



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

**Projeções de mudanças climáticas no desenvolvimento  
vegetativo de cultivares de oliveira no sul de Minas Gerais**

---

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO**

**Gabriel Wilson Lorena Florêncio**

**Itajubá, MG, Brasil**

**2018**

**PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO  
DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE CULTIVARES DE  
OLIVEIRA NO SUL DE MINAS GERAIS**

---

**por**

**Gabriel Wilson Lorena Florêncio**

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**

**Itajubá, MG, Brasil**

**2018**

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Monografia

**PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO  
DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE CULTIVARES DE  
OLIVEIRA NO SUL DE MINAS GERAIS**

elaborada por

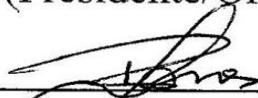
**Gabriel Wilson Lorena Florêncio**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Bacharel em Ciências Atmosféricas**



---

**Fabrina Bolzan Martins, Dr. (UNIFEI)**  
(Presidente/Orientadora)



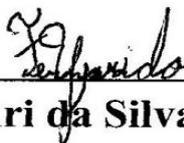
---

**Roger Rodrigues Torres, Dr. (UNIFEI)**



---

**Mabele de Cássia Ferreira, MSc.**



---

**Fernando Yuri da Silva Reis, Bel Gest. Amb. (UNIFEI)**

Itajubá, 03 de julho de 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por me proporcionar vivenciar todos estes momentos.

Aos meus pais Celia e Wilson pelo apoio incondicional durante todo este processo, principalmente nos momentos mais difíceis e por serem meus maiores exemplos de vida.

As minhas irmãs Michele e Gizelli, por toda ajuda e pelos bons conselhos durante toda minha vida. Aos meus sobrinhos Rafaela e Santiago que mesmo sem saber foram motivos de muita alegria em meus dias.

Aos meus primos-irmãos Fernanda e João Carlos pela amizade e pelas inúmeras caronas para a casa nos finais de semana. A Vanessa pela paciência, companheirismo, carinho e incentivo.

A todos os professores do curso de Ciências Atmosféricas, por serem profissionais exemplares e por toda ajuda durante este período, em particular a minha orientadora Fabrina Bolzan Martins (mamis), por todo conhecimento transmitido, pela amizade, paciência, incentivo e por ser meu maior exemplo profissional.

A minha amiga Mabele pela troca de conhecimentos, pela amizade e por toda ajuda que foi fundamental nos trabalhos desenvolvidos durante a minha graduação.

A todos meus colegas de graduação. Aos meus amigos Leandro e Ana Flávia pelas boas conversas e diversas histórias compartilhadas. Deixo um agradecimento mais do que especial ao meu grande amigo João Pedro, um exemplo de pessoa, que se tornou um irmão nessa caminhada, agradeço pela parceria, ajuda, listas compartilhadas e principalmente pelas boas risadas que fizeram com que o caminho fosse menos árduo.

De maneira geral, agradeço a todos, que direta ou indiretamente colaboraram para esta realização.

Aos meus pais.

## **RESUMO**

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

### **PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE CULTIVARES DE OLIVEIRA NO SUL DE MINAS GERAIS**

AUTOR(A): GABRIEL WILSON LORENA FLORÊNCIO  
ORIENTADOR: FABRINA BOLZAN MARTINS

Local e Data da Defesa: Itajubá, 03 de julho de 2018.

As projeções de mudanças climáticas mostram que pode haver uma alteração do padrão sazonal de temperatura do ar e precipitação, assim como da concentração do CO<sub>2</sub> atmosférico, afetando a duração dos estágios de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das culturas, especialmente a oliveira. Neste sentido, este trabalho final de graduação (TFG) teve como objetivo simular o desenvolvimento vegetativo das cultivares de oliveira ‘Arbequina’ e ‘MGASC 315’ cultivadas no município de Maria da Fé - MG simuladas em nove épocas de transplântio, considerando três cenários forçantes distintos de emissões de gases de efeito estufa (RCP’s 2.6, 4.5 e 8.5) para três projeções futuros (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100). As mudanças climáticas influenciarão principalmente o manejo da cultura da oliveira. O aumento na temperatura do ar irá modificar a taxa de desenvolvimento e a duração da fase de muda das cultivares de oliveira Arbequina e MGSASC 315. Dependendo da época de transplântio simulada, a duração da fase de muda é reduzida ou alongada. Épocas cultivadas nos meses mais frios acelerarão o desenvolvimento vegetativo com a redução da duração da fase de muda, enquanto as cultivadas nos meses mais quentes retardarão o desenvolvimento com aumento da duração da fase de muda.

Palavras-chave: fenologia, temperatura do ar, *Olea europaea*L.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Projeções de temperatura mínima (A), média (B) e máxima (C) obtida pela média de três modelos de circulação geral (MCGs), para as três forçantes radiativas (RCP 2.6, 4.5, 8.5). Os eixos das variáveis temperatura do ar possuem escalas distintas devido aos seus valores. Maria da Fé (2011 – 2100).....5
- FIGURA 2 - Duração da fase de muda para as cultivares ‘Arbequina’ (A) e ‘MGSASC 315’ (B) simuladas para curto (PR1=2011-2040), médio (PR2=2041-2070) e longo prazo (PR3=2071-2099) nos RCP’s 2.6 (1), 4.5 (2) e 8.5 (3). As linhas verticais referem-se ao desvio padrão das projeções.....7

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Início das simulações baseado nas datas de transplante (DT) e duração, em dias do calendário civil, para o término da fase de muda nas duas cultivares de oliveira.....	3
TABELA 2– Principais características dos Representative Concentration Pathways (RCPs); Adaptado de Moss et al., (2010).....	4
TABELA 3– Caracterização da temperatura do ar em todas as épocas nos cenários de mudanças climáticas e projeções .....	8
TABELA 4 - Comparação de médias para a variável duração da fase de muda (DFM, dias) para as duas cultivares de oliveira (Arbequina e ‘MGS ASC 315’) considerando três forçantes radiativas (2.6, 4.5 e 8.5) e três projeções (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) para Maria da Fé (MG).....	9

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

$\alpha$  - coeficiente de calibração do modelo de Wang e Engel

CMIP5 - *Coupled Models Intercomparison Project Phase 5*

DFM – Duração da fase de muda

DT – Data de transplante

DV – Desenvolvimento vegetativo

Fc – Fator de correção

FIL – Filocrono

i – Data do início da simulação

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

M1 – MIROC5

M2 – IPSL-CM5

M3 –MRI-CGC

MCG – Modelo de Circulação Geral da Atmosfera

NCobs – Normal climatológica observada

NCsim – Normal climatológica simulada

NF – Número de folhas

PR - Projeção

QME – Quadrado médio do erro

RCP – *Representative Concentration Pathways*

Stac – Soma térmica acumulada

Std – Soma térmica diária

TAF – Taxa de aparecimento de folhas

Tb – Temperatura basal inferior

TB – Temperatura basal superior

Tm – Temperatura média

Tmax – Temperatura máxima

Tmin – Temperatura mínima

Tot – Temperatura ótima

WE – Wang e Engel

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....</b>	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>2</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>2</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>12</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>15</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As projeções climáticas divulgadas pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2013) projetam, no decorrer do século XXI, aumentos do CO<sub>2</sub> atmosférico e de temperatura do ar que podem chegar até 5°C em Minas Gerais no final do século (SANTOS et al., 2017b).

De maneira geral, tais alterações poderão afetar a duração dos estágios de desenvolvimento reprodutivo e vegetativo (GARCÍA e MOZO et al., 2010; TANASIJEVIC et al., 2014), o crescimento, produtividade e qualidade da produção das culturas (FAGUNDES et al., 2010; WALTER et al., 2015; TIRONI et al., 2017), pois a temperatura do ar é a variável meteorológica que mais influencia o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo e crescimento das plantas, enquanto o CO<sub>2</sub> é o principal substrato para a realização da fotossíntese, afetando diretamente a taxa de crescimento da planta (TAIZ e ZEIGER, 2013)

Em teoria, as plantas C3, que representam a maioria das espécies terrestres, deveriam ser beneficiadas pelo aumento de CO<sub>2</sub>, pois, são plantas altamente dependentes do CO<sub>2</sub> atmosférico por possuir a enzima ribulose 1-5 bifosfato carboxilase-oxigenase (Rubisco), única responsável pelo processo metabólico que governa a fotossíntese nas plantas C3 (FAGUNDES et al., 2010; TAIZ e ZEIGER, 2013). Por outro lado, em condições de temperatura elevada ocorre o **efeito de Warburg**, onde o O<sub>2</sub> inibe a fixação da CO<sub>2</sub> pela enzima rubisco, reduzindo a fotossíntese e elevando a fotorrespiração (MARENCO e LOPES, 2009). Este impacto causa prejuízos ao desenvolvimento, pois encurta a duração do ciclo e reduz a produtividade, em função da diminuição da fotossíntese e acúmulo de fotoassimilados (FAGUNDES et al., 2010; TAIZ e ZEIGER, 2013). Desta forma, torna-se necessário a realização de estudos que analisem os potenciais impactos das mudanças climáticas no desenvolvimento de espécies anuais e perenes, em cenários de mudanças climáticas (IPCC, 2013; WALTER et al., 2014) especialmente para aquelas com potencial econômico promissor, como a oliveira (SANTOS et al., 2017b) que tem seu cultivo em expansão nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (MARTINS et al., 2012; WREGE et al., 2015; GARCIA et al., 2018).

A avaliação do impacto das mudanças climáticas na oliveira pode ser analisada através dos modelos de simulação do desenvolvimento comumente utilizados em culturas anuais (STRECK et al., 2011) como: batata (STRECK et al., 2006; FAGUNDES et al., 2010), arroz (STRECK et al., 2013), trigo (LIU e TAO, 2013) e mandioca (GABRIEL et al., 2014); e escassos em culturas perenes (MARTINS et al., 2014). Esses modelos simulam o

desenvolvimento, através da taxa de aparecimento de folhas (TAF), utilizando funções de resposta à temperatura do ar, diferindo-se basicamente entre as categorias linear ou aditiva e não linear ou multiplicativa (MARTINS et al., 2014). Na categoria linear, o modelo do Filocrono (FIL) é o exemplo mais recorrente, enquanto o modelo de Wang e Engel (WE) é bastante utilizado na categoria não linear (WANG e ENGEL, 1998; STRECK et al., 2011; ERPEN et al., 2013).

A carência deste tipo de estudo para a oliveira (*Olea europaea* L.) aliado a importância econômica da espécie constituíram o esforço para a realização deste Trabalho Final de Graduação (TFG).

## 2. OBJETIVOS

O objetivo deste Trabalho Final de Graduação (TFG) foi simular o desenvolvimento vegetativo das cultivares de oliveira ‘Arbequina’ e ‘MG ASC315’ em nove épocas de transplântio, para três cenários forçantes distintos de emissões de gases de efeito estufa (RCP’s 2.6, 4.5 e 8.5) e três projeções (PR1 = 2011-2040, PR2=2041-2070 e PR3=2071-2100).

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um estudo numérico com dados coletados para Maria da Fé, MG, Brasil (22°18’29” S, 45°22’31” O, 1.276 m de altitude), por apresentar expansão nos cultivos de oliveira em MG (SOUZA e MARTINS, 2014). Maria da Fé possui clima Cwb, segundo a classificação de Köppen sendo caracterizado por invernos secos e verões chuvosos (MARTINS et al., 2012). Optou-se pelas cultivares Arbequina e “MGS ASC315”, pois ambas vem sendo utilizadas na região com o objetivo de produzir azeite (MARTINS et al., 2012).

Os modelos de desenvolvimento vegetativo (DV) utilizados neste estudo foram diferenciados para cada cultivar, sendo utilizado o WE para a Arbequina e o FIL para a MGS ASC315, em função dos resultados obtidos por Martins et al. (2014). Em ambos os modelos, o DV é dado pela variável número de folhas acumuladas na haste principal (NF) que integrada no tempo fornece a variável duração da fase de muda (DFM), que se refere ao número de dias entre a data de transplântio e o limiar de NF=20 (MARTINS et al., 2012; MARTINS et al., 2014).

No modelo de WE o NF é dado por (MARTINS et al.,2014) :

$$NF = \sum_{i=1}^n (TAF_{max} \cdot f(t)) \quad (1)$$

Em que :

$TAF_{max}$  – taxa diária máxima de aparecimento de folhas (dado por Martins et al., 2014 = 0,270390 folhas dia<sup>-1</sup>);

$f(T)$  – função beta de temperatura do ar (Equações. 2 e 3):

$$f(T) = \frac{[2(T_m - T_b)^\alpha (T_{tot} - T_b)^\alpha - (T_m - T_b)^{2\alpha}]}{(T_{tot} - T_b)^{2\alpha}}, \text{ quando } T_b \leq T_m \leq T_B \text{ e } f(T) = 0 \quad (2)$$

$$f(T) = 0, \text{ quando } T_m < T_b \text{ ou } T_{med} > T_B \quad (3)$$

$T_m$  - temperatura média diária do ar;

$T_b$ ,  $T_{tot}$  e  $T_B$  - temperaturas cardinais da Arbequina:  $T_b = 10,5$  °C (MARTINS et al., 2012),

$T_{tot} = 16,1$  °C (LISBOA et al., 2012) e  $T_B = 37,8$  °C, (DENNEY et al., 1985);

$$\alpha - \text{coeficiente de calibração, dado por: } \frac{\ln 2}{\ln \left[ \frac{T_B - T_b}{T_{tot} - T_b} \right]} \quad (4)$$

$i$  – data de início da simulação (Tabela 1);

$n$  – data que a cultivar Arbequina atinge  $NF = 20$ , a qual refere-se ao final da fase de muda.

Já no modelo FIL, o  $NF$  é dado por (MARTINS et al., 2014) (Eq. 5):

$$NF_{estimado} = STac_{i=1}^n / \bar{fil} \quad (5)$$

$STac$  – função de temperatura do ar, dada pelo somatório da soma térmica diária ( $STd$ ) (Eqs. 6 a 8):

$$STd = (T_m - T_b) \cdot 1 \text{ dia, quando } T_b < T_m \leq T_{tot} \quad (6)$$

$$STd = (T_{tot} - T_b) \cdot [(T_m - T_b) / (T_{tot} - T_b)]. 1 \text{ dia, quando } T_{tot} < T_m \leq T_B \quad (7)$$

$$STd = 0, \text{ quando } T_m \leq T_b \text{ ou } T_m \geq T_B \quad (8)$$

$T_b$ ,  $T_{tot}$  e  $T_B$  - temperaturas cardinais da MGSASC 315:  $T_b = 11$  °C (MARTINS et al., 2012),

$T_{tot} = 14,7$  °C (LISBOA et al., 2012) e  $T_B = 37,8$  °C (DENNEY et al., 1985);

$i$  - data do início da simulação (Tabela 1);

$n$  – data que a cultivar MGSASC 315 atinge  $NF = 20$ , a qual refere-se ao final da fase de muda;

$\bar{fil}$  - média dos valores de filocrono (17,05 °C dia.folha<sup>-1</sup>).

**Tabela 1.** Início das simulações baseado nas datas de transplântio (DT) e duração, em dias do calendário civil, para o término da fase de muda nas duas cultivares de oliveira.

Época	Datas de transplântio(DT)	Duração da fase de desenvolvimento*	
		Arbequina	MGS ASC315

DT1	20/05/2010	69	84
DT2	20/06/2010	100	170
DT3	20/07/2010	76	132
DT4	20/08/2010	64	126
DT5	29/09/2010	91	110
DT6	27/10/2010	69	110
DT7	20/11/2010	72	100
DT8	21/12/2010	70	98
DT9	15/01/2011	89	108

\*extraído de Martins et al. (2014).

Foram utilizadas nas funções de temperatura do ar dos modelos de DV (f(t) do modelo de WE e STac no modelo do FIL), dados de Tm provenientes do conjunto de três modelos de circulação geral da atmosfera (MCGs) - MIROC5 (M1), IPSL-CM5 (M2) e MRI-CGC (M3) - integrantes do *Coupled Models Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5)*, fornecidas pelo *Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison* e disponibilizadas pelo *Earth System Grid Data Portal (TAYLOR et al., 2012)*. Optou-se por utilizar os MCGs devido à indisponibilidade de resultados atualizados de modelos regionais, os quais são altamente custosos computacionalmente, além da nova geração dos MCGs representarem o estado da arte em modelagem do sistema climático (PEREIRA, 2015; SANTOS et al., 2017b).

As simulações climáticas futuras do CMIP5 utilizam a nova geração de cenários de forçantes radiativas, denominadas *Representative Concentration Pathways (RCP)* (MOSS et al., 2010). Utilizou-se os RCPs 2.6, 4.5 e 8.5 por abranger todo o intervalo, desde o cenário mais otimista ao mais pessimista (Tabela 2).

**Tabela 2.** Principais características das forçantes radiativas (*Representative Concentration Pathways, RCPs*)

Nome/Cenário	Forçante Radiativa	Concentração CO <sub>2</sub> (p.p.m)
RCP 2.6/Otimista	Pico de ~ 3 w.m <sup>-2</sup> e declínio depois do ano 2100	~ 490 CO <sub>2</sub> equivalente antes de 2100
RCP4.5/Intermediário	~ 4.5 w.m <sup>-2</sup> e estabilização depois de 2100	~ 650 CO <sub>2</sub> equivalente e estabilização depois de 2100
RCP 8.5/Pessimista	>8.5 w.m <sup>-2</sup> em 2100	>1370 CO <sub>2</sub> equivalente em 2100

Adaptado de Moss et al., (2010)

A Tm utilizada nos modelos DV foi obtida por :

$$T_m = (T_{\max} + T_{\min})/2 \quad (9)$$

T<sub>max</sub> – obtida pela média das temperaturas máximas diárias do ar dos três MCGs (°C);

T<sub>min</sub> – obtida pela média das temperaturas mínimas diárias do ar dos três MCGs (°C);

Pelos resultados de Pereira (2015) (ANEXO 1 e ANEXO 2), observou-se a necessidade de realizar correções nos valores de T<sub>m</sub> dos três MCGs, devido a superestimativa dos mesmos. Para isso, utilizou-se a metodologia proposta por Lenderink et al. (2007), a qual baseia-se na obtenção do viés mensal (F<sub>c</sub>) entre as normais climatológicas provisórias (NP), obtidas com os dados da estação meteorológica de Maria da Fé (NCobs), e a climatologia do período *historical* dos MCGs (NCsim), ambos para 1971 a 2000, dado por:

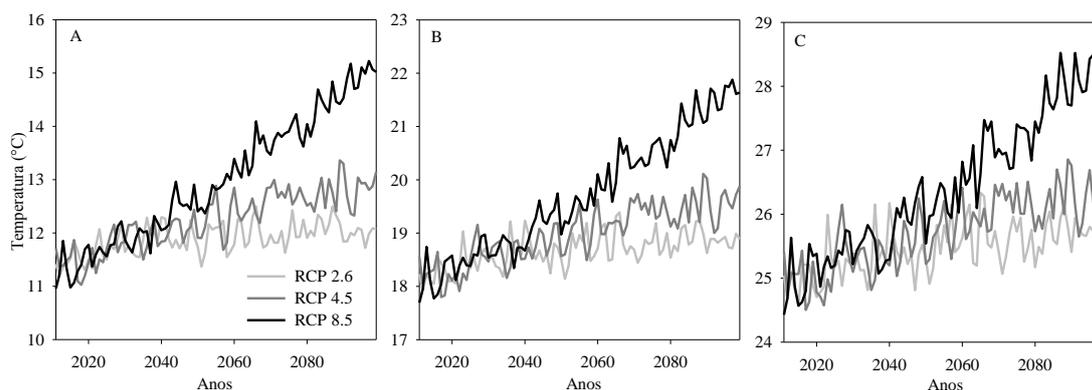
$$F_c = NC_{sim} - NC_{obs} \quad (10)$$

Por fim para avaliar o impacto das mudanças climáticas na variável DFM, aplicou-se a análise de variância (ANOVA) em esquema trifatorial (9 x 3 x 3) para avaliar o efeito das fontes de variação: época de transplântio (nove épocas), forçantes radiativas (RCP's 2.6, 4.5 e 8.5) e projeções (PR1 = 2011-2040, PR2=2041-2070 e PR3=2071-2100), conforme recomendações de Streck et al. (2013). Os valores de DFM foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ( $\alpha=0,05$ ) e comparação de médias pelo teste Scott-Knott ( $\alpha=0,05$ ), realizados no software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O viés foi aplicado aos valores diários de T<sub>m</sub> para cada mês em questão (Janeiro: 3,45; Fevereiro: 2,85; Março: 3,10; Abril: 3,22; Maio: 4,75; Junho: 4,83; Julho: 4,48; Agosto: 4,54; Setembro: 3,78; Outubro: 3,49; Novembro: 3,86; Dezembro: 3,24).

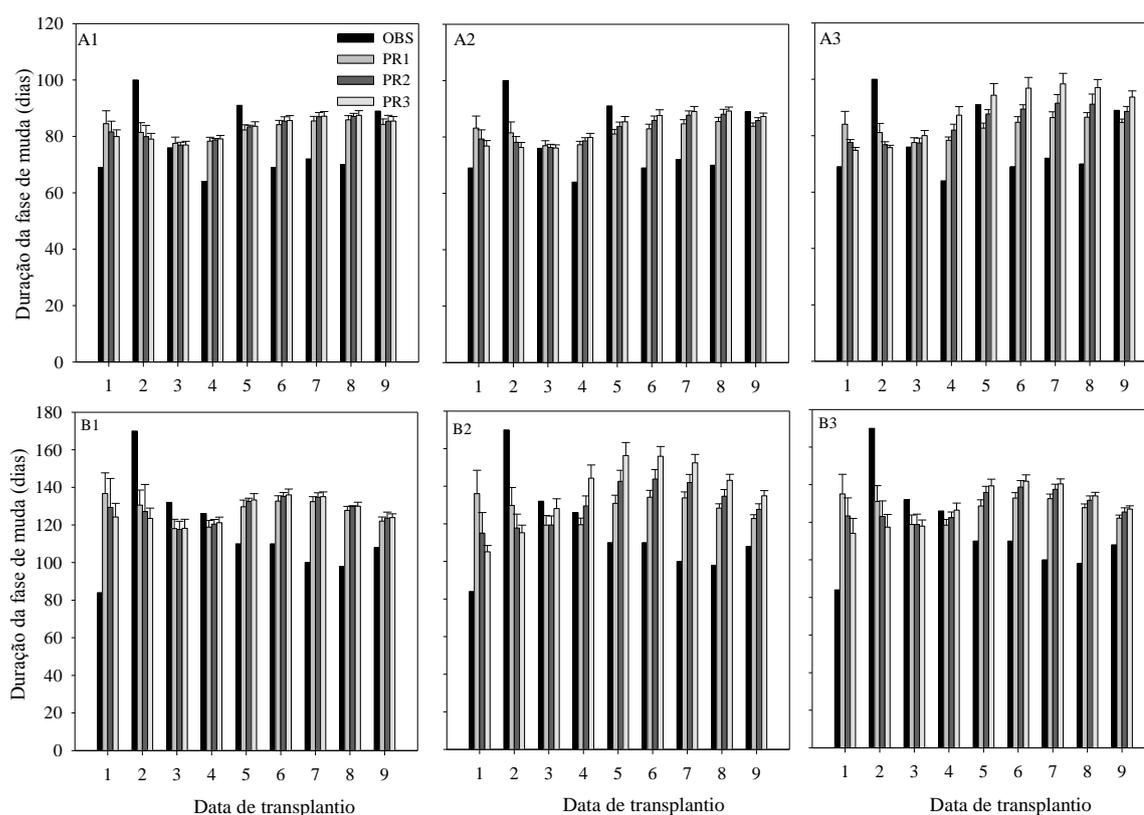
As projeções de temperatura do ar para cada RCP demonstram aumento gradual na temperatura média, máxima e mínima do ar ao longo do século XXI (Figura 1), especialmente para o RCP 8.5 o que é esperado, em função de ser o cenário com maior forçante radiativa ( $8.5 \text{ Wm}^{-2}$ ) e concentração de CO<sub>2</sub> emitido (1370ppm) (RIAHI et al., 2011; MOSS et al., 2010). Esse aumento pode chegar a 1,5°C a curto prazo (PR1), a 3,0°C a médio prazo (PR2) e até 4,0°C a longo prazo (PR3) para Maria da Fé e corrobora com os valores encontrados por Santos et al. (2017b) para Minas Gerais.



**Figura 1.** Projeções de temperatura mínima (A), média (B) e máxima (C) obtida pela média de três modelos de circulação geral (MCGs), para as três forçantes radiativas (RCP 2.6, 4.5, 8.5). Os eixos das variáveis de temperatura do ar possuem escalas distintas devido aos seus valores. Maria da Fé (2011 – 2100)

Tais aumentos projetados de temperatura do ar (Figura 1) causarão prejuízos diretos nos processos fisiológicos das plantas, influenciando a duração dos estágios de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da oliveira (TANASIJEVIC et al., 2014) e consequentemente a DFM (Figura 2). Isso ocorre, pois dependendo da temperatura, as reações de fotossíntese e fotorrespiração, atividades enzimáticas, taxa de transporte e translocação de solutos (FREITAS et al., 2017) são intensificadas ou reduzidas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

De maneira geral, a DFM da Arbequina é menor que a ‘MGSASC 315’ no clima presente e futuro (PR1, PR2 e PR3). Além disso, exceto para as DT5 (i=29/09) e DT9 (i=15/01), há comportamento semelhante da DFM entre as duas cultivares, forçantes radiativas e projeções. Em ambas as cultivares o aumento da temperatura causará aumento da DFM nas DT1 (20/05), 4 (20/08), 6 (27/10), 7 (20/11) e 8 (21/12) e redução da DFM na DT2 (20/06). Exceto para a DT1, o aumento de DFM ocorreu nas simulações realizadas nas épocas que compreendem os maiores valores de temperatura do ar (Tabela 3). Do contrário, a redução da DFM (média de 20 dias para a Arbequina e 50 para a ‘MGSASC 315’) ocorreu nas épocas que compreenderam os menores valores de temperatura do ar, especialmente na PR3 e no RCP 8.5 (Figura 2).



**Figura 2.** Duração da fase de muda para as cultivares ‘Arbequina’ (A) e ‘MGSASC 315’ (B) simuladas para curto (PR1=2011-2040), médio (PR2=2041-2070) e longo prazo (PR3= 2071-2099) nos RCP’s 2.6 (1), 4.5 (2) e 8.5 (3). As linhas verticais referem-se ao desvio padrão das projeções.

O aumento da DFM ocorreu, principalmente, nas épocas instaladas na primavera e verão – na ‘MGSASC 315’ - (6, 7, 8 e 9), nas quais são projetadas os maiores valores de  $T_m$  (Tabela 3), semelhante ao observado para o DV de arroz vermelho (STRECK et al., 2013) e batata (STRECK et al., 2006). Isso ocorre, pois em temperaturas mais elevadas, especialmente acima da  $T_{ot}$  (Arbequina =16,1 °C e ‘MGSASC 315’=14,7 °C MARTINS et al., 2012), há uma redução da taxa de desenvolvimento resultando em um aumento da DFM. A redução do desenvolvimento ocorre devido a maior taxa de respiração de manutenção, processo que consome energia (ATP e NADPH) ou esqueletos carbonados provenientes da fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2013), as quais elevam os custos de manutenção, por aumentar a renovação de proteínas e a manutenção do balanço de íons (MARENCO e LOPES, 2009).

**Tabela 3.** Caracterização da temperatura do ar em todas as épocas nos cenários de mudanças climáticas e projeções.

Arbequina									
Época	RCP 2.6			RCP 4.5			RCP 8.5		
	PR1	PR2	PR3	PR1	PR2	PR3	PR1	PR2	PR3

DT1	13,2	13,5	13,7	13,2	13,7	14,2	13,2	14,2	15,5
DT2	14,2	14,4	14,6	14,0	14,5	14,9	14,1	15,2	16,6
DT3	16,4	16,5	16,6	16,2	16,6	17,2	16,2	17,8	19,5
DT4	19,1	19,2	19,4	18,8	19,5	20,0	18,9	20,6	22,2
DT5	21,0	21,3	21,4	20,8	21,7	22,1	21,1	22,5	23,9
DT6	21,7	22,0	22,1	21,4	22,2	22,6	21,7	22,9	24,4
DT7	22,0	22,3	22,4	22,0	22,7	23,1	22,2	23,4	24,7
DT8	22,1	22,4	22,5	22,2	22,8	23,1	22,3	23,3	24,5
DT9	21,6	21,9	21,9	21,7	22,2	22,6	21,7	22,6	23,7
<b>MGSASC 315</b>									
Época	RCP 2.6			RCP 4.5			RCP 8.5		
	PR1	PR2	PR3	PR1	PR2	PR3	PR1	PR2	PR3
DT1	14,8	14,7	14,9	14,7	14,8	15,1	14,7	15,3	16,3
DT2	16,3	16,3	16,3	16,1	16,4	16,7	16,2	17,2	18,1
DT3	17,9	18,0	18,2	17,7	18,3	18,8	17,8	19,3	21,0
DT4	19,8	20,1	20,2	19,6	20,4	20,9	19,8	21,4	23,1
DT5	21,4	21,8	21,9	21,3	22,2	22,6	21,6	22,9	24,2
DT6	21,8	22,2	22,2	21,8	22,5	22,9	22,0	23,1	24,2
DT7	21,8	22,1	22,2	21,8	22,4	22,8	22,0	22,9	24,0
DT8	21,3	21,6	21,6	21,3	21,9	22,2	21,4	22,2	23,1
DT9	20,2	20,4	20,5	20,3	20,7	21,1	20,2	21,0	22,0

Os valores referem-se a média da temperatura média nas nove épocas de transplântio (DT), para as três forçantes radiativas (RCP 2.6, 4.5, 8.5) e projeções (PR1 = 2011-2040, PR2=2041-2070 e PR3=2071-2100).

Para as duas cultivares, a ANOVA indicou efeito significativo para interação tripla entre épocas de transplântio, forçantes radiativas e projeções ( $p \leq 0,05$ ). Entre os efeitos principais, os maiores valores do quadrado médio do erro (QME) da ANOVA foram para época de transplântio (5264,24: Arbequina e 13588,94: MGSASC 315), RCP (2085,70:Arbequina e 24341,56: MGSASC 315) e projeção (1119,84: Arbequina e 2271,44: MGSASC 315), indicando que a época de transplântio tem maior efeito no DV e na DFM para as duas cultivares de oliveira, semelhante ao observado por Streck et al. (2013) em diferentes genótipos de arroz.

**Tabela 4.** Comparação de médias para a variável duração da fase de muda (DFM, dias) para as duas cultivares de oliveira (Arbequina e ‘MGSASC 315’) considerando três forçantes radiativas (2.6, 4.5 e 8.5) e três projeções (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) para Maria da Fé (MG).

<b>Arbequina</b>			
Época	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 8.5

	PR1	PR2	PR3	PR1	PR2	PR3	PR1	PR2	PR3
DT1	84,8 Cb3	81,6 Dc2	79,9 Bc1	83,1 Ca3	79,3 Bb2	76,8 Ab1	84,1 Db3	78,1 Aa2	74,8 Aa1
DT2	81,6 Ba2	79,9 Cb1	78,9 Bb1	81,3 Ba3	78,3 Ba2	76,3 Aa1	81,1 Ba3	77,2 Aa2	75,7 Aa1
DT3	77,6 Aa1	76,9 Aa1	76,9 Aa1	76,8 Aa1	76,3 Aa1	76,1 Aa1	77,5 Aa1	77,5 Aa1	80,0 Bb2
DT4	78,1 Aa1	78,9 Ba1	79,0 Ba1	77,2 Aa1	78,5 Ba2	79,9 Ba3	78,3 Aa1	81,8 Bb2	87,2 Cb3
DT5	82,1 Bb1	83,6 Ea2	83,5 Ca2	81,0 Ba1	83,5 Ca2	85,4 Cb3	82,5 Cb1	87,5 Cb2	94,2 Dc3
DT6	84,0 Cb1	85,5 Fa2	85,5 Da2	82,9 Ca1	85,7 Da2	87,6 Db3	84,6 Db1	89,3 Db2	96,7 Ec3
DT7	85,4 Da1	87,0 Ga2	87,1 Ea2	84,7 Ea1	87,6 Ea2	89,0 Eb3	86,4 Eb1	91,2 Eb2	98,2 Ec3
DT8	85,8 Da1	87,1 Ga2	87,4 Ea2	85,5 Ea1	87,9 Ea2	89,2 Eb3	86,5 Ea1	90,9 Eb2	96,9 Fc3
DT9	84,2 Ca1	85,4 Fa1	85,4 Da2	83,8 Da1	85,7 Da2	87,3 Db3	84,6 Da1	88,4 Db2	93,6 Dc3

MGSASC31									
Época	RCP 2.6			RCP 4.5			RCP 8.5		
	PR1	PR2	PR3	PR1	PR2	PR3	PR1	PR2	PR3
DT1	137,4 Ea3	129,4 Dc2	124,1 Cc1	134,6 Da3	123,8 Bb2	114,4 Ab1	136,1 Da3	116,8 Aa2	105,1 Aa1
DT2	131,0 Da3	127,3 Dc2	123,3 Cb1	130,4 Ca3	123,6 Bb2	117,6 Ba1	129,7 Ca3	118,9 Aa2	115,1 Ba1
DT3	118,0 Aa1	117,8 Aa1	118,0 Aa1	118,4 Aa1	118,9 Aa1	118,0 Ba1	119,2 Aa1	119,7 Aa1	127,8 Cb2
DT4	118,4 Aa1	120,9 Ba1	121,0 Ba1	118,3 Aa1	122,1 Ba2	126,5 Cb3	119,2 Aa1	129,1 Bb2	143,9 Ec3
DT5	129,2 Ca1	132,9 Ea2	133,2 Ea2	128,7 Ca1	135,5 Da2	139,4 Eb3	130,7 Ca1	142,1 Db2	156,1 Gc3
DT6	132,5 Da1	135,5 Ea2	135,8 Ea2	132,9 Da1	138,5 Db2	141,8 Eb3	133,9 Da1	143,5 Dc2	155,6 Gc3
DT7	132,2 Da1	134,9 Ea2	135,0 Ea2	132,6 Da1	137,2 Da2	140,4 Eb3	133,5 Da1	141,5 Db2	152,2 Fc3
DT8	127,6 Ca1	129,8 Da1	129,9 Da1	127,8 Ca1	131,5 Ca2	134,0 Db2	128,2 Ca1	134,4 Cb2	143,0 Ec3
DT9	121,9 Ba1	123,8 Ca1	123,9 Ca1	122,2 Ba1	125,3 Ba2	127,0 Cb2	122,6 Ba1	127,5 Bb2	134,8 Dc3

médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna (época de transplântio), minúscula na linha (forçante radiativa) e número (projeção) não diferentemente si pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade. Os dados da tabela referem-se aos dados originais. Porém, foi necessária a transformação ( $\ln(\text{DFM})$ ), devido a não pressuposição da normalidade. PR1= 2011-2040, PR2 = 2041-2070, PR3 = 2071-2100.

Há tendência de aumento da DFM, exceto para as DT2 e DT5 para Arbequina e DT2 e DT3 para MGSASC 315, sendo intensificado em direção ao PR3, especialmente no RCP 8.5 em ambas as cultivares. De maneira mais específica, as DT7 e DT8 da cultivar Arbequina apresentaram maior DFM nas três forçantes radiativas e nas três projeções, em torno de 86 dias ( $\pm 0,311$ ) para PR1 e RCP 2.6 e 97 dias ( $\pm 0,919$ ) para PR3 no RCP 8.5. Por outro lado, as DT3 e DT4, a curto e médio prazo (PR1 e PR2, respectivamente) nas forçantes 2.6 e 4.5 terão as menores DFM. Adicionalmente, as DT1 e 2 a longo prazo (PR3), principalmente na RCP 8.5, simuladas em maio e junho, terão redução na DFM. Na cultivar ‘MGSASC 315’ aDT2 também teve uma redução da DFM, nos três RCP’s, ao longo das projeções, em torno de 47 dias. Já as DT5 à 9, principalmente aquelas simuladas em setembro (DT5), outubro (DT6) e novembro (DT7), apresentaram aumento da DFM ao longo das projeções. Para ambas cultivares de oliveira, o DV através da DFM foi encurtado ou alongado dependendo da época de transplântio simulada, semelhante ao observado por Streck et al. (2006) para a batata cv.

Asterix, Streck et al, (2012) para milho, Liu e Tao (2013) para trigo, e Streck et al. (2013) para diferentes genótipos de arroz.

Épocas cultivadas tardiamente no outono e precocemente no inverno acelerarão o DV com a redução da DFM; e as cultivadas na primavera e verão retardarão o DV e aumentarão a DFM, principalmente em função da  $T_m$  ser superior a  $T_{ot}$  das cultivares -  $14,7^{\circ}\text{C}$  para ‘MGSASC315’ e  $16,1^{\circ}\text{C}$  para Arbequina (LISBOA et al, 2012) e próxima a  $T_B$  de  $37,8^{\circ}\text{C}$  (DENNEY et al., 1985). A taxa de desenvolvimento aumenta quando a  $T_m$  encontra-se entre a  $T_b$  e  $T_{ot}$  e decresce quando se afasta da  $T_{ot}$  e se aproxima da  $T_B$  (MARTINS et al., 2014; STRECK et al., 2006). Isso ocorre, pois, a oliveira possui somente a enzima Rubisco no processo metabólico que governa a fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2013). Em condições de  $T_m$  elevada ocorre o efeito de Warburg, onde o  $\text{O}_2$  inibe a fixação da  $\text{CO}_2$  pela rubisco, reduzindo a fotossíntese, elevando a fotorrespiração (MARENCO e LOPES, 2009) e a DFM no campo.

Estudos de García-Mozo et al. (2010), Tanasijevic et al. (2014) e Moriondo et al. (2015) também verificaram alteração no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da oliveira em diferentes regiões da Europa, considerando as projeções de mudanças climáticas. Nestes estudos é verificado que temperaturas elevadas ( $> 30^{\circ}\text{C}$ ) no início do florescimento causam abortamento floral (GARCÍA-MOZO et al., 2010; TANASIJEVIC et al., 2014), durante a polinização e floração afeta a receptividade do estigma, longevidade do óvulo e crescimento do tubo polínico, prejudicando a fecundação e formação do fruto (GARCIA et al., 2018). Concomitantemente, há o encurtamento da duração do florescimento e frutificação (TANASIJEVIC et al., 2014), indicando vulnerabilidade da oliveira às mudanças climáticas. Além disso, os aumentos projetados reduzirão o acúmulo de horas frio, o que é exigido pela oliveira para interromper a dormência, iniciar a diferenciação dos botões florais e ter florescimento normal (GARCIA et al., 2018; SANTOS et al., 2017a). A insuficiência do acúmulo de frio causa uma série de anomalias fisiológicas ocasionado irregularidades na brotação e floração, afetando negativamente o desenvolvimento (SANTOS et al., 2017a) da oliveira.

Dessa forma, tanto o desenvolvimento vegetativo, representado pela DFM, quanto o reprodutivo da oliveira é vulnerável as mudanças climáticas projetadas ao longo do século XXI, corroborando com os resultados de Santos et al. (2017b) para MG. Tal informação impactará na escolha das melhores épocas de transplântio no campo, desenvolvimento da muda em projeções de mudanças climáticas, repercutindo no manejo da oliveira e no sucesso do estabelecimento das mudas no campo.

## 5. CONCLUSÕES

1. O provável aumento da temperatura do ar, chegando a 3°C no final do século, modificará a taxa de desenvolvimento e a duração da fase de muda das cultivares de oliveira Arbequina e MGSASC 315 cultivadas em Maria da Fé.

2. A duração da fase de muda é reduzida ou alongada dependendo da época de transplântio simulada.

3. Épocas cultivadas nos meses mais frios acelerarão o desenvolvimento vegetativo com a redução da duração da fase de muda, enquanto as cultivadas nos meses mais quentes retardarão o desenvolvimento e aumentarão a duração da fase de muda.

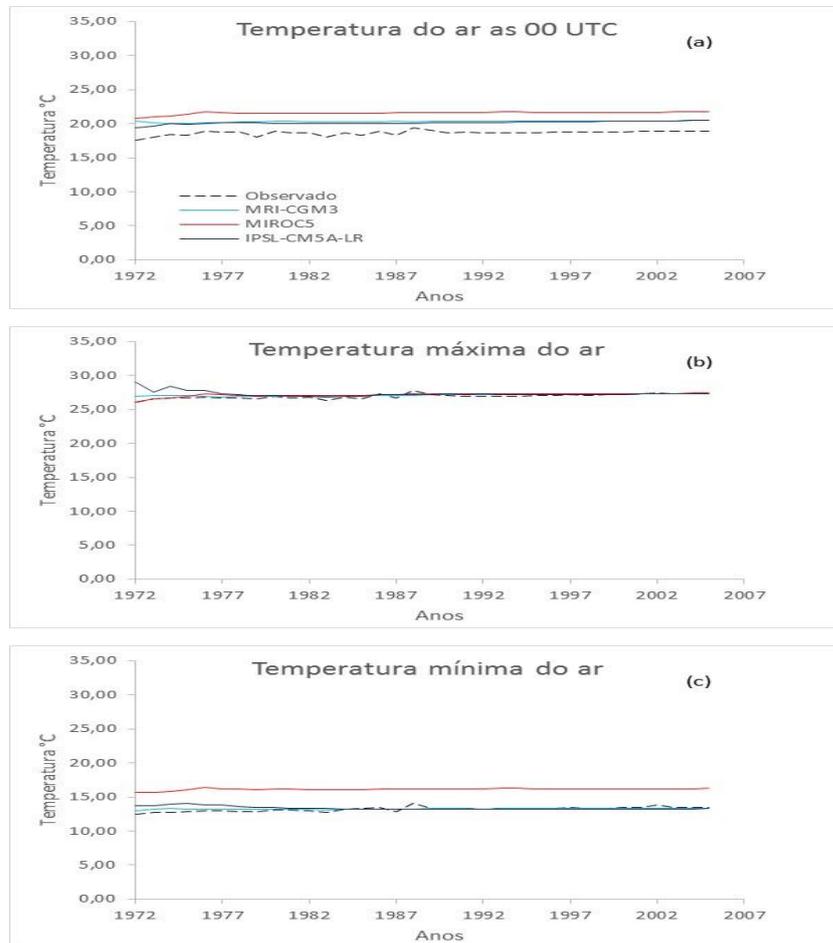
## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DENNEY, J. O.; MCEACHERN, G. R.; GRIFFITHS, J. F. Modeling the thermal adaptability of the olive (*Olea europaea* L.) in Texas. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.35, p.309-327, 1985.
- ERPEN L; STRECK NA; UHLMANN LO; LANGNER JA; WINCK JEM; GABRIEL LF. Estimating cardinal temperatures and modeling the vegetative development of sweet potato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 17: 1230-1238, 2013.
- FAGUNDES, J. D.; De PAULA, G. M.; LAGO, I.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A. Aquecimento global: efeitos no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade da batata. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1464-1472, 2010.
- FAGUNDES, J.D.; STRECK, N.A.; BISOGNIN, D.A.; SCHWANTES, A.P.; ALBERTO, C.M. Produtividade simulada de tubérculos de batata em cenários de mudanças climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 4, p. 351-360, 2010
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, p.1039-1042, 2011.
- FREITAS, C. H.; MARTINS, F. B.; ABREU, M. C. Cardinal temperatures for the leaf development of *Corymbiacitriodora* and *Eucalyptus urophylla* seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 283-292, 2017.
- GABRIEL, L. F.; STRECK, N. A; UHLMANN, L. O.; SILLVA, M. R. DA; SILVA, S. D. da. Mudança climática e seus efeitos na cultura da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.90-98, 2014
- GARCIA, S. R.; SANTOS, D. F dos; MARTINS, F. B.; TORRES, R. R. Aspectos climatológicos associados ao cultivo da oliveira (*Olea europaea* L.) em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.22, p. 188-209, 2018.
- 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.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. SUMMARY FOR POLICYMAKERS. In: Stocker, T.F.; QIN, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S.K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; Midgley, P.M. (Ed.). *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University, 2013. 33p.
- LENDERINK, G.; BUIHAND, A.; DEUSEN, W.V. Estimates of future discharges of the river Rhine using two scenario methodologies: direct versus delta approach. **Hydrology & Earth System Sciences**, v. 11, p.1145-1159, 2007.
- LISBOA, P. M. M.; MARTINS, F. B.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA NETO, J.; REIS, D. F. da. Desenvolvimento vegetativo de duas cultivares de oliveira na fase de muda. **Ciência Rural**, v.42, p.1556-1562, 2012.
- LIU, Y.; TAO, F. Probabilistic change of wheat productivity and water use in China for Global mean temperature change of 1, 2 and 3 °C. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v.52, p.114-129, 2013.

- MARTINS, F. B.; PEREIRA, R. A. A.; PINHEIRO, M. 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, p. 505-514, 2014.
- MARTINS, F. B.; REIS, D. F.; PINHEIRO, M. V. M. Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1975-1981, 2012.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3a.ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009. 486 p .
- 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. 72, p. 387-401, 2015.
- 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.; MEEKL, 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.
- PEREIRA, R. A. **Impacto de projeções de mudanças climáticas no número de horas frio e possíveis implicações no zoneamento para a cultura de oliveira em Minas Gerais**. 2015. 68 f. Trabalho Final de Graduação-Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2015.
- RIAHI, K., S. RAO, V. KREY, C. CHO, V. CHIRKOV, G. FISCHER, G. KINDERMANN, N. NAKICENOVIC, P. RAFAI, 2011: RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. **Climatic Change**, 109, 33–57, 2011.
- SANTOS, D. F. dos; LEITE, R. R. M.; MARTINS, F. B. Avaliação de métodos de estimativa de números de horas frio para o sul e sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 401-416, 2017a.
- SANTOS, D. F. dos; MARTINS, F. B.; TORRES, R. R. Impactsofclimateprojectionsonwater balance and implications on olive crop in Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 77-82, 2017b.
- SILVA, V. P. R.; OLIVEIRA, S. D.; SANTOS, C. A. C.; SILVA, M. T. Risco climático da cana-de-açúcar cultivada na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.180-189, 2013.
- SOUZA, P. M. B.; MARTINS, F. B. Estimativa da temperatura basal inferior para as cultivares de oliveira Grappolo e Maria da Fé. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 307-313, 2014.
- STRECK, N. A.; LAGO, I; ALBERTO, C. M.; BISOHNIN, D. A. Simulação do desenvolvimento de batata cultivar Asterix em cinco cenários de mudança climática em Santa Maria, RS. **Bragantia**, v.65, p.93-702, 2006.
- STRECK, N. A.; LAGO, I.; OLIVEIRA, F. B.; HELDWEIN, A. B.; Avila, de L. A.; Bosco, L. C. Modeling the development of cultivated rice and weedy red rice. **American SocietyofAgricutralandBiologicalEngineers**, v.54, p.371-384, 2011.
- STRECK, N. A.; SILVA, S. D. da; LANGNER, J .A. Assessing the response of maize phenology under elevated temperature scenarios. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, p.1-12, 2012.

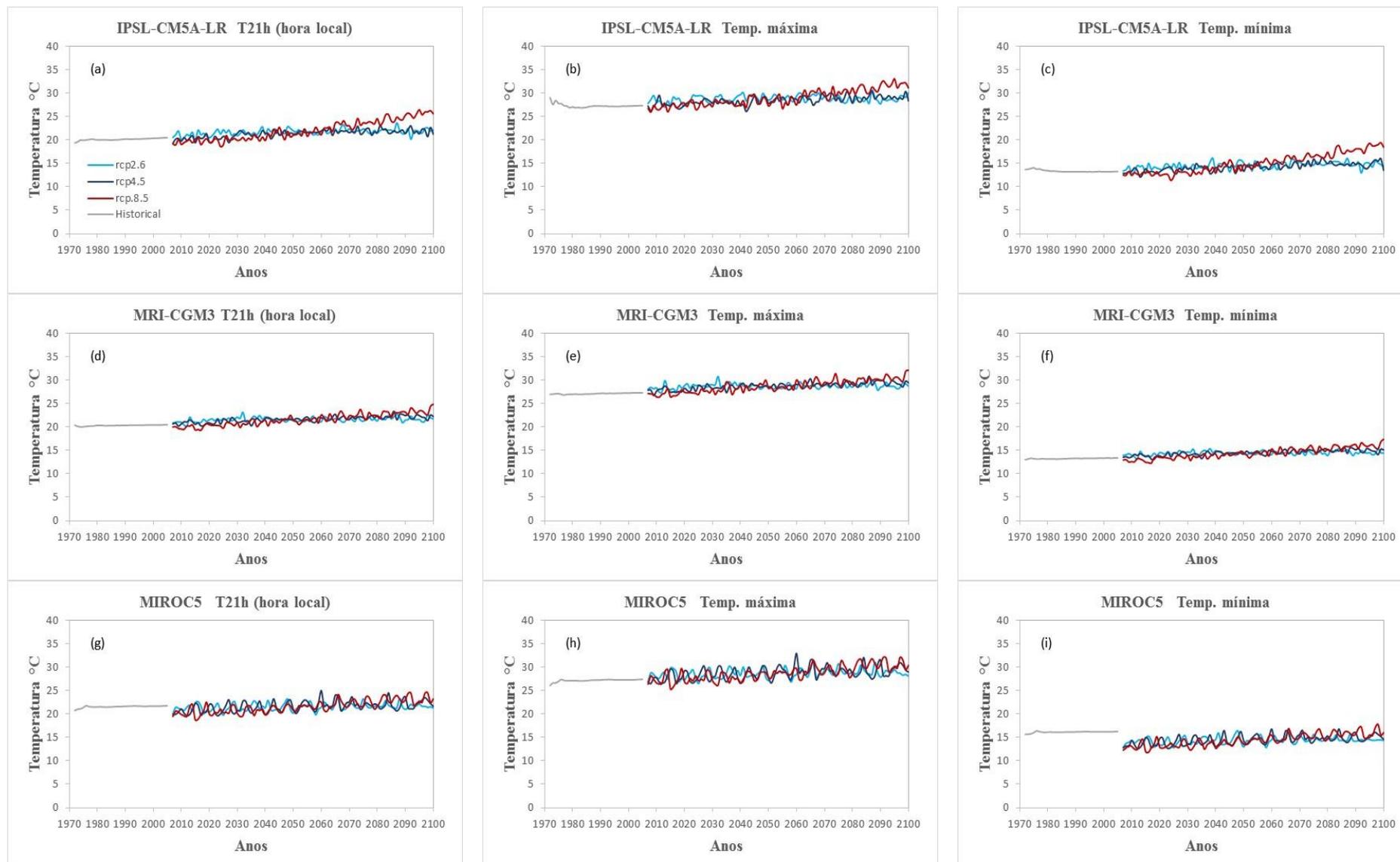
- STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; GABRIEL, L. F. Leaf development of cultivated rice and weedy red rice under elevated temperature scenarios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.190-199, 2013.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2013. p.954p.
- TAYLOR, K. E.; STOUFFER, R. J.; MEEHL, G. A. An overview of CMIP5 and the experiment design. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.93, p.485-498, 2012.
- 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.
- TIRONI, L.F.; STRECK, N.A.; SANTOS, A.T.L.; FREITAS, C.P.O.de; UHLMANN, L.O.; OLIVEIRA JÚNIOR, W.C.de; FERRAZ, S.E.T. Estimating cassava yield in future IPCC scenarios for the Rio Grande do Sul State, Brazil. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, p. 1-10, 2017.
- WALTER, L.C.; ROSA, H.T.; STRECK, N.A. Mecanismos de aclimação das plantas à elevada concentração de CO<sub>2</sub>. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p. 1564-1571, 2015.
- WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ROSA, H. T.; FERRAZ, S. E. T.; CERA, J. C. Mudanças climáticas e seus efeitos no rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, p.915-924, 2014.
- WANG, E.; ENGEL, T. Simulation of phenological development of wheat crops. **Agricultural Systems**, v.58, n.1, p.1-24, 1998.
- WREGE, M. S.; COUTINHO, E. F.; PRELA-PANTANO, A.; JORGE, R. O. Distribuição potencial de oliveiras no Brasil e no mundo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 656-666, 2015.

## ANEXOS



**ANEXO 1.** Série Temporal de temperatura do ar para os três modelos de circulação geral provenientes do CMIP5 baseada na projeção histórica (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).

Fonte: Pereira(2015).



**ANEXO 2.** 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. Fonte: Pereira (2015).