	1	2	1	14	15	17	203	204	249	0	0	0	8	3	2	194	101	52
	-5	-5	1	-19	-16	41	-17	26	316	-4	-3	-4	-18	-16	-14	-34	-136	11	-5	-5	1	-24	-29	-30	-43	-136	-185
UBERABA	1	0	4	9	6	34	151	184	421	1	0	0	7	5	7	109	107	155	0	0	0	2	2	1	108	44	22
	0	-1	1	-3	-5	22	-1	31	267	-1	-1	-2	-5	-7	-4	-44	-109	1	-2	-1	1	-9	-10	-11	-44	-109	-131
VIÇOSA	0	1	12	23	34	146	430	501	866	1	1	1	22	22	31	373	368	426	0	0	0	16	8	3	365	242	108
	-8	-7	3	-33	-23	88	10	81	446	-8	-7	-7	-34	-34	-25	-46	-177	6	-8	-9	3	-40	-49	-54	-54	-177	-311

Valores em azul claro = rcp2.6; azul escuro = rcp4.5; vermelho = rcp8.5. A segunda linha de cada estação está representando a diferença entre os rcps e o *histórica.l*

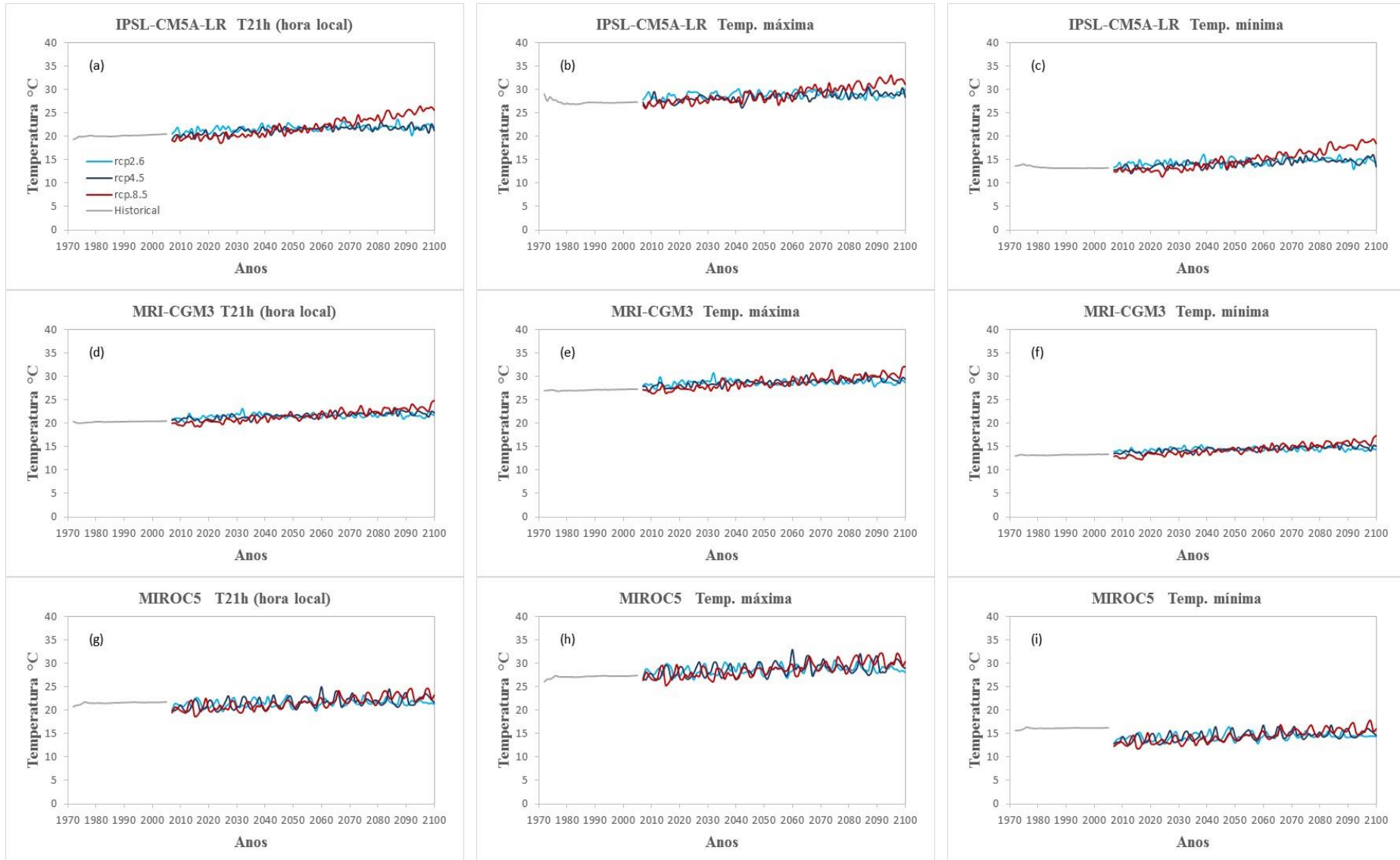


Figura 9. Valores de temperatura às 21 horas (hora local), máxima e mínima do ar corrigida (°C) para a simulação da projeção *historical* (1971-2000) e projeções PR1 (2011-2040), PR2 (2041-2070) e PR3 (2071-2100) para os três cenários forçantes (RCP 2.6, 4.5 e 8.5) em cada modelo.