

CRISTHYAN ALEXANDRE CARCIA DE CARVALHO

**IMPACTO DO ESTRESSE TÉRMICO E DE CO<sub>2</sub>  
NO CRESCIMENTO INICIAL E NA  
FISIOLOGIA DO MELOEIRO**

MOSSORÓ - RN  
2015

CRISTHYAN ALEXANDRE CARCIA DE CARVALHO

**IMPACTO DO ESTRESSE TÉRMICO E DE CO<sub>2</sub> NO  
CRESCIMENTO INICIAL E NA FISIOLOGIA DO MELOEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do  
Semi-Árido como parte das exigências do  
Programa para obtenção do grau de Doutor em  
Agronomia: Fitotecnia.

ORIENTADOR: D. Sc. EBENÉZER DE OLIVEIRA SILVA

CO-ORIENTADOR: D. Sc. MARLOS ALVES BEZERRA

MOSSORÓ - RN  
2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)**  
**Setor de Informação e Referência**

C331i Carvalho, Cristhyan Alexandre Carcia de

Impacto do estresse térmico e de CO<sub>2</sub> no crescimento inicial e na fisiologia do meloeiro/ Cristhyan Alexandre Carcia de Carvalho -- Mossoró, 2015.

140f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Ebenézer de Oliveira Silva

Co-Orientador: Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra

Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação.

1. *Cucumis melo* L. 2. Gases de efeito estufa. 3. Metabolismo fotossintético. 4. Mudanças climáticas. 5. Fluorescência. I. Título.

RN/UFERSA/BCOT /140-15

CDD: 635.611

Bibliotecária: Vanessa Christiane Alves de Souza Borba  
CRB-15/452

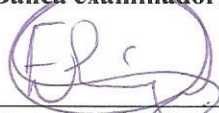
CRISTHYAN ALEXANDRE CARCIA DE CARVALHO

**IMPACTO DO ESTRESSE TÉRMICO E DE CO<sub>2</sub> NO  
CRESCIMENTO INICIAL E NA FISIOLOGIA DO MELOEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do  
Semi-Árido como parte das exigências do  
Programa para obtenção do grau de Doutor em  
Agronomia: Fitotecnia.

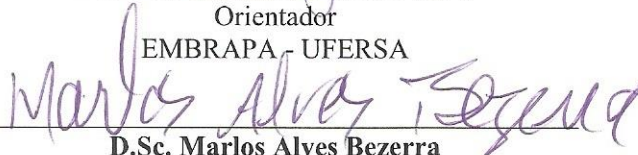
Aprovado em: 16 de janeiro de 2015

**Banca examinadora**



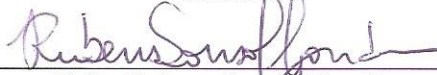
---

**D.Sc. Ebenézer de Oliveira Silva**  
Orientador  
EMBRAPA - UFRSA



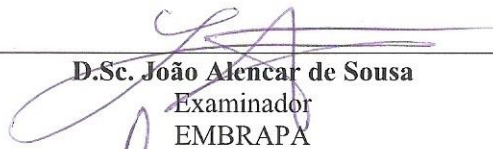
---

**D.Sc. Marlos Alves Bezerra**  
Co-orientador  
EMBRAPA



---

**D.Sc. Rubens Sonsol Gondim**  
Examinador  
EMBRAPA



---

**D.Sc. João Alencar de Sousa**  
Examinador  
EMBRAPA



---

**D.Sc. Claudivan Feitosa de Lacerda**  
Examinador  
UFC

*Aos meus avós, José Lacerda de Carvalho e Francisca Lira de Carvalho (em memória), por todo o amor, carinho e confiança.*

*E aos meus pais Abrahão Lira de Carvalho e Barbara Elienet Garcia de Carvalho, que não mediram esforços para a formação intelectual e moral de seus filhos.*

**Dedico**

*À minha esposa e futura mãe dos meus filhos, Aliny Alencar de Lima, por todo o amor, carinho, amizade e companheirismo ao longo dessa caminhada acadêmica.*

**Ofereço**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimento todo especial a Deus por ter me concedido saúde, paciência e sabedoria para concluir mais uma etapa profissional.

À minha família, Abrahão Lira de Carvalho, Barbara Elienet Garcia de Carvalho, Lia Cristhyna Garcia de Carvalho e Aliny Alencar de Lima, por todo o amor, confiança e valiosos ensinamentos.

Aos meus sogros, Cícero Moreira de Lima e Leudemy Alencar de Lima, e cunhados Roger Santos, Luana Alencar de Lima e Cirleudo Alencar de Lima, por todo o carinho, incentivo e confiança.

Aos amigos-irmãos que fizeram parte dessa caminhada em Mossoró-RN e Fortaleza-CE: Grazyane Andrade, Helder Lucena, Ítalo Silva, Joaquim Branco, Josivania Rodrigues, Laíse Ferreira, Leonardo Tavella, Luciana Mendonça, Dona Lúcia, Magda Laiara, Patrícia Liane, Paula Lidiane, Paula Lima, Rafael Siqueira, Rodrigo Silva, Thaíza Mabelle, Vianney Reinaldo e Viviane Barros.

Aos amigos Aliedson Sampaio, Ana Paula Moraes, Jonathas Vasconcelos de Melo, Karoliny Selhorst, Pablo Oliveira Selhorst, Paulo Márcio Beber e Wagner de Moura Francisco, pela amizade.

Aos amigos de trabalho Alison Lira, Geraldo Macedo, Márcio Leão e Ramalho Moreira, pela amizade.

Às famílias “Lima”, em nome de José Melinho e Maria Ribeiro de Lima e “Oliveira”, em nome de Francisco Oliveira Filho e Maria de Nazaré Oliveira, que me acolheram como filho, proporcionando carinho e amizade durante todo esse período em que estive longe de meus familiares.

Aos meus orientadores D. Sc. Ebenézer de Oliveira Silva e D. Sc. Marlos Alves Bezerra, pela dedicação, ensinamentos e apoio técnico-científico.

Aos meus Mestres D. Sc. Henrique Freitas (UFAC), D. Sc. Jorge Kusdra (UFAC) e D. Sc. Virgínia Álvares (EMBRAPA-ACRE), pela amizade e exemplos de profissionais durante a minha caminhada acadêmica.

Aos professores e funcionários da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), em nome do coordenador da pós-graduação em fitotecnia, D. Sc. Vander Mendonça.

À UFERSA, EMBRAPA, CAPES, CNPQ e à empresa Top Plant, pela infraestrutura, apoio financeiro e doação de material vegetal para realização da pesquisa e conclusão da pós-graduação.

Aos membros da banca examinadora, pela análise crítica e valiosas sugestões visando à melhor qualidade deste trabalho.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho de pesquisa e conclusão da pós-graduação.

***MEU MUITO OBRIGADO!***

## RESUMO

CARVALHO, C. A. C. **Impacto do estresse térmico e de CO<sub>2</sub> no crescimento inicial e na fisiologia do meloeiro.** 2015. 140f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-árido - UFERSA, Mossoró, RN, 2015.

A pesquisa foi realizada na Embrapa Agroindústria Tropical, situada em Fortaleza, Ceará, e dividida em três experimentos distintos que tiveram como objetivos avaliar os efeitos causados pelo estresse térmico (Experimentos I e II) e pela combinação temperatura e elevada concentração de CO<sub>2</sub> (Experimento III) no crescimento inicial, fisiologia, bioquímica e florescimento do meloeiro amarelo híbrido “Goldex” cultivados em casa de vegetação. Em todos os três experimentos, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado; os dois primeiros foram constituídos de 4 tratamentos e 8 repetições e o terceiro foi em esquema fatorial 2x2 com 8 repetições. Nos experimentos I e II, as plantas foram acondicionadas em câmaras de germinação com diferentes temperaturas (30; 34; 38 e 42 °C), simulando um estresse térmico. Porém, no experimento II as plantas foram retiradas das câmaras aos 18 DAT e encaminhadas para casa de vegetação até atingirem a fase de florescimento. No experimento III, as plantas foram acondicionadas em câmaras de germinação e submetidas aos tratamentos 34 °C; 34 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub>; 42 °C e 42 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub>. No experimento I, verificou-se na maioria das variáveis que pelo menos uma avaliação apresentava diferenças significativas entre os tratamentos, fato este não observado para o diâmetro do caule e frutose. Altura da planta, número de folhas (NF), área foliar (AF), sacarose e massa fresca e seca de parte aérea e raiz (MFA, MSA, MFR e MSR) foram influenciados negativamente pela temperatura 42 °C. A clorofila e as trocas gasosas, apesar das diferenças significativas entre os tratamentos, não foram observadas tendências positiva ou negativa das variáveis. A glicose foi influenciada positivamente pelas temperaturas de 38 e 42 °C. No experimento II, houve diferença significativa entre os tratamentos nas variáveis, exceto o diâmetro do caule. Altura da planta, NF, AF e massa fresca e seca de parte aérea e raiz foram

influenciados negativamente pela temperatura de 42 °C. A clorofila e as trocas gasosas apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, no entanto, não se observou tendência, positiva ou negativa, das variáveis nos tempos avaliados. O florescimento foi influenciado pelos tratamentos, pois quanto maior a temperatura, mais tardiamente é observado o início desta fase. No experimento III, a altura das plantas e o diâmetro do caule aos 7; 14 e 23 DAT apresentaram diferenças significativas entre as temperaturas, concentrações de CO<sub>2</sub> e interação entre eles, no entanto, o mesmo resultado não foi observado na análise aos 0 DAT, fato também verificado para o diâmetro do caule aos 23 DAT nas diferentes concentrações de CO<sub>2</sub>. O NF aos 14 e 23 DAT e a AF e massas fresca e seca de parte aérea foram influenciadas significativamente pelos fatores e interação entre eles. A clorofila revelou diferenças significativas apenas entre as temperaturas aos 7 DAT. Já aos 14 DAT houve diferenças significativas dos fatores e interação entre eles, aos 23 DAT as diferenças significativas existiram nas temperaturas e interação temperatura e CO<sub>2</sub>. As trocas gasosas não foram influenciadas pelas temperaturas e nem pela interação entre os fatores aos 14 DAT, ainda na mesma avaliação, o enriquecimento de CO<sub>2</sub> diminuiu a *g<sub>s</sub>* e a razão *C<sub>i</sub>/C<sub>ref</sub>* não influenciando a *A* e *E*. Já aos 21 DAT, as respostas foram bem divergentes, a *g<sub>s</sub>* e a *E* sofreram efeitos da temperatura, do CO<sub>2</sub> e da interação entre eles, ao passo que para a razão *C<sub>i</sub>/C<sub>ref</sub>* e para *A*, não foram observados efeitos significativos dos fatores e nem de sua interação, com exceção do aumento da *A* nas plantas submetidas a elevada temperatura com ou sem enriquecimento de CO<sub>2</sub>, efeito que também foi observado na *g<sub>s</sub>* e *E* das folhas submetidas a 42 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub>. A *F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>* a *F<sub>0</sub>* foram influenciadas apenas pelas temperaturas. Já a *F<sub>m</sub>* e a *q<sub>P</sub>* não sofreram efeitos dos fatores e nem da interação entre eles. A *q<sub>N</sub>* apresentou diferenças significativas para ambos os fatores, não apresentando efeito apenas da interação entre eles. A *ETR* foi influenciada significativamente apenas pelas concentrações de CO<sub>2</sub> e interação temperatura e CO<sub>2</sub>. Conclui-se que o meloeiro submetido a elevadas temperaturas (38 e 42 °C) até os 24 dias após o transplântio apresentaram menor crescimento, fato que também foi verificado quando as plantas foram submetidas a estresse térmico inicial com temperatura de 42 °C, com efeito negativo também no florescimento, retardando em

até 10 dias na comparação com a temperatura de 30 °C. O meloeiro apresentou ainda maior crescimento nas plantas submetidas à combinação de 34 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub> e menor sob elevada temperatura, enriquecida ou não de CO<sub>2</sub>. Já as análises fisiológicas de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila, em sua maioria, não foram influenciadas pelos tratamentos.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Gases de efeito estufa. *Cucumis melo* L. Metabolismo fotossintético. Fluorescência.

## ABSTRACT

CARVALHO, C. A. C. **Impact of heat stress and CO<sub>2</sub> on the initial growth and physiology of melon.** 2015. 140f. Thesis (PhD in Plant Science) - Federal Rural University of the Semi-arid - UFERSA, Mossoró, RN, 2015.

The survey was conducted in Embrapa tropical agribusiness, in Fortaleza, Ceará, and divided into three separate experiments carried out to evaluate the effects caused by heat stress (Experiments I and II) and by combining temperature and high CO<sub>2</sub> concentration (Experiment III) on the growth, physiology, biochemistry and flowering hybrid yellow melon "Goldex" grown in the greenhouse. In all three experiments, the design was completely randomized, the two first were made up of 4 treatments and 8 repetitions and the third was in a 2x2 factorial design with 8 replications. In the experiments I and II, plants were placed in germination chambers with different temperatures (30, 34, 38 and 42 °C), simulating a heat stress. However, in the second experiment, the plants were removed from the chambers at 18 DAT and forwarded to a greenhouse up reaching the flowering phase. In the experiment III, the plants were placed in germination chambers and subjected to treatment 34 °C; 34 °C+900 ppm CO<sub>2</sub>; 42 °C and 42 °C+900 ppm CO<sub>2</sub>. In the first experiment, it was found in most of the variables that at least one assessment showed significant differences between treatments, which is not observed for stem diameter and fructose. Plant height, leaf number (NF), leaf area (LA), sucrose and fresh and dry shoot and root (MFA, MSA, MFR and MSR) were negatively impacted by temperature 42 °C. For chlorophyll and gas exchange, despite significant differences between treatments of positive or negative trends, were observed variables. Glucose was positively influenced by the temperatures of 38 and 42°C. In the second trial, there was no significant difference between treatments in the variables except the stem diameter. Plant height, NC, AF and fresh and dry shoot and root mass were negatively impacted by a temperature of 42 °C. Chlorophyll and gas exchange showed significant differences between treatments, however, there was no trend, positive or negative, of the variables in the time periods. The flowering was influenced by the treatments, because of the higher temperature, the later the beginning of this phase is observed. In the experiment III, plant height and stem diameter at 7; 14 e 23 DAT significant differences between the temperatures, concentrations of CO<sub>2</sub> and interaction entres them, however, the same result was observed on analysis at 0 DAT fact also checked for the trunk diameter at 23 different concentrations in the DAT CO<sub>2</sub>. NF to 14 e 23 DAT and the AF and fresh and dry shoot were significantly influenced by factors and interaction entres them. Chlorophyll revealed significant differences only between the temperatures at 7

DAT. Already 14 DAT, there were no significant differences of the factors and interaction between them, at 23 DAT significant differences existed in temperatures and interaction of temperature and CO<sub>2</sub>. Gas exchange were not affected by temperature, and no interaction between factors at 14 DAT, still the same resource, the CO<sub>2</sub> enrichment decreased *g<sub>s</sub>* and *C<sub>i</sub>/C<sub>ref</sub>* not influencing the *A* and *E*. Have at 21 DAT, the responses were quite different, and the gas and suffered the effects of temperature, CO<sub>2</sub> and the interaction between them. While for *C<sub>i</sub>/C<sub>ref</sub>* and *A* were not observed significant effects of the factors nor its interaction with the exception of the increase in the in plants under elevated temperature with or without enrichment of CO<sub>2</sub>, an effect that was also observed in the gas and the leaves and subjected to 42 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub>. The *F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>* and *F<sub>0</sub>* were influenced only by temperature. Already *F<sub>m</sub>* and *qP* suffered no effects of the factors nor the interaction between them. The *qN* showed significant differences for both factors, with no significant effect only the interaction between them. The *ETR* was affected by concentrations of CO<sub>2</sub> and interaction of temperature and CO<sub>2</sub>. It follows that the melon subjected to high temperatures (38 and 42 °C) up to 24 days after transplanting showed lower growth. This fact was also observed when plants were subjected to initial thermal stress with 42 °C temperature, with a negative effect also on flowering, slowing within 10 days compared to the temperature of 30 °C. The melon showed further growth in plants under the combination of 34 °C+900 ppm CO<sub>2</sub> and lower under high temperature, enriched or not CO<sub>2</sub>. Most physiological analysis of gas exchange and chlorophyll fluorescence were not affected by treatments.

Keywords: Climate change. Greenhouse gases. *Cucumis melo* L. Photosynthetic metabolism. Fluorescence.

## **CAPÍTULO I**

### **LISTA DE FIGURAS**

|                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Mudanças na fotossíntese em função das concentrações intercelulares de CO <sub>2</sub> em plantas C3 e C4.....                                                                                      | 30 |
| Figura 2 - Combinações de níveis de CO <sub>2</sub> atmosférico e temperaturas diárias da estação de crescimento, favorecendo ora as poáceas C3, ora as poáceas C4.....                                        | 31 |
| Figura 3 - Produtividade quântica da fixação de carbono fotossintético em plantas C3 e C4 em função da temperatura foliar.....                                                                                 | 32 |
| Figura 4 - Alterações na fotossíntese em função da temperatura e [CO <sub>2</sub> ] atmosférica atual, para uma planta C3 crescendo em seu habitat natural frio e uma planta C4 em habitat natural quente..... | 32 |

## CAPÍTULO II

### LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - (A) Altura da planta e (B) diâmetro do caule do meloeiro aos 0; 7; 14; 21 e 24 DAT em função das diferentes temperaturas.....                                                                                          | 56 |
| Figura 2 - (A) Número de folhas (NF) aos 7; 14; 21 e 24 DAT e (B) área foliar do meloeiro aos 24 DAT em função das diferentes temperaturas.....                                                                                   | 57 |
| Figura 3 - Índice de clorofila em folhas de meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 7; 14; 21 e 24 DAT.....                                                                                                            | 58 |
| Figura 4 - (A) Massa fresca (MFA) e (B) massa seca de parte aérea (MSA) do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 24 DAT.....                                                                                         | 59 |
| Figura 5 - (A) Massa fresca (MFR) e (B) seca de raiz (MSR) do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 24 DAT.....                                                                                                      | 59 |
| Figura 6 - (A) Fotossíntese - A, (B) condutância estomática - gs, (C) transpiração - E e (D) Razão carbono interno e externo - $C_i/C_{ref}$ de folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 14; 21 e 24 DAT..... | 61 |
| Figura 7 - (A) Porcentagem de glicose, (B) porcentagem de sacarose e (C) porcentagem de frutose em folhas de meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 24 DAT.....                                                       | 63 |

### CAPÍTULO III

#### LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - (A) Transplântio das mudas e (B) acondicionamento dos vasos em câmaras de germinação.....                                                                                                                        | 75 |
| Figura 2 - (A) Casualização e (B) acondicionamento dos vasos em casa de vegetação e início da fase de florescimento do meloeiro.....                                                                                        | 76 |
| Figura 3 - (A) Altura da planta aos 0; 15 e 39 DAT e (B) diâmetro do caule do meloeiro aos 0 e 15 DAT em função das diferentes temperaturas....                                                                             | 79 |
| Figura 4 - (A) Número de folhas (NF) aos 10; 20 e 39 DAT e (B) Área foliar (AF) do meloeiro aos 39 DAT em função das diferentes temperaturas.....                                                                           | 80 |
| Figura 5 - Índice de clorofila de folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 10; 20 e 35 DAT.....                                                                                                         | 81 |
| Figura 6 - (A) Massa fresca e (B) seca de parte aérea (MFA e MSA) e (C) massa fresca e (D) seca de raiz (MFR e MSR) do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 39 DAT.....                                       | 82 |
| Figura 7 - (A) Fotossíntese - A, (B) condutância estomática - gs, (C) transpiração - E e (D) Razão carbono interno e externo - Ci/Cref de folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 13; 23 e 34 DAT..... | 84 |
| Figura 8 - Tempo decorrido para o início do florescimento do meloeiro, em dias após a emergência (DAE), em função das diferentes temperaturas.....                                                                          | 86 |

## CAPÍTULO IV

### LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1 - Sistema completo de injeção de CO <sub>2</sub> e controle de temperatura em câmaras de germinação.....                                                                                                                          | 100 |
| Figura 2 - Câmaras de germinação com sistema adaptado para temperatura e injeção de CO <sub>2</sub> (A; B; C e D).....                                                                                                                     | 100 |
| Figura 3 - (A) Altura de planta aos 0; 7 e 14 DAT e (B) diâmetro do caule do meloeiro aos 23 DAT em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO <sub>2</sub> .....                                                            | 105 |
| Figura 4 - (A) Número de folhas (NF) aos 14 e 23 DAT e (B) área foliar (AF) do meloeiro aos 23 DAT em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO <sub>2</sub> .....                                                          | 107 |
| Figura 5 - Índice de clorofila em folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO <sub>2</sub> aos 7; 14 e 23 DAT.....                                                                                      | 108 |
| Figura 6 - (A) Massa fresca e (B) seca de parte aérea (MFA e MSA) e (C) massa fresca e (D) seca de raiz (MFR e MSR) do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 23 DAT.....                                                      | 110 |
| Figura 7 - (A) Fotossíntese - A, (B) condutância estomática - gs, (C) transpiração - E e (D) Razão carbono interno e externo - Ci/Cref em folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 14 e 21 DAT.....                    | 112 |
| Figura 8 - Eficiência fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm), (B) fluorescência mínima (F0) e (C) fluorescência máxima (Fm) em folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO <sub>2</sub> aos 23 DAT..... | 115 |
| Figura 9 - Taxa de transporte de elétrons (ETR) em folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO <sub>2</sub> aos 23 DAT.....                                                                             | 117 |
| Figura 10 - (A) Dissipação fotoquímica (qP) e (B) dissipação não fotoquímica (qN) em folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO <sub>2</sub> aos 23 DAT.....                                           | 118 |

## APÊNDICE

|                |                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Apêndice 1A -  | Análise de variância de altura do meloeiro aos 0; 7, 14, 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                      | 129 |
| Apêndice 2A -  | Análise de variância do diâmetro do caule do meloeiro aos 0; 7; 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                           | 129 |
| Apêndice 3A -  | Análise de variância do número de folhas do meloeiro aos 7; 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                               | 129 |
| Apêndice 4A -  | Análise de variância do índice de clorofila em folhas de meloeiro aos 7; 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                  | 130 |
| Apêndice 5A -  | Análise de variância de área foliar (AF), massa fresca de parte aérea (MFA) e raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSA) e raiz (MSR) do meloeiro aos 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado. | 130 |
| Apêndice 6A -  | Análise de variância da fotossíntese de folhas do meloeiro aos 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                            | 130 |
| Apêndice 7A -  | Análise de variância da condutância estomática de folhas do meloeiro aos 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                  | 131 |
| Apêndice 8A -  | Análise de variância da transpiração de folhas do meloeiro aos 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                            | 131 |
| Apêndice 9A -  | Análise de variância da razão carbono interno e externo de folhas do meloeiro aos 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.                                                             | 131 |
| Apêndice 10A - | Análise de variância das variáveis glicose, frutose e sacarose de folhas do meloeiro avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                 | 132 |

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Apêndice 11A - | Análise de variância de altura da planta do meloeiro aos 0; 15 e 39 dias após o transplantio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                              | 132 |
| Apêndice 12A - | Análise de variância do diâmetro de caule do meloeiro aos 0 e 15 dias após o transplantio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                                 | 132 |
| Apêndice 13A - | Análise de variância do número de folhas aos 10; 20 e 39 dias após o transplantio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                                         | 133 |
| Apêndice 14A - | Análise de variância do índice de clorofila em folhas de meloeiro aos 10; 20 e 35 dias após o transplantio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                | 133 |
| Apêndice 15A - | Análise de variância das variáveis área foliar (AF), massa fresca de parte aérea (MFA) e raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSA) e raiz (MSR) do meloeiro aos 39 dias após o transplantio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....             | 133 |
| Apêndice 16A - | Análise de variância da fotossíntese de folhas do meloeiro aos 13; 23 e 34 dias após o transplantio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                       | 134 |
| Apêndice 17A - | Análise de variância da condutância estomática de folhas do meloeiro aos 13; 23 e 34 dias após o transplantio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                             | 134 |
| Apêndice 18A - | Análise de variância da transpiração de folhas do meloeiro aos 13; 23 e 34 dias após o transplantio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                       | 134 |
| Apêndice 19A - | Análise de variância da razão carbono interno e externo de folhas do meloeiro aos 13; 23 e 34 dias após o transplantio (DAT) e tempo decorrido para o início do florescimento, em dias após a emergência (DAE), avaliados em delineamento inteiramente casualizado..... | 135 |
| Apêndice 20A - | Análise de variância de altura da planta do meloeiro aos 0; 7 e 14 e 23 dias após o transplantio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                          | 135 |

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Apêndice 21A - | Análise de variância do diâmetro do caule do meloeiro aos 0; 7; 14 e 23 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                        | 136 |
| Apêndice 22A - | Análise de variância do número de folhas do meloeiro aos 14 e 23 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                               | 136 |
| Apêndice 23A - | Análise de variância do índice de clorofila em folhas de meloeiro aos 7; 14 e 23 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                               | 137 |
| Apêndice 24A - | Análise de variância das variáveis área foliar (AF), massa fresca de parte aérea (MFA) e raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSA) e raiz (MSR) do meloeiro aos 23 dias após o transplântio (DAT), avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....          | 137 |
| Apêndice 25A - | Análise de variância da fotossíntese aos 14 e 21 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                                               | 138 |
| Apêndice 26A - | Análise de variância da condutância estomática aos 14 e 21 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                                     | 138 |
| Apêndice 27A - | Análise de variância da transpiração aos 14 e 21 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                                               | 138 |
| Apêndice 28A - | Análise de variância da razão carbono interno e externo do meloeiro aos 14 e 21 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                                | 139 |
| Apêndice 29A - | Análise de variância das fluorescências, eficiência fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm), fluorescência mínima (F0), fluorescência máxima (Fm) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de folhas do meloeiro avaliados em delineamento inteiramente casualizado..... | 139 |
| Apêndice 30A - | Análise de variância das fluorescências, dissipação fotoquímica (qP) e dissipação não fotoquímica (qN) em folhas do meloeiro avaliados em delineamento inteiramente casualizado.....                                                                                  | 140 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                               |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                                             | <b>21</b>     |
| <b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>                                                                                                | <b>21</b>     |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                                                                           | <b>24</b>     |
| 2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MELOEIRO.....                                                                                   | 24            |
| 2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL DO MELOEIRO.....                                                                           | 26            |
| 2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....                                                                                                  | 27            |
| 2.3.1 Relação temperatura e dióxido de carbono nas plantas.....                                                               | 28            |
| 2.3.2 Efeitos causados por elevadas temperaturas e concentrações de CO <sub>2</sub> nas plantas.....                          | 34            |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                       | <b>39</b>     |
| <br><b>CAPÍTULO II - IMPACTOS DE DIFERENTES TEMPERATURAS NO CRESCIMENTO, FISIOLOGIA E BIOQUÍMICA DO MELOEIRO AMARELO.....</b> | <br><b>46</b> |
| <b>RESUMO.....</b>                                                                                                            | <b>46</b>     |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                                                                                          | <b>48</b>     |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                      | <b>49</b>     |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                                                                              | <b>51</b>     |
| 2.1 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....                                                                                            | 51            |
| 2.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E TRATAMENTOS.....                                                                               | 52            |
| 2.3 ANÁLISES QUANTITATIVAS DO CRESCIMENTO.....                                                                                | 53            |
| 2.4 TEOR RELATIVO DE CLOROFILA.....                                                                                           | 53            |
| 2.5 TROCAS GASOSAS.....                                                                                                       | 54            |
| 2.6 CARBOIDRATOS SOLÚVEIS.....                                                                                                | 54            |
| 2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....                                                                                                  | 55            |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                                                                          | <b>56</b>     |

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| <b>4 CONCLUSÕES.....</b> | <b>65</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>66</b> |

|                                                                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO III - EFEITOS DE TEMPERATURAS ELEVADAS NA FASE INICIAL, NO CRESCIMENTO, FISILOGIA E FLORESCIMENTO DO MELOEIRO AMARELO.....</b> | <b>68</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                  |           |
|--------------------------------------------------|-----------|
| <b>RESUMO.....</b>                               | <b>68</b> |
| <b>ABSTRACT.....</b>                             | <b>70</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                         | <b>72</b> |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                 | <b>74</b> |
| 2.1 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....               | 74        |
| 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS..... | 76        |
| 2.3 ANÁLISES QUANTITATIVAS DO CRESCIMENTO.....   | 77        |
| 2.4 TEOR RELATIVO DE CLOROFILA.....              | 77        |
| 2.5 TROCAS GASOSAS.....                          | 78        |
| 2.6 DIAS PARA O INÍCIO DO FLORESCIMENTO.....     | 78        |
| 2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....                     | 78        |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>             | <b>79</b> |
| <b>4 CONCLUSÕES.....</b>                         | <b>88</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                          | <b>89</b> |

|                                                                                                                                              |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO IV - IMPACTOS DE ELEVADAS TEMPERATURAS E CONCENTRAÇÕES DE CO<sub>2</sub> NO CRESCIMENTO E FISILOGIA DO MELOEIRO AMARELO.....</b> | <b>92</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <b>RESUMO.....</b>               | <b>92</b> |
| <b>ABSTRACT.....</b>             | <b>94</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>         | <b>96</b> |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b> | <b>98</b> |

|                                                 |            |
|-------------------------------------------------|------------|
| 2.1 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....              | 98         |
| 2.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E TRATAMENTOS..... | 101        |
| 2.3 ANÁLISES QUANTITATIVAS DO CRESCIMENTO.....  | 101        |
| 2.4 TEOR RELATIVO DE CLOROFILA.....             | 102        |
| 2.5 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA.....             | 102        |
| 2.6 TROCAS GASOSAS.....                         | 103        |
| 2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....                    | 103        |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>            | <b>105</b> |
| <b>4 CONCLUSÕES.....</b>                        | <b>120</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                         | <b>121</b> |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                | <b>127</b> |
| <b>APÊNDICE.....</b>                            | <b>128</b> |

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA**

#### **1 INTRODUÇÃO GERAL**

O debate sobre mudanças climáticas globais tem apresentado interesse tanto da comunidade acadêmica como da população em geral. O tema alcançou grandes proporções científicas a partir da década de 80, quando a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) resolveram monitorar e simular as mudanças do clima ocorridas em nosso planeta.

Juntas, OMM e PNUMA fundaram o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), com o intuito de avaliar, de forma abrangente, objetiva, aberta e transparente, as informações científicas, técnicas e socioeconômicas relevantes para compreender os riscos das mudanças climáticas induzidas pelo homem, seus impactos potenciais e as opções para adaptação e mitigação.

Segundo o IPCC (2014), o aumento na utilização de combustíveis fósseis, a industrialização, as práticas agrícolas inadequadas e as mudanças no uso e ocupação da terra são as ações antrópicas que mais contribuem para o aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, tendo como consequência o aquecimento global (SOLOMON et al., 2007).

Os GEE (vapor d'água, metano, ozônio, óxido nitroso e dióxido de carbono) são os principais causadores do aumento da temperatura na Terra, sendo o CO<sub>2</sub> o responsável por aproximadamente 70% desta elevação (MARENGO, 2006; BRENNAN et al., 2007; PIMENTEL, 2011). O efeito estufa é o fenômeno pela radiação que atravessa a camada atmosférica e, ao entrar em contato com a superfície

terrestre, parte é absorvida pelas plantas e o restante reflete em forma de ondas longas, não conseguindo retornar ao espaço, por ser impedida pelos GEE.

Estudos apontam que até o fim deste século a concentração de CO<sub>2</sub> passará dos atuais 400 para 720 ppm e, como consequência, a temperatura média da Terra poderá aumentar de 1,8 a 4,0 °C (IPCC, 2013; LEAKEY et al., 2009).

A agricultura depende diretamente das condições do clima, portanto, qualquer modificação pode afetar o zoneamento agrícola, a produtividade e as técnicas de manejo das culturas. Diante da importância que o setor agrícola tem para a economia nacional, torna-se de grande importância a análise de todo fator que possa afetar o desempenho das culturas (ZULLO JUNIOR et al., 2006).

Atualmente, a segurança alimentar é um dos maiores desafios para a humanidade e para as futuras gerações, pois no cenário atual, há ao menos 800 milhões de pessoas subnutridas e outros 2 bilhões de pessoas com disponibilidade intermitente de alimentos (FAOSTAT, 2012). Dessa forma, o melhoramento genético e a tecnificação agrícola avançada fazem com que a produção das plantas aumente utilizando cada vez menos área, água e insumos.

Pinto et al. (2008) afirmam que a agricultura tem muito a perder com o aquecimento global, pois este poderá afetar as principais plantações brasileiras, como arroz, milho, feijão e café, provocando redução das áreas cultivadas e da produção.

Diante dos cenários futuros de mudanças climáticas, algumas indagações têm surgido, porém sem respostas conclusivas. Assim, o que esperar do comportamento fisiológico e bioquímico das plantas de metabolismos fotossintéticos C3, C4 e CAM com o possível aumento na concentração de CO<sub>2</sub> e elevação da temperatura?

De acordo com a literatura, as plantas de metabolismo fotossintético C3, em condições ideais de temperatura e umidade, serão as mais beneficiadas com o aumento da concentração de CO<sub>2</sub>, no entanto, se for combinado com altas temperaturas podem resultar em estresse, devido a um conjunto de mudanças morfo-anatômicas, fisiológicas e bioquímicas que possivelmente afetem seu desenvolvimento (WAHID et al., 2007).

A partir dessas incertezas, torna-se de suma importância a experimentação agrícola com mais espécies do metabolismo fotossintético C3, como, por exemplo, o melão, que é uma espécie de grande destaque na região Nordeste brasileira.

Esta pesquisa foi dividida em três experimentos distintos, que tiveram como objetivos avaliar os efeitos causados pelo estresse térmico (Experimentos I), estresse térmico inicial e posterior adaptação a condições ambiente (Experimento II) e pela combinação elevadas temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub> (Experimento III) no crescimento inicial, fisiologia, bioquímica e florescimento do meloeiro amarelo híbrido “Goldex” cultivados em casa de vegetação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil apresenta elevado potencial no setor agrícola, ocupando a terceira e quinta posições na produção mundial de frutas e cereais, respectivamente (FAOSTAT, 2012; IBRAF, 2013). Esse potencial no agronegócio também o coloca como emissor de gases de efeito estufa, principalmente devido a mudanças no uso da terra, como desmatamentos, queimadas, agricultura epecuária (IPCC, 2007).

O cultivo de frutíferas é um dos setores que contribuem para o aumento dessas emissões, a partir da preparação do solo até a comercialização. Na região Nordeste brasileira, considerada grande produtora de frutas, uma das espécies que merecem destaque é o melão, que vem apresentando aumento gradativo na produção desde a década de 80, quando foi implantando comercialmente (ARAÚJO; VILELA, 2002).

### 2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MELOEIRO

Segundo Simmonds (1976), o meloeiro é de origem Africana, se dispersando a princípio para a Índia e, posteriormente, para outras regiões. Nas Américas, acredita-se que Colombo foi o disseminador, passando a ser cultivado pelos indígenas, onde foi rapidamente distribuído por todo o continente (MCCREIGHT et al., 1993).

O melão pertence a subtribo Cucumerinae, tribo Melotricae, família Curcubitaceae, gênero *Cucumis* e espécie *Cucumis melo* (JEFFREY, 1980). Segundo Aragão (2011), botanicamente o meloeiro é uma olerícola, porém seus frutos são consumidos como fruta.

O meloeiro é uma planta anual, herbácea, de caule prostrado, sulcado, não aculeado, hispido, com um número de hastes ou ramificações variáveis, podendo atingir até três metros, a depender do cultivar. As folhas são alternadas simples,

limbo inteiro, trilobado, pentaloado, 3 ou 5 palmada, angulosas quando jovens e subcudiformes quando completamente desenvolvidas (KIRKBRIDE JUNIOR, 1993).

De acordo com Gómez-Guillamón et al. (1983), o sistema radicular é ramificado, vigoroso e pouco profundo, concentrado nos primeiros 20 a 30 cm de solo.

Segundo Mathew et al. (1986), as cultivares de melão possuem flores monóicas, ginóicas ou, em sua maioria, andromonóicas (presença de flores masculinas e hermafroditas). Os frutos podem apresentar características variadas de tamanho, formatos, coloração de casca e polpa e o sabor pode variar de amargo a doce, a depender do cultivar (STEPANSKY et al., 1999; D' ALBUQUERQUE JÚNIOR, 2003).

Os estádios fenológicos, segundo Marouelli et al. (2001), são quatro: Estádio I, da emergência até 10% do desenvolvimento vegetativo; Estádio II, desde o final do estágio I até 70 a 80% de desenvolvimento vegetativo (início do florescimento); Estádio III, desde o final do estágio II até o início da maturação; Estádio IV, desde o final do estágio III até a colheita.

De acordo com Crisóstomo et al. (2008), existem nove variedades botânicas de melão, divididos em duas classes: o *Cucumis melo* var. *Inodorus* Naud. e *Cucumis melo* var. *Cantalupensis* Naud, classificados como não climatéricos e climatéricos, respectivamente. Entretanto, no Brasil cultivam-se apenas híbridos e variedades comerciais, resultado não só da hibridação entre espécies, mas também de programas intensivos de melhoramento genético, em que se incorporam em uma variedade botânica genes desejáveis de outra variedade.

Ostipos mais comercializados no país são: Amarelo, Honey Dew, Pele de Sapo, Cantaloupe, Charentais e Gália. Os três primeiros tipos de melão pertencem ao grupo botânico *Inodorus* e se caracterizam por serem frutos sem aroma, não climatéricos, resistentes ao transporte e de elevada vida pós-colheita. Os melões do tipo Cantaloupe (americano), Charentais (europeu) e Gália (israelense) são aromáticos, climatéricos, têm elevado teor de sólidos solúveis e baixa conservação pós-colheita (MADALENA, 2009).

O melão amarelo híbrido “Goldex”, um dos mais cultivados na região nordeste, apresenta produtividade acima de 20 t ha<sup>-1</sup>, plantas vigorosas com tolerância a Fusarium raças 0 e 2 e oídio. Os frutos apresentam polpa branco-creme, com pequena cavidade interna e casca levemente rugosa, com cor amarelo-ouro e peso médio de 1,4 kg. Alto teor de sólidos solúveis (12 a 13°Brix), ideal para exportação. O início da colheita ocorre de 64 a 70 dias (EMBRAPA, 2010).

## 2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL DO MELOEIRO

O meloeiro é uma cultura de grande expressão econômica, cultivado em várias regiões do Mundo devido à sua adaptabilidade a diferentes tipos de solos e clima (AROUCHA et al., 2007).

No Brasil, a área plantada da cultura em 2012 foi de 22.810 ha, com produção de 575.386 t e exportação de 181.700 t, cujos principais importadores foram os Países Baixos, Reino Unido e Espanha. O total das exportações gerou US\$134 milhões (IBGE, 2012; MDIC, 2013).

A região Nordeste destacou-se como maior produtora de melão com 547.262 t no ano de 2012, distribuídas principalmente pelos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco (IBGE, 2012).

O agronegócio do melão no semiárido brasileiro tem evoluído de forma acelerada durante os últimos anos, resultado de vários fatores, entre eles o emprego da agricultura irrigada e o avanço no melhoramento genético de materiais adaptados para a região (AROUCHA et al., 2007). Esse aprimoramento tecnológico-científico veio acompanhado da geração de emprego e renda. A região tem se destacado ainda pela sua inserção tanto no mercado nacional quanto internacional, com a participação de pequenos, médios e grandes produtores (CRISÓSTOMO et al., 2008).

## 2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

É notório que a Terra vem passando, ao longo de toda a sua história geológica, por várias transformações climáticas. Conhecer as condições do clima do passado é imprescindível para se entender a variabilidade atual e realizar as inferências no futuro. Várias são as críticas e correções sobre as informações do clima passado e também as divergências sobre as causas desse aquecimento, se naturais ou antropogênicas (MOLION, 2008).

Existem duas correntes que defendem pontos de vistas opostos: segundo alguns cientistas (principalmente geólogos), as mudanças são cíclicas e suas principais causas são geológicas (SKINNER; PORTER, 2000; EEROLA, 2001), ao passo que outros estudiosos afirmam que há evidências científicas cada vez mais fortes de que as mudanças mais recentes não são variações naturais, mas estão relacionadas ao aumento da temperatura, causada por atividades antrópicas, em especial o consumo excessivo de combustíveis fósseis, industrialização, práticas agrícolas inadequadas e mudanças no uso e ocupação da terra (IPCC, 2014; JURAS, 2013).

Essas mudanças provocaram a emissão exagerada de gases de efeito estufa (GEE). Com isso, a tendência é de que os extremos climáticos ocorram de forma abrupta, influenciando diretamente a produção agrícola, pois as plantas necessitam de tempo para adaptação natural a determinadas condições climáticas (JURAS, 2013).

Segundo a Convenção do Clima (1992), estabilizar a concentração de GEE na atmosfera em um nível que previna uma interferência antropogênica perigosa sobre o sistema climático é de caráter emergencial. Dessa forma, estabeleceram um limite para o aumento da temperatura média no Planeta na reunião do COP15, em 2009, em Copenhague, de no máximo 2 °C.

Entretanto, segundo Kahn e Azevedo (2013), o aumento de 2 °C representa quase o limite acima do qual as mudanças climáticas se tornam abruptas e irreversíveis. O próprio acordo de Copenhague reconhece que limitar em 1,5 °C seria

o ideal e propõe que na avaliação da implementação do acordo, prevista para 2015, a proposta seja reconsiderada.

Mas o fato é que, em 2013, a marca de 400 ppm de CO<sub>2</sub> na atmosfera foi alcançada e não existem perspectivas de que o pico das emissões globais vá ocorrer antes de 2020. O cenário de 2 °C está cada vez mais distante (IPCC, 2013). Ainda de acordo com o IPCC, as chances de a temperatura média subir 4 °C entre 2050 e 2070 é bem maior, devido principalmente ao efeito estufa do CO<sub>2</sub> (MASLIN; AUSTIN, 2012).

Diante disso, o que esperar do comportamento das plantas com o aumento da temperatura e concentração de CO<sub>2</sub>?

### **2.3.1 Relação temperatura e dióxido de carbono nas plantas**

De modo geral, as plantas de metabolismo fotossintético C3, C4 e CAM submetidas a ambientes com amplitude térmica e concentração de CO<sub>2</sub> ideais, de acordo com as exigências de cada grupo, sustentam taxas fotossintéticas elevadas, tendo em vista que estes fatores são essenciais para este processo físico-químico (TAIZ; ZIEGER, 2013).

Ainda segundo os mesmos autores, a atual concentração de CO<sub>2</sub> ambiente é insuficiente para saturar a enzima ribulose 1-5 bifosfato carboxilase-oxigenase (Rubisco), responsável pela carboxilação primária, que é o processo metabólico da fotossíntese em plantas C3. Logo, com o aumento da concentração de CO<sub>2</sub>, atmosférico ocorrerá uma redução na fotorrespiração das espécies C3, por promover a carboxilação e diminuir a oxigenação da enzima Rubisco (SAGE, 1994).

Diferentemente das espécies C3 as C4, possuem uma enzima específica para o CO<sub>2</sub>, a fosfoenolpiruvato carboxilase (PEP), que fixa o CO<sub>2</sub> nas células do mesófilo e o transporta na forma de um ácido de quatro carbonos para as células da bainha vascular, onde ocorre o ciclo de Calvin, concentrando o CO<sub>2</sub> nesse local. Portanto, as plantas C4 respondem menos ao aumento na concentração de CO<sub>2</sub> do que as

plantas C3, pois já possuem um mecanismo que aumenta a eficiência fotossintética na utilização de CO<sub>2</sub> (TAIZ; ZIEGER, 2013).

Para a maioria das plantas, a concentração máxima tolerada de CO<sub>2</sub> está em torno de 700 a 1000 ppm. Acima disso, as plantas podem sofrer injúrias nas folhas, fechamento estomático, maior produção de etileno e redução em seu crescimento (LARCHER et al., 2000).

Os principais efeitos do aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico em plantas de metabolismo fotossintético C3, C4 e CAM cultivadas em campo, segundo Leakey et al. (2009) e Pimentel (2011), são:

- incremento na assimilação de CO<sub>2</sub> e na produção de biomassa;
- aumento da eficiência do nitrogênio, porque menos Rubisco será necessária, consequentemente haverá menor produção dessa enzima;
- menor condutância estomática com maior eficiência de uso da água por planta e por área cultivada;
- estímulo da taxa de respiração mitocondrial por aumento da transcrição e atividade de enzimas envolvidas no mecanismo;
- ausência de estímulo direto para incremento da assimilação de CO<sub>2</sub> em plantas C4, mas com estímulo indireto, causado por secas previstas, pela redução da condutância estomática nos horários de maior demanda evaporativa atmosférica.

A concentração de carbono intercelular (C<sub>i</sub>) em que a fotossíntese e respiração se equilibram define o ponto de compensação do CO<sub>2</sub>. Nesse ponto, a fotossíntese líquida é zero, ou seja, a quantidade de CO<sub>2</sub> consumido é igual ao liberado. Por outro lado, o aumento da [CO<sub>2</sub>] eleva a fotossíntese até o valor máximo, chamado de ponto de saturação, que varia com a espécie e o tipo de metabolismo fotossintético, como observado na Figura 1 (TAIZ; ZIEGER, 2013).

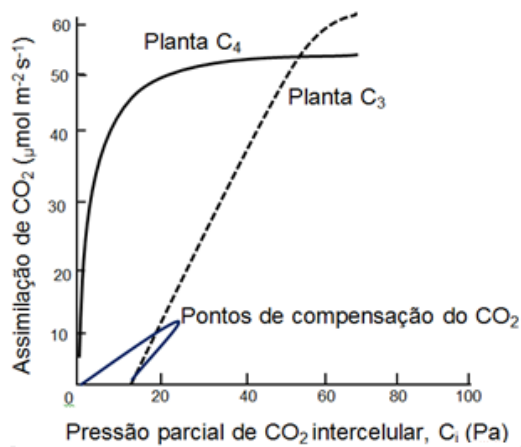


Figura 1 - Mudanças na fotossíntese em função das concentrações intercelulares de CO<sub>2</sub> em plantas C3 e C4. Fonte: Taiz e Zaiger (2013).

Nas plantas C<sub>4</sub>, as taxas fotossintéticas saturam com valores de  $C_i$  próximos de 15 Pa, refletindo os efetivos mecanismos concentradores de CO<sub>2</sub> que operam nessas espécies. Já em plantas C<sub>3</sub>, o aumento dos níveis de  $C_i$  continua a estimular a fotossíntese em uma faixa bem mais ampla.

Já para a temperatura, cada grupo de planta apresenta amplitude térmica ideal para seu ótimo desenvolvimento. As espécies C<sub>3</sub> desenvolvem-se bem a temperaturas de 15 a 25 °C, as C<sub>4</sub> de 30 a 40 °C e as CAM acima de 35 °C. Assim, a combinação de diferentes temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub> pode apresentar respostas variadas no crescimento de plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>, como pode ser observado na Figura 2 (TAIZ; ZIEGER, 2013).

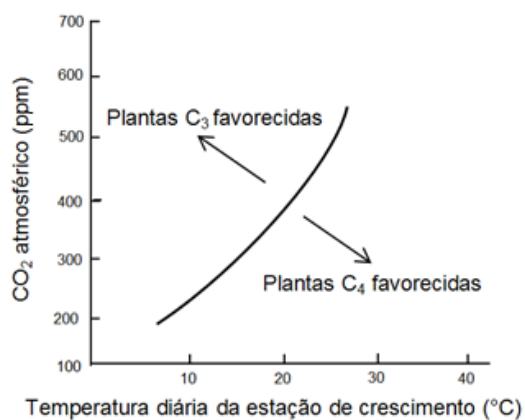


Figura 2 - Combinações de níveis de CO<sub>2</sub> atmosférico e temperaturas diárias da estação de crescimento, favorecendo ora as poáceas C<sub>3</sub>, ora as poáceas C<sub>4</sub>. Fonte: Taiz e Zaiger (2013).

Comparando as plantas de metabolismo fotossintético C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> nas condições atuais de CO<sub>2</sub> atmosférico (384 ppm), observa-se que a fotorrespiração e o custo energético da fixação líquida de CO<sub>2</sub> nas plantas C<sub>3</sub> crescem com o aumento da temperatura, causando menor produtividade quântica (razão entre CO<sub>2</sub> e fótons absorvidos pelas folhas), ao passo que nas plantas C<sub>4</sub> esse efeito é nulo, com o aumento da temperatura não influenciando sua produtividade quântica (Figura 3) (TAIZ; ZIEGER, 2006).

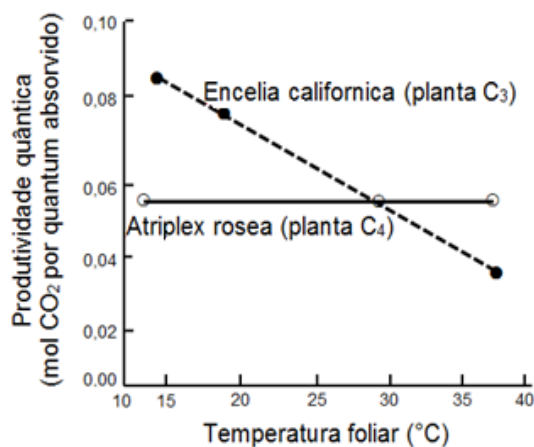


Figura 3 - Produtividade quântica da fixação de carbono fotossintético em plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> em função da temperatura foliar. Fonte: Taiz e Zaiger (2013).

Na concentração atual de CO<sub>2</sub> atmosférico, temperaturas abaixo de 30 °C favorecem a fotossíntese líquida de plantas C<sub>3</sub>, e temperaturas acima de 30 °C favorecem as plantas C<sub>4</sub>, como pode ser observado na Figura 4 (TAIZ; ZIEGER, 2013).

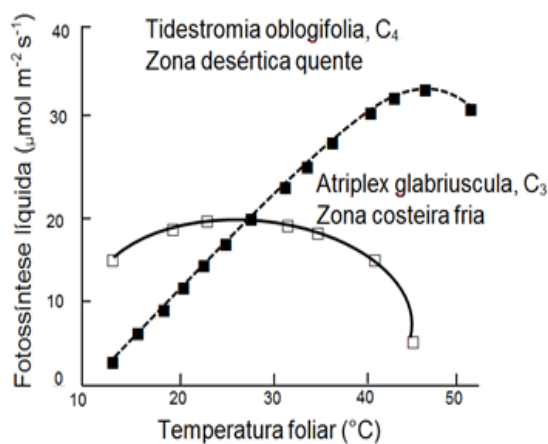


Figura 4 - Alterações na fotossíntese em função da temperatura e [CO<sub>2</sub>] atmosférica atual, para uma planta C<sub>3</sub> crescendo em seu habitat natural frio e uma planta C<sub>4</sub> em habitat natural quente. Fonte: Taiz e Zaiger (2013).

De modo geral, a resposta fotossintética ótima é obtida em níveis mais elevados de temperatura e de radiação nas plantas C4 e CAM do que nas espécies C3 (LIMA; ALVES, 2008).

O meloeiro é um exemplo de espécie de metabolismo fotossintético C3, necessitando para a germinação de temperaturas entre 18 a 45 °C, sendo a ideal entre 25 e 35 °C (ANGELOTTI; COSTA, 2010). Para o desenvolvimento da cultura, a faixa ótima é de 25 a 30 °C, abaixo de 12 °C seu crescimento é paralisado e acima de 40 °C é prejudicado (COSTA, 2007), ao passo que para a floração a temperatura ótima situa-se entre 20 e 23 °C. Temperaturas elevadas acima de 35 °C estimulam a formação de flores masculinas e acima de 37 °C ocasionam problemas na maturação (ANGELOTTI; COSTA, 2010).

Ainda segundo Angelotti e Costa (2010), a temperatura é o principal fator climático que afeta a cultura do meloeiro, desde a germinação das sementes até a qualidade final do produto. Em regiões de clima quente e seco, os frutos apresentam teor de açúcar acima de 10 °Brix, além de sabor agradável, mais aroma e maior consistência, características desejáveis para comercialização, principalmente para o mercado externo.

As plantas de metabolismo fotossintético C4 com enzimas de carboxilação compartimentalizada espacialmente e as CAM de forma temporal apresentam elevada eficiência fotossintética mesmo em condições de baixa concentração de CO<sub>2</sub>, elevada temperatura e radiação solar, além de baixa umidade (D'ALBUQUERQUE JUNIOR et al., 2007). Isso se deve ao mecanismo de concentração de CO<sub>2</sub> nas células do mesófilo que permite às plantas C4 e CAM o fechamento parcial ou total dos estômatos, principalmente nas horas mais quentes do dia, reduzindo a condutância estomática e a transpiração (MARIN; NASSIF, 2013).

### **2.3.2 Efeitos causados por elevadas temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub> nas plantas**

De acordo com Marin e Nassif (2013), o aumento na concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico eleva o gradiente que comanda a difusão de CO<sub>2</sub> da atmosfera para o cloroplasto. Espera-se, então, maiores taxas de fotossíntese para uma mesma condutância estomática. Em paralelo, se tem, mantendo-se o mesmo déficit de pressão de vapor estômato-atmosfera, redução na taxa de transpiração.

Segundo Pimentel (2004), as respostas fisiológicas às diferentes condições ambientais são variáveis, podendo ser em função do genótipo, ambiente e sua interação fenotípica. A elevada concentração de CO<sub>2</sub> pode diminuir a altura da planta, o número de folhas (HACOUR et al., 2002) e o conteúdo de clorofila, o que acelera a senescência (BINDI et al., 2002). Ainda segundo Bindi et al. (2002), o efeito da elevação de CO<sub>2</sub> na redução do conteúdo da clorofila é considerado negativo e pode ser explicado pelo acúmulo de amido nos cloroplastos.

Por outro lado, o enriquecimento de CO<sub>2</sub>, combinado com altas temperaturas, pode apresentar efeito maléfico às culturas com via fotossintética C3 e C4. O aumento da temperatura do ar em 2; 3 e 6 °C anulou os efeitos benéficos do aumento de CO<sub>2</sub> no rendimento do milho, trigo e soja, respectivamente (STRECK; ALBERTO, 2006). Segundo Walter et al. (2010), o efeito benéfico do CO<sub>2</sub> poderá ser anulado pelo efeito negativo das altas temperaturas nos cultivos de arroz.

Braga et al. (2006) e Souza et al. (2008) acreditam que plantas cultivadas em concentrações elevadas de CO<sub>2</sub> apresentarão alterações na morfologia, anatomia, composição química e perfil de expressão gênica.

Conforme Barbosa et al. (2011), o aumento na concentração de CO<sub>2</sub> (550 ppm) em câmara de crescimento reduziu a condutância estomática das cultivares Marataoã e Tapaihum de feijão-caupi em 33,57% e 60,10%, respectivamente, quando comparado com a testemunha (360 ppm). A taxa de transpiração também sofreu redução (26,82%), apenas no cultivar Marataoã e a taxa de fotossíntese líquida não foi influenciada nas duas cultivares.

Já Ignatova et al. (2005) observaram aumento da fotossíntese líquida de beterraba sacarina (*Beta vulgaris*) em 85, 47 e 52% aos 3, 6 e 8 dias de análise, quando a cultura foi submetida a ambiente com alta concentração de CO<sub>2</sub> (700 ppm).

Em experimento com espécies arbóreas tropicais Lloyd e Farquhar (2008), observaram que as árvores sofreram redução nas taxas fotossintéticas quando submetidas a temperaturas acima de 30 °C. Essa condição causa aumento na respiração e na transpiração e redução da condutância estomática, em função do alto déficit de pressão de vapor das folhas. Os mesmos autores acreditam que o aumento do CO<sub>2</sub> nas próximas décadas compensará qualquer redução na fotossíntese causada pelo aumento da temperatura.

Segundo Long et al. (2006) e Leakey et al. (2009), com o aumento da concentração atmosférica de CO<sub>2</sub>, durante todo o ciclo da planta, ocorrerá aumento da respiração mitocondrial, devido à maior transcrição e atividade de várias enzimas da glicólise, do ciclo de Krebs e da cadeia de transporte de elétrons mitocondrial.

As plantas terrestres com mecanismo fotossintético C3 apresentam respostas positivas (aumento da fotossíntese líquida e diminuição da transpiração) quando submetidas, em curto prazo, a ambiente com alta concentração de CO<sub>2</sub>. Em longo prazo, este aumento é muitas vezes anulado pela baixa regulação da capacidade fotossintética, devido à presença de apenas uma enzima de carboxilação a Rubisco. Além disso, a capacidade de armazenamento de CO<sub>2</sub> nos vacúolos é pequena (LONG et al., 2004).

Já plantas com metabolismo fotossintético C4 podem apresentar diferentes respostas fisiológicas. Vu et al. (2006) e Vu e Allen Jr. (2009), trabalhando com cana-de-açúcar submetida a elevado CO<sub>2</sub> (720 ppm), em estufa, observaram aumento de 17 e 26% na fotossíntese líquida e redução de mais de 30% na condutância estomática e na transpiração.

Souza et al. (2008) chegaram a conclusões semelhantes, com redução de mais de 30%, para condutância estomática e transpiração e aumento de 30% na fotossíntese líquida de cana-de-açúcar, cultivada em câmara de topo aberto com 720 ppm de CO<sub>2</sub>.

Long et al. (2006), em experimento com milho submetido a atmosfera com alta concentração de CO<sub>2</sub> (550 ppm), não observaram aumento significativo na assimilação de CO<sub>2</sub>. Porém, houve redução da condutância estomática, o que promoveu maior economia de água. As plantas com metabolismo de carbono C4 permitem altas taxas de fotossíntese, porque mesmo em ambientes com pouco CO<sub>2</sub> atmosférico, apresentam baixa condutância estomática. Esse fechamento parcial do estômato resulta em decréscimo da transpiração, protegendo o sistema hidráulico e permitindo que os estômatos sejam eficientes em condições de baixa umidade atmosférica e do solo (OSBORNE; SACK, 2012).

A condutância estomática desempenha papel fundamental na troca de gases da folha com o ambiente, limitando tanto a saída de água como a entrada de CO<sub>2</sub> (BUCKLEY, 2005). De acordo com Owensby et al. (1997), menores valores de condutância estomática ajudariam a reduzir o fluxo de seiva e aumentariam o potencial de água no xilema, melhorando o status hídrico da planta. Com isto, a elevação na concentração de CO<sub>2</sub> melhoraria a eficiência do uso da água, reduzindo os períodos de esgotamento da umidade do solo e amenizando o período de estresse durante a estação seca, ou seja, a eficiência do uso da água por planta e por área cultivada aumentaria (LEAKEY et al., 2009).

Destaca-se também que o fechamento dos estômatos é geralmente observado quando a concentração de CO<sub>2</sub> é elevada, podendo estar associado à menor perda de calor latente e consequente elevação na temperatura foliar (KIMBALL; BERNACCHI, 2006).

Segundo Grandis et al. (2010), em termos fisiológicos, é possível que os efeitos do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> combinado com elevadas temperaturas se somem positivamente, em ambiente controlado, aumentando a produtividade das culturas, principalmente em espécies de crescimento rápido.

As respostas positivas devem-se principalmente à melhoria das taxas fotossintéticas que estão associadas com o aumento da biomassa (LUO et al., 2005; RICHTER; SEMENOV, 2005; BATTIST; NAYLOR, 2009; FRIEND et al., 2009).

Experiências em campo também comprovam resultados satisfatórios, como maior matéria seca, número de folhas, área foliar e produção de frutos comerciais

em trabalhos de Furlan et al. (2001), Pinto et al. (2006) e Branco et al. (2007) em alface, meloeiro e tomateiro, respectivamente. Estudos de Krishnan et al. (2007), Shimono et al. (2009) e Walter et al. (2010), utilizando enriquecimento de CO<sub>2</sub> ao ar livre em arroz e Crous et al. (2008), em pinheiro, também verificaram resultados positivos.

Também foram realizadas experiências com espécies arbóreas C3 e os resultados corroboram os obtidos em outras culturas. Maior produção de biomassa foi observada em espécies como o jatobá (*Hymenaea courbari*), feijão-do-mato (*Clitoria falcata*), pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) e jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) quando submetidas a altas concentrações de CO<sub>2</sub>, devido às maiores taxas de fotossíntese (BUCKERIDGE et al., 2007; BUCKERIDGE et al., 2008; GRANDIS et al., 2010).

O enriquecimento de CO<sub>2</sub>, em curto período, quando a demanda por carboidratos é elevada, como no início do desenvolvimento dos órgãos de interesse econômico, é uma alternativa para incrementar a produção de massa seca de determinadas culturas (PIMENTEL, 2004). Porém, os efeitos do uso dessa técnica devem ser testados para cada cultura e sua fase de desenvolvimento, objetivo do cultivo e duração do tratamento (LONG et al., 2006).

A aplicação de CO<sub>2</sub> deve ser realizada nos estádios fenológicos adequados. Segundo recomendações técnicas de Frizzzone et al. (2005), as aplicações devem ocorrer no período compreendido entre o início do florescimento, quando 80% das flores masculinas estão abertas, e o início da frutificação, quando ocorrem 80% de pegamento dos frutos do meloeiro.

Comportamento semelhante foi observado por D' Albuquerque Junior et al. (2007), os quais concluíram que as aplicações realizadas no florescimento e frutificação contribuem para o incremento na produção do meloeiro na ordem de 17% e 18%, respectivamente, quando comparado com a testemunha (sem aplicação de CO<sub>2</sub>). Para a espécie Jatobá, que também pertence ao grupo C3, Grandis et al. (2010) afirmam que é na fase jovem onde ocorre maior absorção de CO<sub>2</sub>.

Diante do observado, as diferentes temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub> influenciam no crescimento, fisiologia e estádios fenológicos, bem como no teor de carboidratos.

## REFERÊNCIAS

ANGELOTTI, F.; COSTA, N. D. **Sistema de produção do melão**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2010. (Documentos, 5).

ARAGÃO, F. A. S. **Divergência genética de acessos e interação genótipo x ambiente de famílias de meloeiro**. 2011. 137f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2011.

ARAÚJO, J. L. P.; VILELA, N. J. Aspectos Socioeconômicos. In: **Melão: Produção e Aspectos Técnicos**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, p. 15-18, 2002.

AROUCHA, E. M. M.; MORAIS, F. A.; NUNES, G. H. S.; TOMAZ, H. V. Q.; SOUSA, A. L. D.; BEZERRA NETO, F. Caracterização física e química de melão durante o seu desenvolvimento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 296-301, 2007.

BARBOSA, L. G.; SANTOS, R. M.; PINHEIRO, G. S.; ANGELOTTI, F.; AIDAR, S. T.; SANTOS, C. A. F. Comportamento Fisiológico de Feijão-Caupi sob diferentes concentrações de CO<sub>2</sub>. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 3., 2011, Juazeiro. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 1 CD-ROM.

BATTIST, D. S.; NAYLOR, R. I. Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. **Science**, Washington, v. 323, p. 240-244, 2009.

BRAGA, M. R.; AIDAR, M. P. M.; MARABESI, M. A.; GODOY, J. R. L. Effects of elevated CO<sub>2</sub> on the phytoalexin production of two soybean cultivars differing in the resistance to stem canker disease. **Environmental and Experimental Botany**, v. 58, p. 85-92, 2006.

BINDI, M.; HACOUR, A.; VANDERMEIREN, K.; CRAIGON, J.; OJANPERÄ, K.; SELLDÉN, G.; HOGY, P.; FINNAN, J.; FIBBI, L. Chlorophyll concentration of potatoes grown under elevated carbon dioxide and/or ozone concentrations. **European Journal of Agronomy**, v. 17, p. 319-335, 2002.

BRANCO, R. B. F.; GOTO, R.; CARNEIRO JÚNIOR, A. G.; GUIMARÃES, V. F.; RODRIGUES, J. D.; TRIVELIN, P. C. O.; SILVEIRA, L. V. de A. Enxertia e água de irrigação carbonatada no transporte de <sup>15</sup>N e na produção do tomateiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 374-379, 2007.

BRENNAN, W. J.; KAYE, J.; LEINEN, M.; DEARRY, A.; ELWOOD, J.; GLACKIN, M.; GRUBER, P.; HOHENSTEIN, W.; LAWSON, L.; LEAHY, P.; NEALE, P.; SCHAFER, J.; SCHEREGA, J.; WATSON, H. Our changing planet. The U.S. **Climate Change Science Program for Fiscal year 2007**. Washington: U. S. Global Change Research Program, 263p. 2007.

BUCKERIDGE, M. S., MORTARI, L. C.; MACHADO, M. R. Respostas fisiológicas de plantas às mudanças climáticas: alterações no balanço de carbono nas plantas podem afetar o ecossistema? In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B.; MORELLATO, L. P. C. (org.). **Fenologia – Ferramenta para conservação e manejo de recursos vegetais arbóreos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. p. 1-13.

BUCKERIDGE, M. S., AIDAR, M. P. M., MARTINEZ, C. A.; SILVA, E. A. Respostas de plantas às mudanças climáticas globais. In: BUCKERIDGE, M. S. (org.). **Biologia das mudanças climáticas no Brasil**. São Carlos: ed. Rima, 2008. p. 77-92

BUCKLEY, T. N. The control of stomata by water balance. **New Phytologist**, v. 168, p. 275-292, 2005.

COSTA, N. D. **O cultivo do melão**. 2007. Disponível em: <[www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/Melao/m.69.pdf](http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/Melao/m.69.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2014.

CRISÓSTOMO, J. R.; MIRANDA, F. R.; MEDEIROS, J. F., FREITAS, J. G. A cadeia produtiva do melão no Brasil. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (org.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, p. 579-591.

CROUS, K. Y.; WALTERS, M. B.; ELLSWORTH, D. S. Elevated CO<sub>2</sub> concentration affects leaf photosynthesis–nitrogen relationships in *Pinus taeda* over nine years in FACE. **Tree Physiology**, v. 28, p. 607-614, 2008.

D' ALBUQUERQUE JÚNIOR, B. S. **Efeito da aplicação de CO<sub>2</sub> na água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do melão (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) cultivado em ambiente protegido**. 2003, 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

D' ALBUQUERQUE JUNIOR, B. S.; FRIZZONE, J. A.; DUARTE, S. N.; MINGOTI, R.; DIAS, N. S.; SOUSA, V. F. Qualidade física e química de frutos de meloeiro rendilhado cultivado sob diferentes épocas de aplicação de CO<sub>2</sub> via água de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 273-280, jul./set. 2007.

EEROLA, T. Climate changes at the Neoproterozoic-Cambrian transition. In: Zhuravlev, and Riding, R. (Eds.) The Ecology of the Cambrian Radiation. **Columbia University Press**, New York, p. 90-106, 2001.

EMBRAPA. Embrapa Semi-árido. **Sistema de produção de melão**, 5. COSTA, N. D.; GRANJEIRO, L. C. 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melao/SistemaProducaoMelao/cultivares.html>>. Acesso em: 03 set. 2014.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Production, crops. 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 10 out. 2014.

FRIEND, A. D.; GEIDER, R. J.; BEHRENFELD, M. J.; STILL, C. J. Photosynthesis in global scale models. In: Photosynthesis in silico (eds. LAISKA, A.; NEDBAL, L.; GOVINDJEE), **Springer**, The Netherlands, p. 465-497, 2009.

FRIZZONE, J. A.; D' ALBUQUERQUE JUNIOR, B. S.; REZENDE, R. Aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do meloeiro cultivado em ambiente protegido. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 667-675, out./dez. 2005.

FURLAN, R. A.; ALVES, D. R. B.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; K. Dióxido de carbono aplicado via água de irrigação na cultura da alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 25-29, 2001.

GÓMEZ-GUILLAMÓN, M. L.; CUARTERO, J.; CORTÉS, C.; ABADIA, J.; COSTA, J.; NUEZ, F. Descripción de cultivares de melón: caracteres cuantitativos. **Actas I del congreso Nacional de la Sociedad Espanola de Ciencias Hortícolas**. Valencia, p. 453-460, nov./dez. 1983.

GRANDIS, A.; GODOI, S.; BUCKERIDGE, M. S. Respostas fisiológicas de plantas amazônicas de regiões alagadas às mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1, p. 1-12, jan./mar. 2010.

HACOUR, A.; CRAIGON, J.; VANDERMEIREN, K.; OJANPERÄ, K.; PLEIJEL, H.; DANIELSSON, H.; HOGY, P.; FINNAN, J.; BINDI, M. CO<sub>2</sub> and ozone effects on canopy development of potato crops across Europe. **European Journal of Agronomy**, v. 17, p. 257-272, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**, Rio de Janeiro, v. 39, p.1-101, 2012.

IBRAF. **Instituto Brasileiro de Frutas**. Disponível em: <[www.ibraf.org.br](http://www.ibraf.org.br)>. Acesso em: 22 dez. 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **IPCC**: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policy Makers, IPCC. Geneva, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **IPCC**: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5). Thirty-sixth session of the IPCC Stockholm, 26 Sept. 2013. 37p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **IPCC**: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. 34p.

JEFREY, C. A. A review of the curcubitaceae. **Botanic Journal Linneus Society**, v. 81, n. 2, p. 233-247, 1980.

JURAS, I. A. G. M. Mudança do clima: **Principais conclusões do 5º Relatório do IPCC**. Nota técnica. Consultora Legislativa da Área XI Meio Ambiente e Direito Ambiental, Organização Territorial, Desenvolvimento Urbano e Regional. 2013.

KIMBALL, B. A.; BERNACCHI, C. J. Evapotranspiration, canopy temperature, and plant water relations. **In...** J. NÖSBERGER; S. P. LONG, R. J.; NORBY, M.; STITT, G. R.; HENDREY, H. BLUM (Eds.), *Managed ecosystems and CO<sub>2</sub>*, p. 311-324, Berlin: Springer-Verlag, 2006.

KAHN, S.; AZEVEDO, T. **A nova realidade da mudança do clima**. 2013. Disponível em: <<http://www.planetasustentavel.abril.com.br>>. Acesso em: 25 set. 2014.

KIRKBRIDE JUNIOR, J. H. **Biosystematics monograph oh the genus Cucumis (Curcubitaceae)**: botanical identification of cucumbers and melos. North Carolina: Parkway Publishers. 1993. 159p.

KRISHNAN, P.; SWAINB, D. K.; BHASKAR, B. C.; NAYAKA, S. K.; DASH, R. N. Impact of elevated CO<sub>2</sub> and temperature on rice yield and methods of adaptation as evaluated by crop simulation studies. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 122, n. 2, p. 233-242, 2007.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

LEAKEY, A. D. B.; AINSWORTH, E. A.; BERNACCHI, C. J.; ALISTAIR, R.; LONG, S. P.; ORT, D. R. Elevated CO<sub>2</sub> effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. **Journal of Experimental Botany**, apr. 2009.

LIMA, M. A. de.; ALVES, B. J. R. Vulnerabilidades, impactos e adaptação à mudança do clima no setor agropecuário e solos agrícolas. **Parcerias estratégicas**, Brasília, DF, n. 27, dez. 2008.

LLOYD, J.; FARQUHAR, G. D. Effects of rising temperatures and [CO<sub>2</sub>] on the physiology of tropical forest trees. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 363, p. 1811-1817, 2008.

LONG, S. P.; AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A.; ORT, D. R. Rising atmospheric carbon dioxide: plants face the future. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 591-628, 2004.

LONG, S. P.; AINSWORTH, E. A.; LEAKEY, A. D. B.; NÖSBERGER, J.; ORT, D. R. Food for thought: lower-than expected crop yield stimulation with rising CO<sub>2</sub> concentrations. **Science**, v. 312, p. 1918-1921, 2006.

LUO, Q.; BELLOTI, W.; WILLIAMS, M.; BRYAN, B. Potential impact of climate change on wheat yield in South Australian. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 132, p. 273-285, 2005.

MADALENA, J. A. S. **Caracterização morfo-agronômica, sensorial e pós-colheita em famílias de meios-irmãos de melão**. 2009, 89p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2009.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: **caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

MARIN, F.; NASSIF, D. S. P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 232-239, 2013.

MAROUELLI, W. A.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, H. R.; PINTO, J. M.; SILVA, W. L. C. **Irrigação e fertirrigação do meloeiro por gotejamento**. Brasília: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, 2001. 28p. (Circular Técnica, 25).

MASLIN, M.; AUSTIN, P. Climate models at their limit? **Nature**, v. 486, p. 183-184, 2012.

MATHEW, S. M.; GOPALAKRISHNAN, P. K.; PETER, K. V. Compatibility among *Cucumis melo* varieties inodorus, conomon, flexuosus, momordica and utilissimus. **Curcubit Genetics Cooperative Report**, v. 9, p. 78-80, 1986.

MCCREIGHT, J. D.; NERSON, H.; GRUMET, R. Melon (*Cucumis melo* L.) In: KALOO, G.; BERGH, B. (Ed.). **Genetic improvement of vegetable crops**. Oxford: Pergamon Press, p. 167-294. 1993.

MDIC. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**. 2013. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global: uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3-4, p. 7-24, 2008.

OSBORNE, C. P.; SACK, L. Evolution of C4 plants: a new hypothesis for an interaction of CO<sub>2</sub> and water relations mediated by plant hydraulics. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, B, n. 367, p. 583-600, 2012.

OWENSBY, C. E.; HAM, J. M.; KNAP, A. K.; BREMER, D.; AUEN, L. M. Water vapor fluxes and their impact under elevated CO<sub>2</sub> in a C4-tallgrass prairie. **Global Change Biology**, v. 3, p. 189-195, 1997.

PIMENTEL, C. A. **Relação da planta com a água**. Seropédica, Rio de Janeiro: EDUR, 2004. 192p.

PIMENTEL, C. Metabolismo de carbono de plantas cultivadas e o aumento de CO<sub>2</sub> e de O<sub>3</sub> atmosférico: situação e previsões. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 1-12, 2011.

PINTO, J. M.; FARIA, C. M. B. de; FEITOSA FILHO, J. C. Produtividade e qualidade de frutos do meloeiro, em função de nitrogênio e de CO<sub>2</sub> aplicados via fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 198-207, abr./jun. 2006.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; ZULLO JUNIOR, J.; EVANGELISTA, S. R. M.; OTAVIAN, A. F.; ÁVILA, A. M. H.; EVANGELISTA, B. A.; MARIN, F. R.; MACEDO JUNIOR, C.; PELLEGRINO, G. Q.; COLTRI, P. P.; CORAL, G. Agricultura e mudanças climáticas. In: DECONTO, J. G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária: Unicamp, 2008. p. 18-23.

RICHTER, G. M.; SEMENOV, M. A. Modelling impacts of climate change on wheat yields in England and Wales: assessing drought risks. **Agricultural Systems**, Barking, v. 84, p. 77-97, 2005.

SAGE, R. F. Acclimation of photosynthesis to increasing atmospheric CO<sub>2</sub>. The gas exchange perspective. **Photosynthesis Research**, v. 39, p. 351-368, 1994.

SHIMONO, H.; OKADA, M.; YAMAKAWA, Y.; NAKAMURA, H.; KOBAYASHI, K.; HASEGAWA, T. Genotypic variation in rice yield enhancement by elevated CO<sub>2</sub> relates to growth before heading, and not to maturity group. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, p. 523-532, 2009.

SKINNER, B. J.; PORTER, S. C. 2000. **The dynamic Earth. An introduction to physical geology**. Fourth edition. New York: John Wiley & Sons, Inc., 112 p.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. IPCC, 2007. Climate Change 2007: **The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996p.

SOUZA, A. P.; GASPAR, M.; SILVA, E. A.; ULIAN, E. C.; WACLAWOSKY, A. J.; NISHIYAMA JR., M. Y.; SANTOS, R. V.; TEIXEIRA, M. M.; SOUZA, G. M.; BUCKERIDGE, M. S. Elevated CO<sub>2</sub> increases photosynthesis, biomass and productivity, and modifies gene expression in sugarcane. **Plant Cell Environment**, v. 31, p. 1116-1127, 2008.

STEPANSKY, A.; KOVALSKI, I.; SCHAFFER, A. A.; PERL-TREVES, R. Variation in sugar levels and invertase activity in mature fruit representing a broad spectrum of *Cucumis melo* genotypes. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 46, p. 53-62, 1999.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 9, p. 1351-1359, set. 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

VU, J. C. V.; ALLEN JR., L. H.; GESCH, R. W. Up-regulation of photosynthesis and sucrose metabolism enzymes in young expanding leaves of sugarcane under elevated growth CO<sub>2</sub>. **Plant Science**, v. 171, p. 123-131, 2006.

VU, J. C. V.; ALLEN JR., L. H. Stem juice production of the C<sub>4</sub> sugarcane (*Saccharum officinarum*) is enhanced by growth at double-ambient CO<sub>2</sub> and high temperature. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 1141-1151, 2009.

ZULLO JUNIOR, JURANDIR; PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; FONSECA, M. F. Impacto das Variações de Temperatura e do Regime de Chuvas, Segundo Prognóstico do IPCC, no Zoneamento de Riscos Climáticos do Café e Milho, no Estado de São Paulo, Brasil. **Mudanças Climáticas Globais e Sistemas de Produção Agropecuária, Florestal e Agroflorestal Brasileiros**, v. 1, p. 16-26, 2006.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, p. 199-223, 2007.

WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ROSA, H. T.; KRUGER, C. A. M. B. Mudança climática e seus efeitos na cultura do arroz. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, nov. 2010.

## **CAPÍTULO II**

### **IMPACTOS DE DIFERENTES TEMPERATURAS NO CRESCIMENTO, FISIOLOGIA E BIOQUÍMICA DO MELOEIRO AMARELO**

#### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto das diferentes temperaturas no crescimento, fisiologia e bioquímica do meloeiro. O experimento foi conduzido na Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Fortaleza, Ceará. Foram utilizadas mudas de melão amarelo híbrido “Goldex”, com 13 dias de emergência. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, consistindo de 4 tratamentos e 8 repetições. As plantas foram acondicionadas em câmaras de germinação distribuídas em casa de vegetação. As temperaturas das câmaras foram programadas individualmente, de acordo com cada tratamento (30; 34; 38 e 42 °C). Para todas as variáveis, em no mínimo uma das avaliações, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, com exceção do diâmetro do caule e frutose. As variáveis altura de planta, número de folhas, área foliar, sacarose e massafresca e seca de parte aérea e raiz foram influenciadas negativamente pela maior temperatura (42 °C). Já a clorofila e as trocas gasosas (carbono interno, condutância estomática, fotossíntese, transpiração e relação carbono interno e carbono de referência), apesar das diferenças significativas entre os tratamentos não foram observadas tendências, positiva ou negativa das variáveis nos tempos analisados, ao passo que a porcentagem de glicose foi maior quando submetida a elevadas temperaturas (38 e 42 °C). O crescimento é influenciado negativamente pelas temperaturas de 38 e 42 °C. Esse comportamento não é observado para as trocas gasosas. Como resultado, há aumento na porcentagem de glicose foliar, ao passo que a sacarose é afetada negativamente pelas temperaturas 34; 38 e 42 °C.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. *Cucumis melo* L. Metabolismo fotossintético.

## **IMPACTS OF DIFFERENT TEMPERATURES ON GROWTH, PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF YELLOW MELON**

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the impact of different temperatures on growth, physiology and biochemistry of melon. The experiment was conducted in Embrapa tropical agribusiness, in Fortaleza, Ceará. Hybrid yellow melon seedlings were used "Goldex", with 13 days of emergency. The experimental design was completely randomized, consisting of 4 treatments and 8 repetitions. The plants were placed in germination chambers distributed in the greenhouse. The temperatures of the chambers were individually set according to each treatment (30, 34, 38 and 42 °C). For all variables, in at least one of ratings, significant differences were observed among the treatments, except the stem diameter and fructose. Plant height variables, leaf number, leaf area, sucrose and fresh and dry weight of shoots and roots were negatively impacted by higher temperature (42 °C). Since chlorophyll and gas exchange (internal carbon, stomatal conductance, photosynthesis, carbon perspiration and relative internal reference and carbon), despite significant differences between treatments positive or negative trends were observed in the studied variables of time, while the percentage of glucose was higher when subjected to elevated temperatures (38 and 42 °C). The growth is adversely affected by the temperatures of 38 and 42 °C. This behavior is not observed for gas exchange. As a result, there is an increase in leaf glucose, while sucrose is adversely affected by temperatures 34; 38 and 42 °C.

Keywords: Climate change. *Cucumis melo* L. Photosynthetic metabolism.

## 1 INTRODUÇÃO

Ainda não se sabe ao certo qual o comportamento das plantas em seu crescimento, desenvolvimento, fisiologia e bioquímica diante das mudanças climáticas previstas para as próximas décadas, isso provavelmente irá depender do metabolismo fotossintético e da plasticidade das espécies aos fatores ambientais envolvidos, como excesso de chuvas, secas prolongadas, aumento na concentração de gases de efeito estufa, elevadas temperaturas, entre outros.

Entre os fatores que fazem parte das constantes mudanças climáticas que a Terra vem passando, dar-se-á ênfase à temperatura, que nos últimos anos vem apresentando aumentos frequentes, com exceção de 1998, segundo o Instituto Goddard para Estudos Espaciais, vinculado à NASA (GISS, 2013).

Desde que a temperatura começou a ser medida sistematicamente, em 1880, não eram observados índices tão elevados em uma única década, os quais foram registrados no final do século XX e início do XXI. Segundo GISS (2013), nove dos dez anos mais quentes da história ocorreram a partir de 2000, sendo que 2005 e 2010 foram os que atingiram maiores médias.

De modo geral, as plantas de metabolismo fotossintético C3, como o meloeiro (*Cucumis melo* L.), provavelmente sofrerão mais estresses do que as de metabolismo fotossintético C4 e CAM diante das elevadas temperaturas (TAIZ; ZAIGER, 2013).

Segundo Andersson e Backlund (2008), as temperaturas acima da ótima toleradas pelas plantas diminuem consideravelmente a capacidade da enzima Rubisco realizar sua função de fixação do carbono, podendo ainda alterar a razão  $O_2:CO_2$  (LARCHER, 2000), favorecendo a fotorrespiração (KERBAUY, 2004) e o desbalanço na absorção e liberação de  $CO_2$  (ATKIN et al., 2007).

De acordo com Walter et al. (2010), as elevadas temperaturas são responsáveis pelo menor crescimento e desenvolvimento do arroz, influenciando significativamente a produtividade da cultura, ao passo que Queiroz et al. (2012) chegaram a conclusões opostas, em estudo com o algodoeiro, também uma espécie

C3, observando efeito positivo (maior crescimento) nas plantas submetidas a temperatura de 41 °C.

Diante dessas contradições, o experimento teve como objetivo avaliar os impactos das diferentes temperaturas no crescimento, fisiologia e bioquímica do meloeiro híbrido “Goldex”.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de 07 a 31 de maio de 2014, na Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Fortaleza, Ceará, cujas coordenadas geográficas são: latitude 3°44' S e longitude 38°33' W. Foram utilizadas mudas comerciais de melão amarelo híbrido “Goldex”, com 13 dias de emergência, adquiridas na empresa Agrícola Famosa, situada em Icapuí, CE.

### 2.1 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

Para o cultivo das plantas, o substrato composto por uma mistura de areia lavada, esterco bovino curtido, solo e casca de amendoim, na proporção de 1:1:1:1, foi previamente caracterizado no laboratório de solos da Embrapa Agroindústria Tropical, quanto à composição granulométrica: 84,8% de areia e 15,2% de silte e argila (material classificado como areia); condutividade elétrica (CE): 0,3 dS/m e de análises físico-químicas: N 1,2 g kg<sup>-1</sup>; P 13,5 mg kg<sup>-1</sup>; K 103 mg kg<sup>-1</sup>; Ca 8,8 mg kg<sup>-1</sup>; Mg 88,4 mg kg<sup>-1</sup>; Na 66 mg kg<sup>-1</sup>; Cl 212,7 mg kg<sup>-1</sup>; Carbono orgânico 84,3 g kg<sup>-1</sup>; C/N 68,8; CTC 315,1 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; pH 5,4.

Posteriormente, o substrato foi então autoclavado a 121 °C por 1 hora durante 2 dias consecutivos, respeitadas as 24 horas de repouso. Paralelamente, vasos de 3 L foram sanitizados em solução de água clorada a 1% durante 48 horas (CHITARRA, 1998).

Preparado o material, realizou-se o transplântio de 2 mudas por vaso, que foram acondicionados em câmaras de germinação (Tipo MANGELSDORF), com dimensões de 60 cm de largura, 55 cm de profundidade e 87 cm de altura, distribuídas em casa de vegetação de acordo com a casualização do experimento.

As temperaturas das câmaras de germinação foram programadas individualmente, de acordo com cada tratamento, sendo monitoradas durante todo o

experimento com o auxílio de termohigrômetros portáteis. Durante o período diurno, principalmente das 10 h às 14 h, realizava-se o manejo manual de abertura e fechamento das portas das câmaras, caso fosse necessário. Esse procedimento tinha como objetivo diminuir a temperatura interna, caso estivesse superior à estabelecida no experimento.

Após 7 dias do início do experimento, realizou-se o desbaste das plantas, deixando apenas uma planta por vaso, sendo escolhida aquela que apresentava melhor vigor.

A irrigação foi realizada durante todo o período de avaliação de forma manual, de acordo com observações do substrato e da planta, tendo em vista os diferentes tratamentos nas câmaras de germinação, de forma a manter as plantas sempre com o potencial hídrico elevado.

## 2.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), consistindo de 4 tratamentos e 8 repetições:

T1 – 10 horas diurnas a 30 °C;

T2 – 10 horas diurnas a 34 °C;

T3 – 10 horas diurnas a 38 °C;

T4 – 10 horas diurnas a 42 °C.

Observação: Nas 14 horas restantes, todos os tratamentos foram submetidos às mesmas condições (média de  $24 \pm 2$  °C e CO<sub>2</sub> ambiente). O CO<sub>2</sub> ambiente corresponde a  $400 \pm 10$  ppm.

Os tratamentos foram aplicados durante 24 dias após o transplântio.

## 2.3 ANÁLISES QUANTITATIVAS DO CRESCIMENTO

As análises quantitativas do crescimento em altura da planta e diâmetro do caule foram realizadas aos 0; 7; 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT), ao passo que a contagem do número de folhas realizou-se no mesmo período, com exceção do 0 DAT.

As medições de altura da planta (da base ao ápice) foram realizadas com auxílio de régua graduada em centímetros. O diâmetro do caule foi verificado utilizando-se um paquímetro digital graduado em milímetros. No número de folhas, foi considerada a somatória de folhas abertas por planta.

A mensuração das massas fresca e seca da parte aérea (caule, ramos e folhas) e raiz, além da área foliar, foram realizadas ao fim do experimento (24 DAT).

As massas frescas da parte aérea e raiz, mensuradas em gramas, foram obtidas a partir de pesagem com auxílio de balança analítica de precisão (SHIMADZU AUW 320). Posteriormente, os mesmos órgãos pesados foram acondicionados em sacos de papel e encaminhados para estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir massa constante, o que ocorreu após 72 horas, sendo então determinadas as massas secas desses órgãos. A área foliar em cm<sup>2</sup> foi obtida por meio de um integrador de área foliar (LI-3100C, LI-COR).

## 2.4 TEOR RELATIVO DE CLOROFILA

O teor relativo de clorofila foi determinado com o auxílio de um medidor de esverdeamento (SPAD-502 da marca MINOLTA). A unidade observada pelo aparelho, conhecida como índice SPAD, é determinada a partir da quantidade de clorofila “a” encontrada na folha. As leituras foram realizadas em três folhas por planta, das 7 às 9h da manhã, aos 7; 14; 21 e 24 DAT.

## 2.5 TROCAS GASOSAS

As leituras das trocas gasosas (fotossíntese - A, condutância estomática - gs, transpiração - E e razão entre carbono interno e externo - Ci/Cref) foram realizadas com o auxílio de um analisador de gás no infravermelho (IRGA - LCpro, ADC, Hoddesdon, UK). As medições ocorreram nas folhas desenvolvidas aos 14 e 21 DAT, entre 08h00 e 11h00 da manhã, utilizando temperatura e umidade ambiente e fonte de luz artificial de 800  $\mu\text{mol}$  fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

## 2.6 CARBOIDRATOS SOLÚVEIS

Amostras foliares do meloeiro coletadas aos 24 DAT foram liofilizadas e armazenadas em ultra *freezer*. Para determinação dos carboidratos solúveis (glicose, frutose e sacarose), o material liofilizado foi macerado. Em seguida, pesou-se 0,1 g da amostra em frasco pequeno com auxílio de balança analítica de precisão (SHIMADZU AUW320) e adicionou-se 5 mL de água destilada ao frasco. O extrato aquoso foi agitado em Shaker por 2 horas a 100 rpm e a 30 °C. Posteriormente, transferiu-se uma alíquota de 1,5 mL da amostra com auxílio de seringa graduada com mini filtros (NY 0,45  $\mu\text{m}$ ) para os vials (vidros com tampa).

Em seguida, os vials identificados de acordo com cada tratamento foram armazenados em geladeira para posterior leitura no sistema de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência, Varian, equipado com duas bombas (modelo ProStar 210), injetor automático (modelo 410), detector de índice de refração (modelo ProStar 355), coluna analítica Hipler Pb (8 $\mu\text{m}$ , 300 x 7,7mm ID) e pré-coluna Hipler Pb (50 x 7,7 mm ID). A temperatura da coluna foi de 65°C, fluxo isocrático de 0,6 mL/min, água grau HPLC como fase móvel e tempo de análise de 35 minutos.

## 2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade. Antes, porém, efetuou-se a verificação de normalidade dos resíduos pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e de homogeneidade de variâncias pelo teste de Brown e Forsythe's. Quando não se verificou normalidade dos resíduos e/ou homogeneidade das variâncias, efetuou-se a transformação dos dados para atender a estes pressupostos.

Para as variáveis qualitativas que apresentaram diferenças significativas, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade na comparação das médias.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura da planta não apresentou diferenças significativas entre as temperaturas nas leituras 0 e 7 DAT, já nas leituras aos 14 e 21 e 24 DAT, houve diferenças significativas, mostrando o efeito negativo que as elevadas temperaturas causam no crescimento do meloeiro (Figuras 1A e Apêndice 1A). Já o diâmetro do caule não apresentou diferença significativa entre as diferentes temperaturas (Figura 1B e Apêndice 2A).

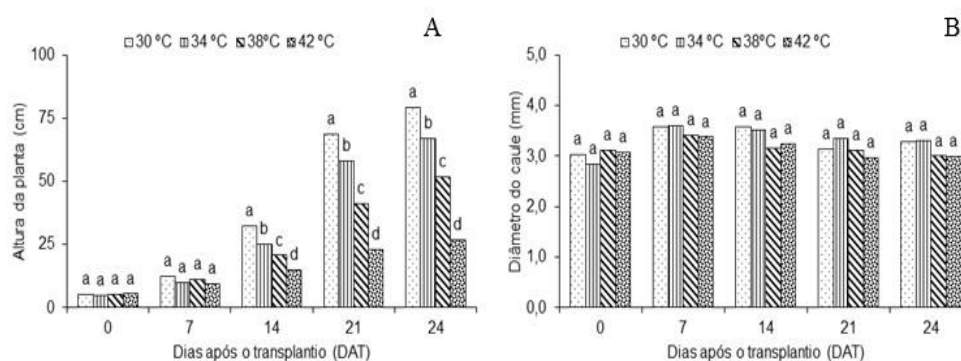


Figura 1 - (A) Altura da planta e (B) diâmetro do caule do meloeiro aos 0; 7; 14; 21 e 24 DAT em função das diferentes temperaturas.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Conclusões opostas foram verificadas em experimento com algodoeiro, espécie que também pertence ao metabolismo fotossintético C3, observando-se maior média de altura e diâmetro do caule quando as plantas foram submetidas a 41 °C por 60 dias após a emergência (QUEIROZ et al., 2012).

Altas temperaturas também podem alterar a razão  $O_2:CO_2$ , favorecendo a fotorrespiração (KERBAUY, 2004) e o desbalanço na absorção e liberação de  $CO_2$  pelas plantas (ATKIN et al., 2007).

De acordo com Angelotti e Costa (2010), a faixa ótima para o desenvolvimento do meloeiro é de 25 °C a 30 °C. Abaixo de 12 °C, seu crescimento

é paralisado e acima de 40 °C é prejudicado (COSTA, 2007). O crescimento pode ser retardado a temperatura de 42 °C, como observado no presente trabalho.

As variáveis número de folhas (NF) aos 14; 21 e 24 DAT e a área foliar (AF) aos 24 DAT apresentaram diferenças significativas entre as temperaturas. Já o NF, aos 7 DAT, não apresenta diferença significativa entre os tratamentos (Figuras 2A e 2B e Apêndices 3A e 5A, respectivamente).

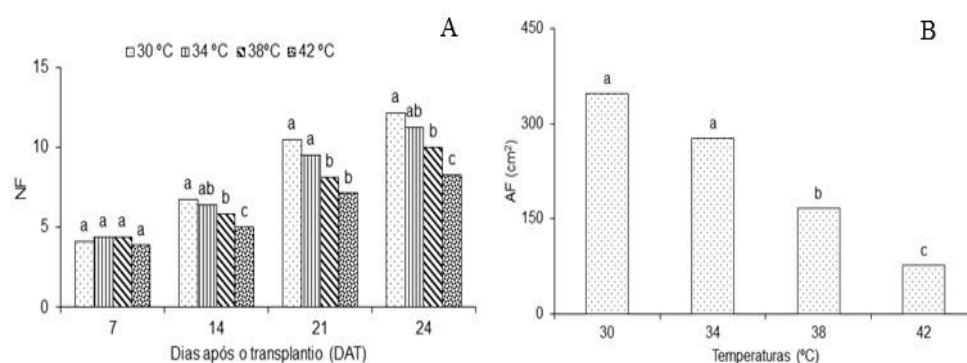


Figura 2 - (A) Número de folhas (NF) aos 7; 14; 21 e 24 DAT e (B) área foliar do meloeiro aos 24 DAT em função das diferentes temperaturas.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As temperaturas de 38 e 42 °C apresentaram influências negativas no NF e na AF. Para o NF, foi em decorrência da alteração sequencial causada por este fator no desenvolvimento das gemas axilares e apical, ao passo que para a AF, foi provavelmente o mecanismo de defesa da planta que diminuiu a área para minimizar a perda de água por transpiração.

Queiroz et al. (2012), em estudo com algodoeiro, observaram maior NF e menor AF quando as plantas foram submetidas a 41 °C por 60 dias após a emergência, isso provavelmente ocorreu devido à aceleração do metabolismo. Ainda de acordo com os mesmos autores, o surgimento de novas folhas em alta temperatura pode ser reflexo da flexibilidade ecológica da espécie e de sua característica perene. Isto comprova a individualidade de cada espécie, pois o algodoeiro e o meloeiro apresentaram respostas distintas quando submetidos a temperaturas semelhantes.

As médias de clorofila, determinadas pelo Índice SPAD, não foram alteradas significativamente pelas temperaturas, com exceção da análise aos 21 DAT, embora sem consistência nas respostas (Figura 3 e Apêndice 4A).

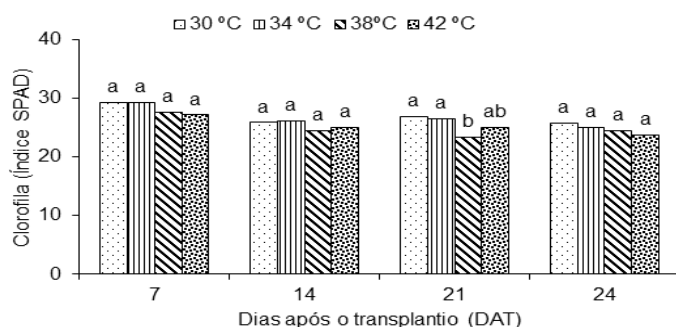


Figura 3 - Índice de clorofila em folhas de meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 7; 14; 21 e 24 DAT.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Ristic et al. (2007), a produção de clorofila das plantas é reduzida quando submetida a elevada temperatura, tendo em vista que a membrana do tilacóide apresenta sensibilidade a este fator, fato não observado neste estudo com meloeiro.

As massas fresca (MFA) e seca (MSA) de parte aérea foram afetadas negativamente pelas temperaturas de 38 °C e 42 °C. Apesar de não existirem diferenças significativas entre os tratamentos 1 e 2, verifica-se tendência negativa quanto ao aumento da temperatura, ou seja, menor massa para temperatura mais elevada (Figuras 4A e 4B, respectivamente e Apêndice 5A).

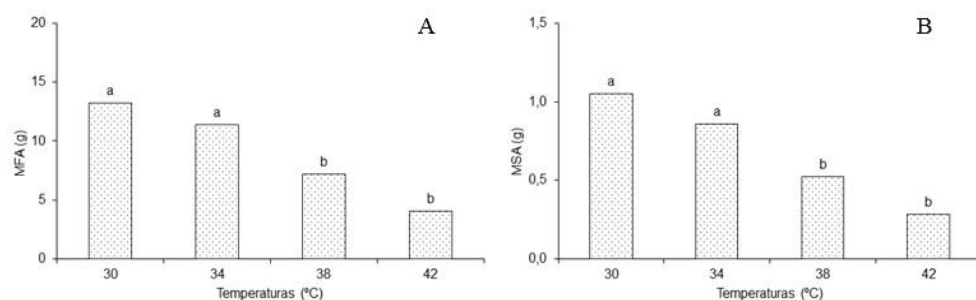


Figura 4 - (A) Massa fresca (MFA) e (B) massa seca de parte aérea (MSA) do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 24 DAT.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Isso pode ser explicado por menores quantidades de folhas, altura da planta e comprimento do caule, consequência provavelmente da pequena produção de fotoassimilados, causada pelo estresse térmico.

O aumento da temperatura acima do valor crítico por período suficiente para causar danos irreversíveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas é definido como estresse térmico (SOUZA et al., 2011).

As massas fresca e seca de raiz apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos 1 e 3 (Figuras 5A e 5B, respectivamente e Apêndice 5A).

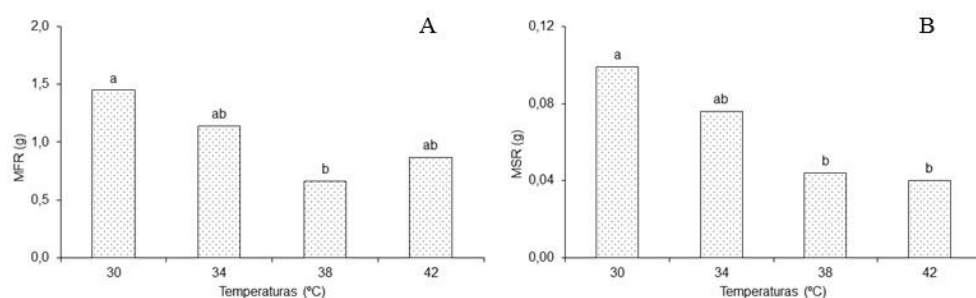


Figura 5 - (A) Massa fresca (MFR) e (B) seca de raiz (MSR) do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 24 DAT.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se o efeito negativo das elevadas temperaturas (38 e 42 °C) para MFR e MSR, comprovando o efeito negativo do estresse térmico no desenvolvimento do sistema radicular. Essa influência negativa pode limitar a melhor absorção de água e nutrientes. Outra possível hipótese é que substrato com elevada temperatura pode influenciar negativamente no crescimento e desenvolvimento do sistema radicular (TAIZ; ZAIGER, 2013). A mesma variável aos 39 DAT no experimento I respondeu de forma diferente, com maior MFR nas plantas submetidas ao tratamento 3, demonstrando a provável recuperação do sistema radicular ao passar do tempo.

Segundo Ainsworth et al. (2004), o volume de vasos em que as plantas são cultivadas pode afetar o crescimento das plantas, restringindo o crescimento da raiz, fato não observado neste estudo.

Com relação às trocas gasosas, observamos que a fotossíntese só foi influenciada pelos tratamentos aos 21 DAT, com seu aumento nas plantas crescidas a 42 °C (Figura 6A e Apêndice 6A). A condutância estomática ( $g_s$ ) e a transpiração ( $E$ ) apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, exceto aos 24 DAT (Figuras 6B e 6C e Apêndices 7A e 8A, respectivamente). E a razão carbono interno e carbono de referência ( $C_i/C_e$ ) apresenta diferenças significativas entre os tratamentos, sendo maior nas plantas crescidas em maiores temperaturas (Figuras 6D e Apêndice 9A, respectivamente).

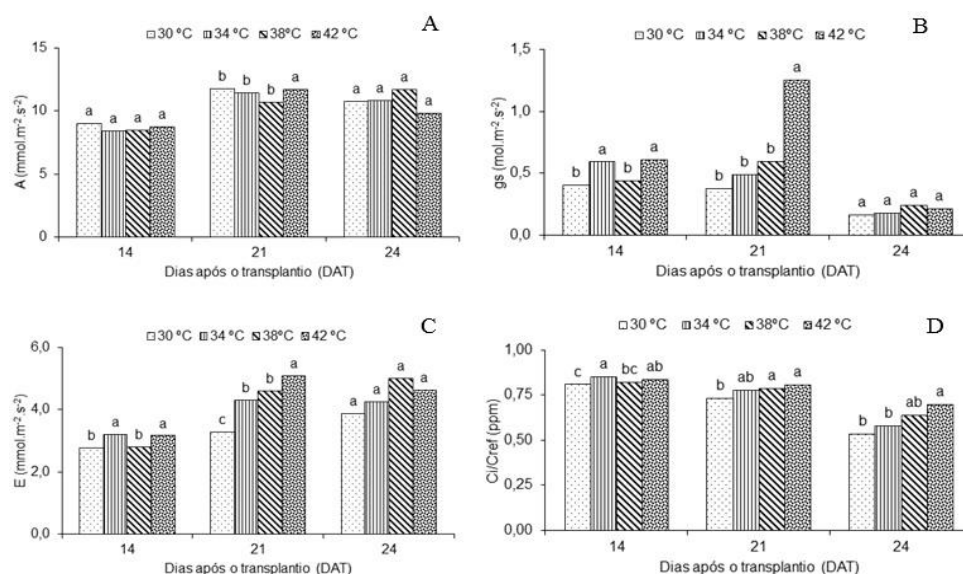


Figura 6 - (A) Fotossíntese - A, (B) condutância estomática - gs, (C) transpiração - E e (D) razão carbono interno e externo - Ci/Cref em função das diferentes temperaturas aos 14; 21 e 24 DAT.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A fotossíntese é um dos processos fisiológicos mais sensíveis ao calor (DEMIREVSKA-KEPOVA et al., 2005), principalmente por causa da sensibilidade da membrana do tilacóide, com redução da produção de clorofila (RISTIC et al., 2007).

De acordo com Andersson e Backlund (2008), a temperatura tem grande influência na capacidade da enzima Ribulose-1,5-Bifosfato carboxilase-oxigenase (Rubisco) em desenvolver sua função de fixação de carbono. Segundo Taiz e Zeiger (2013), a principal razão é a competição entre CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> pelo mesmo sítio ativo dentro da enzima Rubisco, o que diminui a eficiência fotossintética. De acordo com os mesmos autores, existe um balanço entre a carboxilação e oxigenação que é determinado pelas propriedades cinéticas da rubisco, concentrações dos substratos (CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>) e temperatura. Assim, a maior temperatura inibiria a absorção de CO<sub>2</sub> pelas plantas, aumentando a fotorrespiração. Tal comportamento não foi observado

no presente experimento, sugerindo que até as temperaturas utilizadas, a fotorrespiração não influencia negativamente a fotossíntese.

Em experimento realizado por Barros e Lemons Filho (2007) com plantas de *Dalbergia nigra*, popularmente conhecida como jacarandá-da-bahia, foi observado rendimento fotossintético reduzido quando as plantas foram expostas a temperaturas extremas, ou seja, fora da faixa ótima.

Segundo Silva et al. (2013), na medida em que as folhas crescem, sua capacidade para produzir fotoassimilados aumenta até o alcance da maturidade, que consiste em seu crescimento final, fase na qual as taxas fotossintéticas começam então a decrescer. Fato que pode ser observado aos 21 DAT com seu pico fotossintético e posterior diminuição aos 24 DAT.

Esse comportamento fotossintético aos 21 DAT pode ser explicado pela maior  $g_s$  observada no tratamento 4 (Figura 6B). A elevada temperatura provavelmente contribuiu para a melhor absorção e aproveitamento do  $CO_2$ , tendo em vista o bom suprimento hídrico. Porém, essas taxas fotossintéticas são contestadas, tendo em vista que nas demais variáveis (altura da planta, comprimento do caule, NF e AF) verifica-se que as elevadas temperaturas foram prejudiciais para o bom desenvolvimento da planta, ou seja, apesar de uma mesma taxa fotossintética, a produção de fotoassimilados foi menor quanto maior a temperatura.

A maior parte das mudanças iniciais da fotossíntese, quando as plantas são transferidas de um regime de temperatura mais ameno para um de temperatura superior, estão relacionadas ao aumento da  $g_s$  (BERRY; BJORKMAN, 1980).

A transpiração é um processo de grande importância para as plantas, pois esse mecanismo é responsável por resfriar as folhas quando estas estão submetidas a ambientes com elevadas temperaturas (TAIZ; ZAIGER, 2013).

De modo geral, a transpiração das plantas tende a aumentar com o envelhecimento do vegetal, principalmente com o aumento da temperatura, como pode ser observado no tratamento 4, na avaliação aos 21 DAT, isso provavelmente ocorreu devido a maior abertura estomática como observado na Figura 6B. Entretanto, aos 24 DAT, a temperatura não influenciou a  $g_s$  e nem a  $E$ , o que pareceu

indicar que as plantas passaram a adaptar suas trocas gasosas às temperaturas em que estavam sendo cultivadas.

Segundo Leonardos e Grodzinski (2011), o crescimento e o desenvolvimento de todas as culturas dependem do carbono ganho diariamente, principalmente devido ao balanço entre a fotossíntese e as perdas respiratórias, influenciadas diretamente pelas altas temperaturas. As plantas do meloeiro apresentam a faixa ótima para desenvolvimento entre 25 e 35 °C, acima de 40 °C pode ser prejudicado (COSTA, 2007).

Os açúcares foliares redutores (glicose e frutose) e não-redutor (sacarose) apresentaram respostas distintas quando as plantas foram submetidas às diferentes temperaturas.

As porcentagens de glicose e sacarose das folhas foram influenciadas significativamente pelos tratamentos, no entanto, para o teor de frutose não foram observados efeitos dos tratamentos (Figura 7A, 7B e 7C, respectivamente e Apêndice 10A).

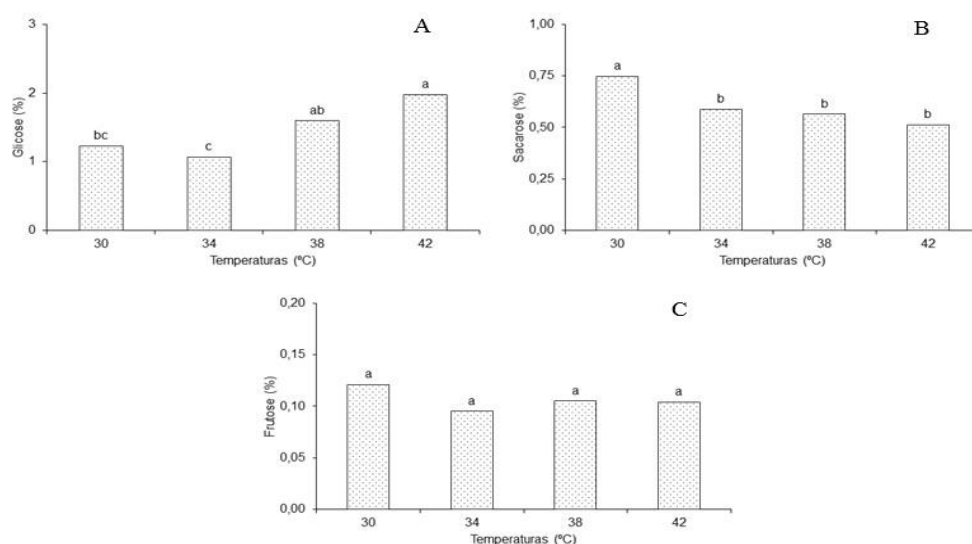


Figura 7 - (A) Porcentagem de glicose, (B) sacarose e (C) de frutose em função das diferentes temperaturas aos 24 DAT.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Como observado nos gráficos acima, sob elevadas temperaturas (38 e 42 °C), houve aumento de glicose nas folhas. Por sua vez, o teor de sacarose foliar foi reduzido nas temperaturas de 34; 38 e 42 °C, quando comparado com o tratamento 30 °C.

Segundo Scarpore Filho et al. (2010), as folhas maduras produzem mais carboidratos do que necessitam para manter suas atividades metabólicas e crescimento. Assim, as mesmas exportam fotoassimilados excedentes, na forma de sacarose, para tecidos fotossinteticamente menos ativos ou inativos, como folhas jovens e raízes. Esse comportamento dos carboidratos parece indicar que houve uma inibição do transporte de fotoassimilados das folhas para as demais partes da planta, resultado da inibição do crescimento das plantas e manutenção da fotossíntese sob condição de elevada temperatura.

#### **4 CONCLUSÕES**

O crescimento é influenciado negativamente pelas elevadas temperaturas (38 e 42 °C). Esse comportamento não é observado para as trocas gasosas. Como resultado, há um aumento na porcentagem de glicose foliar, ao passo que a sacarose é afetada negativamente pelas temperaturas 34; 38 e 42 °C.

## REFERÊNCIAS

AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A.; NELSON, R.; LONG, S. P. Testing the source-sink hypothesis of down-regulation of photosynthesis in elevated [CO<sub>2</sub>] in the field with single gene substitutions in Glycine max. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 122, p. 85-94, 2004.

ANDERSSON, I.; BACKLUND, A. Structure and function of Rubisco. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 46, p. 275-291, 2008.

ANGELOTTI, F.; COSTA, N. D. **Sistema de produção do melão**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2010. (Documentos, 5).

ATKIN, O. K.; SCEURWATER, I.; PONTES, T. L. Respiration as a percentage of daily photosynthesis in whole plants in homeostatic at moderate, but not high, growth temperatures. **New Phytologist**, v. 174, n. 2, p. 367-380, 2007.

BERRY, J.; BJORKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 491-543, 1980.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Viçosa: CPT, 1998, 88p. (CPT. Agroindústria, manual, 155).

COSTA, N. D. **O cultivo do melão**. 2007. Disponível em: <[www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/Melao/m.69.pdf](http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/Melao/m.69.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2014.

DEMIREVSKA-KEPOVA, K.; HÖLZER, R.; SIMOVA-STOILOVA, L.; FELLER, U. Heat stress effects on ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, Rubisco binding protein and Rubisco activase in wheat leaves. **Biologia Plantarum**, v. 49, p. 521- 525, 2005.

GISS.Goddard Institute for Space Studies, 2013. Disponível em: <<http://www.giss.nasa.gov/>>. Acesso em: 02 dez. 2014.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

LEONARDOS, E. D.; GRODZINSKI, B. Plant systems/photosynthesis and productivity of vascular plants in controlled and field environments. In: Murray Moo-Young (ed.), **Comprehensive Biotechnology**, Second Edition, 4, p. 177–189, 2011.

QUEIROZ, N. L.; ROCHA, M. do S.; ROCHA, M. S.; BELTRÃO, N. E. de M. Análise de crescimento não destrutiva em seis linhagens de algodoeiro herbáceo. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 5; Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 2 e I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, 2012, Guarapari. Desafios e Oportunidades: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012. p. 110.

RISTIC, Z.; BUKOVNIK, U.; PRASAD, P. V. V. Correlation between heat stability of thylakoid membranes and loss of chlorophyll in winter wheat under heat stress. **Crop Science**, v. 47, p. 2067-2073, 2007.

SCARPARE FILHO, J. A.; MORAES, A. L.; RODRIGUES, A.; SCARPARE, F. V. Rendimento de uva ‘Niágara rosada’ submetida à redução de área foliar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 778-785, 2010.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 86-93, jan./mar. 2013.

SOUZA, M. A.; PIMENTEL, A. J. B.; RIBEIRO, G. Melhoramento para tolerância ao calor. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (Eds.) **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. cap. 9, p. 199-226.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

### **CAPÍTULO III**

#### **EFEITOS DE TEMPERATURAS ELEVADAS NA FASE INICIAL, NO CRESCIMENTO, FISILOGIA E FLORESCIMENTO DO MELOEIRO AMARELO**

##### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do estresse térmico na fase inicial e posterior adaptação a temperatura ambiente no crescimento, fisiologia e florescimento do meloeiro. O experimento foi conduzido na Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Fortaleza, Ceará. Foram utilizadas mudas de melão amarelo híbrido “Goldex”, com 15 dias de emergência. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, consistindo de 4 tratamentos e 8 repetições. A experimentação foi dividida em duas etapas. Na primeira, as plantas foram acondicionadas em quatro câmaras de germinação com diferentes temperaturas (30; 34; 38 e 42 °C), simulando um estresse térmico. Na segunda, as mesmas plantas foram transplantadas para vasos de 5 L e encaminhadas para casa de vegetação até atingirem a fase de florescimento. Nessa etapa, os tratamentos foram novamente casualizados em DIC e submetidos a temperatura ambiente, com média diurna de  $35 \pm 5$  °C e noturna de  $24 \pm 2$  °C. Em todas as variáveis, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, com exceção do diâmetro de caule. As variáveis altura de planta, número de folhas, área foliar e massas frescas e secas de parte aérea e raiz foram influenciadas negativamente pela maior temperatura (42 °C). Já para clorofila e as trocas gasosas (carbono interno, condutância estomática, fotossíntese, transpiração e relação carbono interno e carbono de referência), apesar das diferenças significativas entre os tratamentos, não foram observadas tendências positiva ou negativa das variáveis. O início do florescimento foi influenciado

significativamente pelos tratamentos: quanto maior a temperatura, mais tardio o início do florescimento do meloeiro. Diante disso, conclui-se que o crescimento do meloeiro é influenciado negativamente pelo estresse térmico inicial causado pela temperatura de 42 °C, não retornando seu desenvolvimento normal. Essa redução no crescimento e desenvolvimento das plantas não se deve a influências nas trocas gasosas, de vez que não se observam mudanças consistentes nesses parâmetros ao longo das avaliações. Já o início do florescimento das plantas é retardado pelas elevadas temperaturas.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. *Cucumis melo* L. Metabolismo fotossintético.

## **EFFECTS OF HIGH TEMPERATURES IN THE INITIAL STAGE, GROWTH, PHYSIOLOGY AND FLOWERING OF YELLOW MELON**

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the effect of heat stress in the initial and later stage adaptation to room temperature on the growth, physiology and flowering of melon. The experiment was conducted in Embrapa tropical agribusiness, in Fortaleza, Ceará. Hybrid yellow melon seedlings were used "Goldex", with 15 days of emergency. The experimental design was completely randomized, consisting of 4 treatments and 8 repetitions. The trial was divided into two stages. At first stage, the plants were placed in four germination chambers with different temperatures (30, 34, 38 and 42 °C), simulating a heat stress. In the second stage, the same plants were transplanted to 5 L pots and taken to a greenhouse until they reach the flowering stage. At this stage, the treatments were randomized again in DIC and submitted to room temperature, with daytime average of  $35 \pm 5$  °C and night of  $24 \pm 2$  °C. In all variables, there were significant differences among the treatments, except for stem diameter. The variables plant height, number of leaves, leaf area, fresh and dry weight of shoots and roots were negatively impacted by higher temperature (42 °C). The chlorophyll and the gas exchange (internal carbon, stomatal conductance, photosynthesis, carbon perspiration and relative internal reference and carbon), despite significant differences between treatments were observed positive or negative trends of the variables. The early flowering was significantly affected by the treatments, the higher the temperature the later start of melon flowering. Therefore, it is concluded that the melon growth is negatively influenced by the initial thermal stress caused by temperature of 42 °C, not returning their normal development. This reduction in plant growth and development is not due to influences on gas exchange, since no consistent changes in these parameters

observed during the evaluations. Already the early flowering of plants is delayed by the high temperatures.

Keywords: Climate change. *Cucumis melo* L. Photosynthetic metabolism.

## 1 INTRODUÇÃO

Alguns estudos apontam para um aquecimento global contínuo para as próximas décadas. Se essas previsões se confirmarem, a agricultura poderá ser prejudicada, influenciando diretamente na produção de alimentos (IPCC, 2014).

As plantas, de modo geral, apresentam amplitudes térmicas ideais para seu máximo desenvolvimento. Temperaturas acima ou abaixo podem promover algumas injúrias na planta, podendo ainda retardar ou antecipar algumas fases fenológicas (D'ALBUQUERQUE JUNIOR et al., 2007). As plantas de metabolismo fotossintético C3 apresentam pico máximo de desenvolvimento quando cultivadas a temperaturas de 15 a 25 °C (TAIZ; ZAIGER, 2013).

No entanto, há espécies, como o meloeiro (*Cucumis melo* L.), que necessitam para a germinação de temperaturas entre 18 a 45 °C, sendo a ideal entre 25 e 35 °C (ANGELOTTI; COSTA, 2010). Para o desenvolvimento, a faixa ótima é de 25 a 30 °C, acima de 40 °C é prejudicial (COSTA, 2007), ao passo que para a floração, o ideal situa-se entre 20 e 23 °C (ANGELOTTI; COSTA, 2010).

Em nosso país, o meloeiro vem sendo cultivado principalmente no Nordeste, onde as temperaturas médias ultrapassam a máxima preconizada para a espécie. Mesmo assim, a região apresenta a maior produtividade do país, que é de 25,2 t ha<sup>-1</sup> (IBGE 2012). Isso se deve à agricultura tecnificada, que – utilizando a irrigação, o melhoramento genético e o manejo adequado – conseguiu compensar a alta temperatura da região (AROUCHA et al., 2007).

A utilização de TNT (tecido não tecido) é um método de manejo que tem como principal função a proteção contra o ataque de pragas na fase inicial do meloeiro, porém é responsável pela elevação da temperatura do ambiente de cultivo (MEDEIROS et al., 2007). Moura et al. (2013), em experimento com melão, observaram maior temperatura ao utilizar dois tipos de TNT: o branco, com máxima diária de 34,2±2,61°C, e o verde, com máxima diária de 38,1±3,72 °C, respectivamente, quando comparado com a testemunha (sem TNT), máxima diária de 32,0±1,28°C. Porém, segundo Pires et al. (2013), esse aumento de temperatura

não influencia na produtividade total e comercial do meloeiro. No entanto, observa-se que essas elevadas temperaturas nas regiões produtoras apresentam um, dois ou no máximo três picos durante o dia, não sendo constantes. O que aconteceria com o meloeiro se por acaso fosse submetido a um estresse térmico na fase inicial de desenvolvimento?

Visando a essa problemática, o experimento teve como objetivo avaliar o efeito do estresse térmico na fase inicial do desenvolvimento e posterior adaptação à temperatura ambiente no crescimento, fisiologia e florescimento do meloeiro amarelo híbrido “Goldex”.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, de 07 de abril a 15 de maio de 2014, na Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Fortaleza, Ceará, cujas coordenadas geográficas são: latitude 3°44' S e longitude: 38°33' W. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Aw (clima tropical com período chuvoso). Foram utilizadas mudas de melão amarelo híbrido “Goldex”, com 15 dias de emergência, adquiridas na empresa Top Plant, situada em Icapuí, CE.

### 2.1 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

Para o cultivo das plantas, o substrato, composto de uma mistura de areia lavada, esterco bovino curtido, solo e casca de amendoim na proporção de 1:1:1:1, foi caracterizado previamente no laboratório de solos da Embrapa Agroindústria Tropical quanto à composição granulométrica (89,8% de areia e 10,2% de silte e argila, material classificado como areia); condutividade elétrica (CE) de 0,6 dS/m e análise físico-química: N 0,7 g kg<sup>-1</sup>; P 135,9 mg kg<sup>-1</sup>; K 570 mg kg<sup>-1</sup>; Ca 53,3 mg kg<sup>-1</sup>; Mg 166,4 mg kg<sup>-1</sup>; Na 459 mg kg<sup>-1</sup>; Cl 726,8 mg kg<sup>-1</sup>; Carbono orgânico 48,0 g kg<sup>-1</sup>; C/N 67,5; CTC 127,8 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; pH 4,3.

Posteriormente, o substrato foi autoclavado a 121 °C por 1 hora durante 2 dias consecutivos, com posterior repouso de 7 dias, para que se desse início ao experimento. Paralelamente, foram sanitizados vasos de 3 e 5 L em solução de água clorada a 1% durante 48 horas (CHITARRA, 1998).

Na primeira etapa, realizou-se o transplântio de 2 mudas por vaso de 3 L (Figura 1A). Posteriormente, as plantas foram acondicionadas em câmaras de germinação (Tipo MANGELSDORF) com dimensões de 60 cm de largura, 55 cm de profundidade e 87 cm de altura distribuídas em casa de vegetação de acordo com a casualização do experimento (Figura 1B).

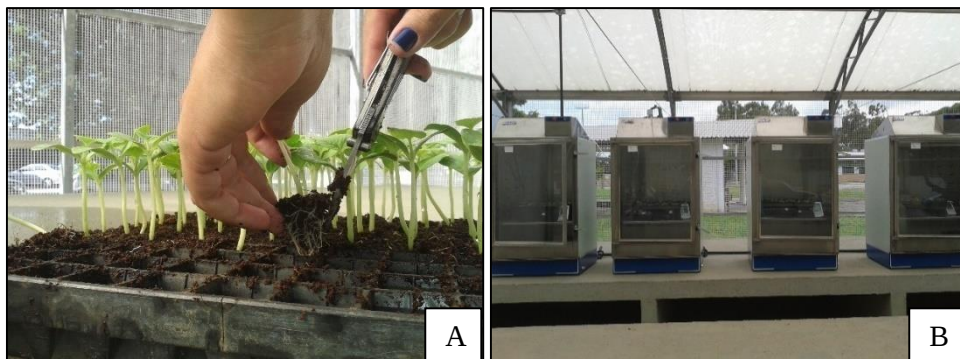


Figura 1 - (A) Transplântio das mudas e (B) acondicionamento dos vasos em câmaras de germinação.

As temperaturas das câmaras de germinação foram programadas individualmente de acordo com cada tratamento, sendo monitoradas durante todo o experimento com o auxílio de termohigrômetros portáteis. Durante o período diurno, principalmente das 10 h às 14 h, realizava-se a abertura e fechamento das portas das câmaras, caso fosse necessário. Esse procedimento tinha como objetivo diminuir a temperatura interna, caso estivesse superior à estabelecida no tratamento.

Após 5 dias do início do experimento, realizou-se o desbaste das plantas, deixando a mais vigorosa no vaso.

A irrigação foi realizada durante todo o período de avaliação de forma manual, de acordo com observações do substrato e da planta, tendo em vista os diferentes tratamentos nas câmaras de germinação e a temperatura da casa de vegetação, de forma a manter as plantas sempre em bom estado hídrico.

Na sequência do experimento, após 18 dias de tratamento, as plantas foram transplantadas para vasos de 5 L e encaminhadas para casa de vegetação (Figura 2A), também na Embrapa Agroindústria Tropical, dispostas casualizadamente, até atingirem a fase de florescimento, ao menos uma flor aberta por planta (Figura 2B). Nessa etapa, a temperatura ambiente apresentou média diurna de  $35 \pm 5^\circ\text{C}$  e noturna de  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ .



Figura 2 - (A) Casualização e acondicionamento dos vasos em casa de vegetação e (B) início da fase de florescimento do meloeiro.

## 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), consistindo de 4 tratamentos e 8 repetições:

T1 – 10 horas diurnas a 30 °C;

T2 – 10 horas diurnas a 34 °C;

T3 – 10 horas diurnas a 38 °C;

T4 – 10 horas diurnas a 42 °C.

Observação: Nas 14 horas restantes, todos os tratamentos foram submetidos às mesmas condições (média de  $25 \pm 2$  °C e CO<sub>2</sub> ambiente). O CO<sub>2</sub> ambiente corresponde a  $400 \pm 10$  ppm.

## 2.3 ANÁLISES QUANTITATIVAS DO CRESCIMENTO

As análises do crescimento em altura da planta foram realizadas aos 0; 15 e 39 dias após o transplântio (DAT) e o diâmetro do caule aos 0 e 15 DAT. Já as contagens do número de folhas foram realizadas aos 10; 20 e 39 DAT.

A medição de altura da planta (da base ao ápice) foi realizada com auxílio de régua graduada em centímetros. O diâmetro do caule foi verificado utilizando-se um paquímetro digital graduado em milímetros. Para o número de folhas, considerou-se a quantidade de folhas abertas por planta.

A mensuração das massas fresca e seca da parte aérea (caule, ramos e folhas) e raiz, além da área foliar foram realizadas ao final do experimento (39 DAT). Para a determinação das massas frescas, foi utilizada uma balança analítica de precisão (SHIMADZU AUW-320). Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de papel em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C, até atingir massa constante, fato que ocorreu após 72 horas, sendo então determinadas as massas secas. A área foliar (cm<sup>2</sup>) foi obtida por meio de um integrador de área foliar (LI-3100C, LI-COR).

## 2.4 TEOR RELATIVO DE CLOROFILA

O teor relativo de clorofila foi determinado com o auxílio do SPAD-502 da marca MINOLTA. A unidade observada pelo aparelho é conhecida como índice SPAD e determinada a partir da quantidade de “clorofila a” encontrada nas folhas. As leituras foram realizadas em três folhas por planta, das 7 às 9h da manhã, aos 10; 20 e 35 DAT.

## 2.5 TROCAS GASOSAS

As leituras das trocas gasosas (fotossíntese - A, condutância estomática - gs, transpiração - E e razão entre carbono interno e externo - Ci/Cref) foram realizadas com o auxílio de um analisador de gás no infravermelho (IRGA - LCpro, ADC, Hoddesdon, UK). As medições ocorreram nas folhas desenvolvidas aos 14 e 21 DAT, entre 08h00 e 11h00 da manhã, utilizando temperatura e umidade ambiente e fonte de luz artificial de 800  $\mu\text{mol}$  fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

## 2.6 DIAS PARA O INÍCIO DO FLORESCIMENTO

O início do florescimento, em dias após a emergência (DAE), foi considerado quando ao menos uma flor masculina estivesse completamente aberta na planta.

## 2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Antes, porém, efetuou-se a verificação de normalidade dos resíduos pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e de homogeneidade de variâncias pelo teste de Brown e Forsythe's. Quando não se verificou normalidade dos resíduos e/ou homogeneidade das variâncias, efetuou-se a transformação dos dados para atender a estes pressupostos.

Para as variáveis qualitativas que apresentaram diferenças significativas, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade na comparação das médias.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para altura da planta, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, fato não verificado para o diâmetro do caule (Figuras 3A e 3B e Apêndices 11A e 12A, respectivamente). Observa-se que o estresse térmico que as plantas sofreram na fase inicial foi determinante para esse comportamento: menor altura, quanto maior a temperatura.

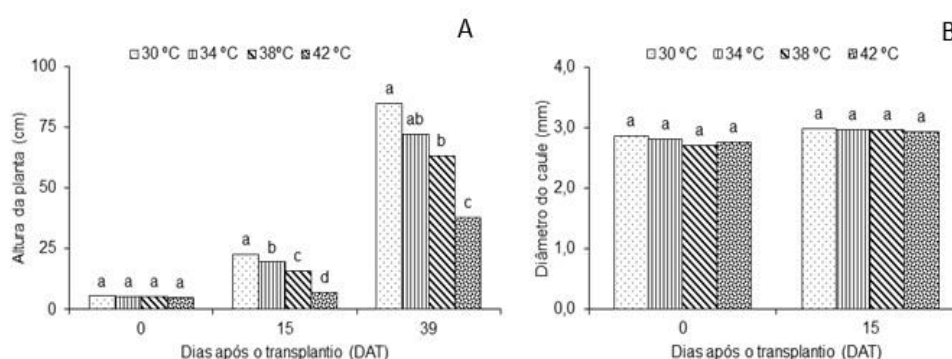


Figura 3 - (A) Altura da planta aos 0; 15 e 39 DAT e (B) diâmetro do caule do meloeiro aos 0 e 15 DAT em função das diferentes temperaturas.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Taiz e Zaiger (2013), a temperatura interfere diretamente no metabolismo do vegetal, alterando a velocidade das reações químicas e das atividades enzimáticas. De acordo com Angelotti e Costa (2010), a faixa ótima para o desenvolvimento do meloeiro é de 25 a 30 °C, comportamento que foi comprovado neste experimento: acima de 30 °C as plantas obtiveram menor estatura.

A redução do crescimento da planta é considerada uma característica adaptativa para a sobrevivência do vegetal, pois permite direcionar assimilados e energia antes utilizados para o desenvolvimento normal em moléculas protetoras para combater o estresse e/ou manter o crescimento da raiz para a absorção de água e nutrientes, fato que provavelmente ocorreu neste estudo com o meloeiro (CHAVES et al., 2003; ZHU, 2002).

Diferentes respostas foram observadas em estudo com algodoeiro, espécie do metabolismo fotossintético C3, maior altura e diâmetro do caule quando as plantas foram submetidas a 41 °C (QUEIROZ et al., 2012).

O meloeiro e o algodoeiro pertencem ao mesmo grupo de plantas (metabolismo fotossintético C3), no entanto, as respostas em decorrência das elevadas temperaturas proporcionaram respostas distintas. Este fato pode ser justificado pelas características de cada cultura, sendo uma anual e outra perene (melão e algodão, respectivamente), cujo comportamento metabólico e fisiológico são diferentes.

Para o número de folhas (NF) e área foliar (AF), foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos (Figuras 4A e 4B e Apêndices 13A e 15A, respectivamente). Para os dois parâmetros, aos 39 DAT, houve redução de ambos apenas quando as plantas foram submetidas à temperatura de 42 °C na fase inicial de crescimento.

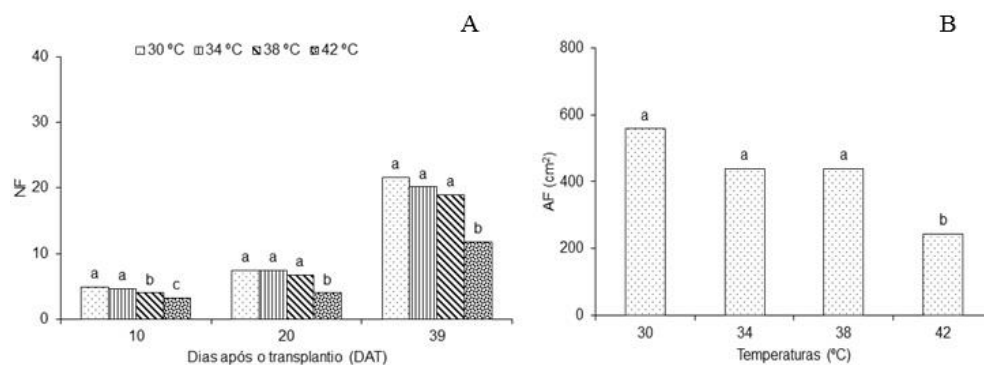


Figura 4 - (A) Número de folhas (NF) aos 10; 20 e 39 DAT e (B) Área foliar (AF) do meloeiro aos 39 DAT em função das diferentes temperaturas.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A influência negativa da temperatura 42 °C no NF foi, provavelmente, em decorrência da alteração sequencial causada por este fator no desenvolvimento das gemas axilares e apical. Já para a AF, foi provavelmente o mecanismo de defesa da

planta que diminuiu a área para minimizar a perda de água por transpiração (TAIZ; ZAIGER, 2013).

Queiroz et al. (2012), em estudo com algodoeiro, observaram maior NF e menor AF quando as plantas foram submetidas a 41 °C devido à aceleração do metabolismo. Ainda de acordo com os mesmos autores, o surgimento de novas folhas em alta temperatura pode ser reflexo da flexibilidade ecológica da espécie e de sua característica perene. Isso comprova a individualidade de cada planta, pois o algodoeiro e o meloeiro apresentaram respostas distintas quando submetidos a temperaturas semelhantes.

Segundo Teruel (1995), a avaliação da área foliar durante todo o ciclo da cultura é de extrema importância para que se possa modelar o crescimento, desenvolvimento e eficiência fotossintética.

As médias de clorofila, determinadas pelo índice SPAD, também apresentaram diferenças significativas entre as temperaturas aos 10 e 20 DAT, sem diferenças na análise aos 35 DAT (Figura 5 e Apêndice 14A).

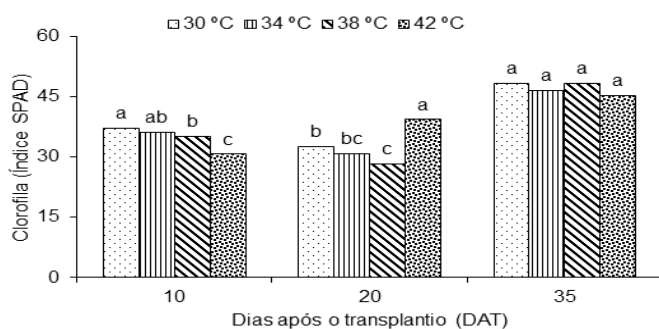


Figura 5- Índice de clorofila de folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 10; 20 e 35 DAT.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se que aos 10 DAT, as plantas do meloeiro, submetidas a temperaturade 42 °C, apresentaram baixo teor de clorofila, provavelmente devido à menor quantidade de cloroplastos, causada pelo estresse térmico. Outra hipótese

seria que a produção de clorofila das plantas é reduzida quando submetida a elevada temperatura, tendo em vista que a membrana do tilacóide apresenta sensibilidade a este fator (RISTIC et al., 2007). Já na avaliação seguinte (20 DAT), as plantas desse tratamento apresentaram maior clorofila, devido provavelmente à recuperação do seu estado normal de desenvolvimento, que possibilitou a interconversão dos plastídeos em cloroplastos (JARVIS; LÓPEZ-JUEZ, 2013).

Aos 35 DAT, os tratamentos testados não influenciaram significativamente o teor de clorofila, provavelmente devido à inexistência do efeito negativo causado pelo estresse térmico inicial. Observa-se ainda maior teor de clorofila entre os tempos avaliados, demonstrando a recuperação dessa característica do meloeiro após um período de estresse.

As massas fresca e seca de parte aérea e raiz (MFA; MSA; MFR e MSR, respectivamente) apresentaram diferenças significativas entre o tratamento de 42 °C e os demais (Figuras 6A, 6B, 6C e 6D, respectivamente e Apêndice 15A).

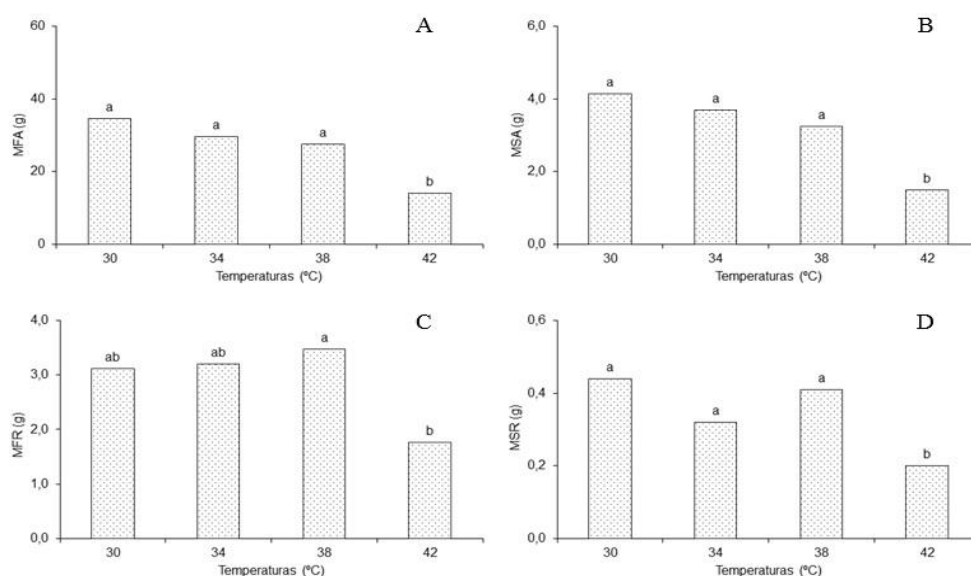


Figura 6 - (A) Massa fresca e (B) seca de parte aérea (MFA e MSA) e (C) massa fresca e (D) seca de raiz (MFR e MSR) do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 39 DAT.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O baixo rendimento na produção de MFA e MSA, quando o meloeiro foi submetido a temperatura de 42 °C, resulta da menor altura da planta, quantidade de folhas e área foliar (Figuras 3A, 4A e 4B, respectivamente).

Segundo Souza et al. (2011), o estresse térmico é definido como o aumento da temperatura acima do valor crítico, por período suficiente para causar danos irreversíveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas, fato que ocorreu quando as plantas ficaram 18 dias submetidas a temperatura de 42 °C.

Esperava-se para a massa da raiz respostas semelhantes ao da massa da parte aérea, devido à proporcionalidade que normalmente existe entre parte aérea e raiz, fato que não ocorreu para a massa fresca, em que apenas o tratamento a 38 °C diferiu do de 42 °C maior e menor massa, respectivamente. Já a MSR apresentou comportamento semelhante ao da MSA, como era esperado, com o tratamento a 42 °C, apresentando menor valor, o que comprova o efeito negativo causado pela elevada temperatura, provavelmente devido ao fato de que o substrato com temperatura elevada pode influenciar negativamente no crescimento e desenvolvimento do sistema radicular (TAIZ; ZAIGER, 2013).

Segundo Ainsworth et al. (2004), o volume de vasos em que as plantas são cultivadas pode afetar o crescimento das plantas, restringindo o crescimento da raiz, fato que poderia ter ocorrido neste estudo se por acaso as plantas não tivessem sido transplantadas para vasos maiores, tendo em vista o tempo de cultivo.

Os resultados de fotossíntese (A), condutância estomática (gs) e razão carbono interno e externo (Ci/Cref) apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, com exceção da análise aos 34 DAT (Figura 7A, 7B e 7D e Apêndices 16A, 17A e 19A respectivamente). Já a transpiração (E) sofreu influência da temperatura em todas as análises (Figuras 7C e Apêndices 18A).

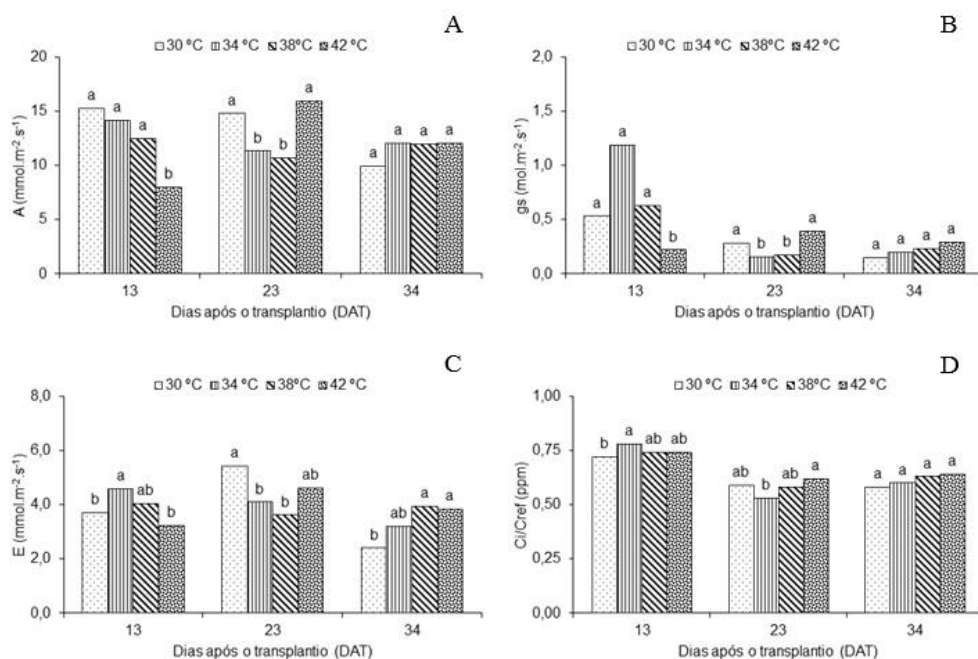


Figura 7-(A) Fotossíntese - A, (B) condutância estomática - gs, (C) transpiração - E e (D) razão carbono interno e externo - Ci/Cref de folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas aos 13; 23 e 34 DAT.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se na figura acima que, aos 13 DAT, no tratamento 4 (42 °C), a média de fotossíntese foi bem inferior às demais, demonstrando que a temperatura elevada na fase inicial do meloeiro tem reflexo direto no rendimento do aparato fotossintético. Em seguida, as plantas parecem ser menos afetadas e a taxa fotossintética é igual em todas as temperaturas.

Segundo Demirevska-Kepova et al. (2005), a fotossíntese é um dos processos fisiológicos mais sensíveis ao calor, devido principalmente à sensibilidade da membrana do tilacóide, causando redução na produção de clorofila (RISTIC et al., 2007).

Segundo Larcher (2000), temperaturas elevadas causam uma desorganização entre as reações do metabolismo do carbono e o transporte de material. Essa desorganização e o retardamento dos processos fotoquímicos ligados

às membranas acarretam um rápido declínio da fotossíntese, o que provavelmente tenha ocorrido com o meloeiro quando submetido a alta temperatura.

A maior parte das mudanças iniciais da fotossíntese, quando as plantas são transferidas de um regime de temperatura mais ameno para um de temperatura superior, está relacionada ao aumento da  $g_s$  (BERRY; BJORKMAN, 1980). Em condições diferentes, como a realizada neste estudo, observa-se que houve menor abertura estomática no tratamento de elevada temperatura (42 °C) aos 13 DAT, devido provavelmente ao estresse térmico a que as plantas foram submetidas. No entanto, aos 23 DAT as plantas apresentaram comportamento semelhante entre os tratamentos 1 e 4, temperatura mais baixa (30 °C) e mais alta (42 °C), contrariando a tendência ocorrida anteriormente, porém as repostas são normais, tendo em vista a inexistência do efeito das elevadas temperaturas nesta análise. Aos 34 DAT, já não houve diferença significativa entre os tratamentos, evidenciando que o efeito da alta temperatura na condutância estomática foi revertido após o período de crescimento em condições normais de temperatura.

Como o comportamento estomático influencia a fotossíntese (absorção de  $CO_2$ ) e a transpiração (perda de água), apesar de algumas divergências, no geral observa-se que a transpiração apresentou comportamento semelhante ao da  $g_s$ . A menor perda de água por transpiração aos 13 DAT no tratamento 4 é a prova de que o fechamento parcial dos estômatos em alta temperatura ocorreu, embora não tenha diferido estatisticamente dos tratamentos 1 e 3, demonstrando que outros fatores podem estar envolvidos. Segundo Taiz e Zaiger (2013), a transpiração é determinada principalmente pelo comportamento dos estômatos, que, por sua vez, é influenciado pelo *status* hídrico da planta, temperatura, umidade e  $[CO_2]$  do ambiente.

Já a razão carbono interno e externo ( $C_i/C_{ref}$ ), apesar de os resultados terem apresentado diferenças significativas entre os tratamentos 1 e 2 aos 13 DAT e 2 e 4 aos 23 DAT, é difícil concluir precisamente, tendo em vista as inconstâncias das respostas observadas. Porém, existe uma tendência à estabilidade em relação à quantidade de carbono interno entre os tratamentos, fato que ocorreu aos 34 DAT, onde as temperaturas não apresentaram diferenças significativas entre elas.

O tempo necessário para o florescimento do meloeiro, em dias após a emergência (DAE), apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, aumentando com a elevação da temperatura (Figura 8 e Apêndice 19A).

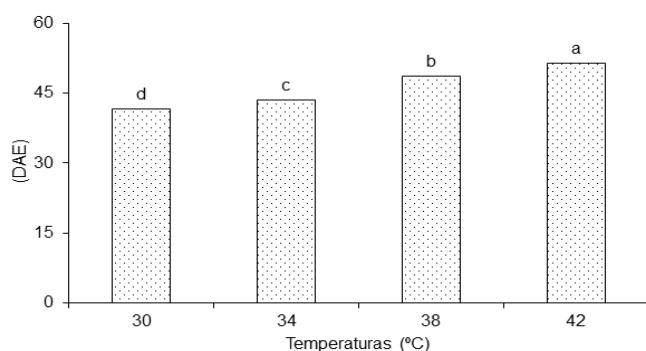


Figura 8- Tempo decorrido para o início do florescimento do meloeiro, em dias após a emergência (DAE), em função das diferentes temperaturas.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Angelotti e Costa (2010), a temperatura ótima para o florescimento do meloeiro situa-se entre 20 e 23 °C. Temperaturas acima de 35 °C estimulam a formação de flores masculinas e acima de 37 °C a 38 °C ocasionam problemas na maturação.

De acordo com Costa (2007), pode haver retardo do desenvolvimento de meloeiro em temperaturas acima de 40 °C, o que foi observado no presente experimento.

Estudos realizados com soja, a planta mais estudada quanto aos efeitos das mudanças climáticas, indicam que os processos de floração e frutificação não serão grandemente afetados a ponto de aumentar significativamente a biomassa (AINSWORTH et al., 2002).

De acordo com Walter et al. (2010), elevadas temperaturas influenciarão negativamente o ciclo do arroz, principalmente na fase vegetativa. Já segundo Fischer et al. (2007), a extensão do período de cultivo (ciclo), em consequência das

mudanças climáticas, terá pequenas alterações nos trópicos, no entanto, as mudanças na precipitação, combinadas com elevação na demanda por evapotranspiração, aumentam as necessidades de água para irrigação, elevando o custo de produção.

De acordo com Carvalho et al. (2014), as mudanças climáticas que nosso planeta vem passando não apresentam influência direta apenas no metabolismo, fisiologia e produtividade das plantas, mas têm efeito sobre o ciclo fenológico das culturas, antecipando ou alongando, dependendo da região, o que provavelmente ocorreu neste estudo. As plantas da temperatura mais elevada (42 °C) iniciaram o florescimento em média 10 dias após as plantas cultivadas na temperatura mais baixa (30 °C).

#### **4 CONCLUSÕES**

O crescimento do meloeiro é influenciado negativamente pelo estresse térmico inicial causado pela temperatura de 42 °C, não retornando seu desenvolvimento normal. Essa redução no crescimento e desenvolvimento das plantas não se deve a influências nas trocas gasosas, de vez que não se observam mudanças consistentes nesses parâmetros ao longo das avaliações. Já o início do florescimento das plantas é retardado pelas elevadas temperaturas.

## REFERÊNCIAS

AINSWORTH, E. A.; DAVEY, P. A.; BERNACCH, C. J.; DERMODY, O. C.; HEATON, E. A.; MOORE, D. J.; MORGAN, P. B.; NAIDU, S. L.; YOORA, H. S.; ZHU, X. G.; CURTINS, P.; LONG, S. P. A meta-analysis of elevated [CO<sub>2</sub>] effects on soybean (*Glycine max*) physiology, growth and yield. **Global Change Biology**, p. 695-709. 2002.

AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A.; NELSON, R.; LONG, S. P. Testing the source-sink hypothesis of down-regulation of photosynthesis in elevated [CO<sub>2</sub>] in the field with single gene substitutions in *Glycine max*. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 122, p. 85-94, 2004.

ANGELOTTI, F.; COSTA, N. D. **Sistema de produção do melão**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2010. (Documentos, 5).

AROUCHA, E. M. M.; MORAIS, F. A. de; NUNES, G. H. S.; TOMAZ, H. V. de Q.; SOUSA, A. L. D. de; BEZERRA NETO, F. Caracterização física e química de melão durante o seu desenvolvimento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 296-301, 2007.

BERRY, J.; BJORKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 491-543, 1980.

CARVALHO, C. A. C. SILVA, E. O. BEZERRA, M. A. Impact of climate change on plants, fruits and grains. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 205-212, jan./mar. 2014.

CHAVES, M. M. MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 30, p. 239-264, 2003.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Viçosa: CPT, 1998, 88p. (CPT. Agroindústria, manual, 155).

COSTA, N. D. **O cultivo do melão**. 2007. Disponível em: <[www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/Melao/m.69.pdf](http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/Melao/m.69.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2014.

D' ALBUQUERQUE JUNIOR, B. S.; FRIZZONE, J. A.; DUARTE, S. N.; MINGOTI, R.; DIAS, N. S.; SOUSA, V. F. Qualidade física e química de frutos de meloeiro rendilhado cultivado sob diferentes épocas de aplicação de  $\text{CO}_2$  via água de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 273-280, jul./set. 2007.

DEMIREVSKA-KEPOVA, K.; HÖLZER, R.; SIMOVA-STOILLOVA, L.; FELLER, U. Heat stress effects on ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, rubisco binding protein and rubisco activase in wheat leaves. **Biologia Plantarum**, v. 49, p. 521-525, 2005.

FISCHER, G. TUBIELLO, F. N.; VELTHUIZEN, H. V.; WIBERG, D. A. Climate change impacts on irrigation water requirements: effects of mitigation, 1990-2008. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 74, n. 7, p. 1083-1107, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**, Rio de Janeiro, v. 39, p. 1-101, 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **IPCC**: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. 34p.

JARVIS, P.; LÓPEZ-JUEZ, E. Biogenesis and homeostasis of chloroplasts and other plastids. **Nature Reviews, Molecular Cell Biology**, v. 14, p. 787-802, dec. 2013.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

MEDEIROS, J. F.; SANTOS, S. C. L.; CAMARAM, J. T.; NEGREIROS, M. Z. Produção de melão Cantaloupe influenciado por coberturas do solo, agrotêxtil e lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 538-543, 2007.

MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; RODRIGUES, G. D. S.; NASCIMENTO, J. F.; PINTO, J. M.; SILVA, T. G. F. Microclima do melão cultivado sob agrotêxtil no submédio do vale São Francisco. **In...** XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

PIRES, M. M. M. L.; SANTOS, H. A.; SANTOS, D. F.; VASCONCELOS, A. S.; ARAGÃO, C. A. Produção do meloeiro submetido a diferentes manejos de água com o uso de manta de tecido não tecido. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 304-310, 2013.

QUEIROZ, N. L.; ROCHA, M. S.; ROCHA, M. S.; BELTRÃO, N. E. M. Análise de crescimento não destrutiva em seis linhagens de algodoeiro herbáceo. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 5; Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 2 e I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, 2012, Guarapari. Desafios e Oportunidades: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012. p. 110.

RISTIC, Z.; BUKOVNIK, U.; PRASAD, P. V. V. Correlation between heat stability of thylakoid membranes and loss of chlorophyll in winter wheat under heat stress. **Crop Science**, v. 47, p. 2067-2073, 2007.

SOUZA, M. A.; PIMENTEL, A. J. B.; RIBEIRO, G. Melhoramento para tolerância ao calor. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (Eds.) **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. cap. 9, p. 199-226.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TERUEL, D. A. **Modelagem de índice de área foliar de cana-de-açúcar em diferentes regimes hídricos**. 1995. 93f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), ESALQ, Piracicaba, 1995.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 53, p. 247-273, 2002.

## **CAPÍTULO IV**

### **IMPACTOS DE ELEVADAS TEMPERATURAS E CONCENTRAÇÕES DE CO<sub>2</sub> NO CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DO MELOEIRO AMARELO**

#### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi avaliar os impactos das elevadas temperaturas associadas a diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> no crescimento e na fisiologia do meloeiro. Foram utilizadas mudas comerciais de melão amarelo híbrido “Goldex”, com 13 dias de emergência. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2X2 e 8 repetições. As plantas foram acondicionadas em câmaras de germinação distribuídas em casa de vegetação. As temperaturas das câmaras foram programadas individualmente de acordo com cada tratamento (34 °C; 34 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub>, 42 °C e 42 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub>). A altura das plantas e o diâmetro do caule aos 7; 14 e 23 DAT apresentaram diferenças significativas entre as temperaturas, concentrações de CO<sub>2</sub> e interação entre eles. No entanto, o mesmo resultado não foi observado na análise aos 0 DAT, fato também verificado para o diâmetro do caule aos 23 DAT nas diferentes concentrações de CO<sub>2</sub>. O NF aos 14 e 23 DAT e a AF e massas fresca e seca de parte aérea foram influenciadas significativamente pelos fatores e interação entre eles. A clorofila revelou diferenças significativas apenas entre as temperaturas aos 7 DAT. Já aos 14 DAT houve diferenças significativas dos fatores e interação entre eles; aos 23 DAT, as diferenças significativas existiram nas temperaturas e interação temperatura e CO<sub>2</sub>. As trocas gasosas não foram influenciadas pelas temperaturas e nem pela interação entre os fatores aos 14 DAT, ainda na mesma avaliação, o enriquecimento de CO<sub>2</sub> diminuiu a g<sub>s</sub> e a razão Ci/C<sub>ref</sub>, não influenciando A e E. Já aos 21 DAT, as respostas foram bem divergentes, a g<sub>s</sub> e a E sofreram efeitos da temperatura, do CO<sub>2</sub> e da

interação entre eles, ao passo que para a razão  $C_i/C_{ref}$  e para  $A$ , não foram observados efeitos significativos dos fatores e nem de sua interação, com exceção do aumento da  $A$  nas plantas submetidas a elevada temperatura, com ou sem enriquecimento de  $CO_2$ , efeito que também foi observado na  $g_s$  e  $E$  das folhas submetidas ao tratamento 4. A  $F_v/F_m$  e a  $F_0$  foram influenciadas apenas pelas temperaturas. Já a  $F_m$  e a  $qP$  não sofreram efeitos dos fatores e nem da interação entre eles. A  $qN$  apresentou diferenças significativas para ambos os fatores, não apresentando efeito apenas da interação entre eles. A  $ETR$  foi influenciada significativamente apenas pelas concentrações de  $CO_2$  e interação temperatura e  $CO_2$ . O crescimento das plantas foi influenciado positivamente pela combinação  $34\text{ }^{\circ}C + 900\text{ ppm de }CO_2$  e negativamente pelo aumento da temperatura enriquecida ou não de  $CO_2$ . Já as análises fisiológicas de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila, em sua maioria, não foram influenciadas pelos tratamentos.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Gases de efeito estufa. *Cucumis melo* L. Metabolismo fotossintético. Fluorescência.

## **IMPACTS OF HIGH TEMPERATURES AND CO<sub>2</sub> CONCENTRATION ON GROWTH AND PHYSIOLOGY OF YELLOW MELON**

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the impacts of elevated temperatures associated with different concentrations of CO<sub>2</sub> on the growth and physiology of melon. Commercial hybrid yellow melon seedlings were used "Goldex", with 13 days of emergency. The experimental design was completely randomized in a factorial 2x2 and 8 repetitions. The plants were placed in germination chambers distributed in the greenhouse. The temperatures of the chambers were programmed individually according to each treatment (34 °C, 34 °C + 900 ppm CO<sub>2</sub>, 42 °C and 42 °C + 900 ppm CO<sub>2</sub>). The plant height and stem diameter at 7; 14 e 23 DAT significant differences among the temperatures, concentrations of CO<sub>2</sub> and interaction entres them, however the same result was observed on analysis at 0 DAT, fact also checked for the trunk diameter at 23 different concentrations in the DAT CO<sub>2</sub>. NF to 14 e 23 DAT and the AF and fresh and dry shoot were significantly influenced by factors and interaction entres them. Chlorophyll revealed significant differences only between the temperatures at 7 DAT. Already 14 DAT were no significant differences of the factors and interaction between them, at 23 DAT significant differences existed in temperatures and interaction of temperature and CO<sub>2</sub>. Gas exchange were not affected by temperature, and no interaction between factors at 14 DAT, still the same resource, the CO<sub>2</sub> enrichment decreased gs and Ci/Cref not influencing the A and E. Have at 21 DAT, the responses were quite different, and the gas and suffered the effects of temperature, CO<sub>2</sub> and the interaction among them, while for Ci/Cref and A were not observed significant effects of the factors nor its interaction, with the exception of the increase in the in plants under elevated temperature with or without enrichment of CO<sub>2</sub>, an effect that was also observed in the gas and the leaves and subjected to treatment 4. The Fv/Fm and F0

were influenced only by temperature. Already Fm and qP suffered no effects of the factors nor the interaction between them. The qN showed significant differences for both factors, with no significant effect only the interaction between them. The ETR was affected by concentrations of CO<sub>2</sub> and interaction of temperature and CO<sub>2</sub>. Plant growth was positively influenced by the combination 34 °C + 900 ppm CO<sub>2</sub> and negatively by increasing the temperature of CO<sub>2</sub> enriched or not. Have the physiological analysis of gas exchange and chlorophyll fluorescence, mostly, were not affected by treatments.

Keywords: Climate change. Greenhouse gases. *Cucumis melo* L. Photosynthetic metabolism. Fluorescence.

## 1 INTRODUÇÃO

É inegável que a Terra vem passando ao longo de toda a sua história geológica por várias transformações climáticas. Contudo, há evidências científicas cada vez mais fortes de que as mudanças mais recentes não são variações naturais, mas causadas principalmente por ações antrópicas.

A tendência, segundo alguns cientistas, é de que os extremos climáticos ocorram de forma abrupta, influenciando diretamente a produção agrícola (IPCC, 2007). Entretanto, as plantas, de modo geral, necessitam de tempo para se adaptar naturalmente a determinadas condições climáticas (JURAS, 2013).

Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), a temperatura e a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera vêm aumentando continuamente (IPCC, 2014). Diante disso, a tendência é de que as plantas de metabolismo fotossintético C3 apresentem respostas positivas quando submetidas à atmosfera rica em CO<sub>2</sub>, por outro lado, se esse fator for acompanhado de elevada temperatura o efeito poderá ser contrário (TAIZ; ZAIGER, 2013).

De acordo com Streck e Alberto (2006), o enriquecimento de CO<sub>2</sub> associado a altas temperaturas pode apresentar efeito maléfico às culturas com vias fotossintéticas C3 e C4. O aumento da temperatura do ar em 2; 3; e 6 °C anulou os efeitos benéficos do aumento de CO<sub>2</sub> no rendimento do milho, trigo e soja, respectivamente. Segundo Walter et al. (2010), o efeito benéfico do CO<sub>2</sub> poderá ser anulado pelo efeito negativo das altas temperaturas também nos cultivos de arroz.

O meloeiro é uma espécie de metabolismo fotossintético C3, cultivado em várias regiões do Mundo devido à sua adaptabilidade a diferentes tipos de solos e clima (AROUCHA et al., 2007). No Brasil, a área plantada da cultura em 2012 foi de 22.810 ha, com produção de 575.386 t. e exportação de 181.700t., cujos principais importadores foram os Países Baixos, Reino Unido e Espanha (IBGE, 2012; MDIC, 2013). No nordeste, os estados do Rio Grande do Norte e Ceará são responsáveis por 88% da produção regional (IBGE, 2012).

Diante dessa importância para a região Nordeste, o objetivo deste estudo foi avaliar os impactos das elevadas temperaturas associadas a diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> no crescimento inicial e na fisiologia do meloeiro amarelo híbrido “Goldex”.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de 04 a 27 de junho de 2014 na Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Fortaleza, Ceará, cujas coordenadas geográficas são: latitude 3°44' S e longitude 38°33' W. Foram utilizadas mudas comerciais de melão amarelo híbrido “Goldex”, com 13 dias de emergência, adquiridas na empresa Top Plant, situada em Icapuí, CE.

### 2.1 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

Para o cultivo das plantas, o substrato, composto por uma mistura de areia lavada, esterco bovino curtido, solo e casca de amendoim na proporção de 1:1:1:1, foi previamente caracterizado no laboratório de solos da Embrapa Agroindústria Tropical, quanto à composição granulométrica: 84,8% de areia e 15,2% de silte e argila (material classificado como areia); condutividade elétrica (CE): 0,3 dS/m e análises físico-química: N 1,2 g kg<sup>-1</sup>; P 13,5 mg kg<sup>-1</sup>; K 103 mg kg<sup>-1</sup>; Ca 8,8 mg kg<sup>-1</sup>; Mg 88,4 mg kg<sup>-1</sup>; Na 66 mg kg<sup>-1</sup>; Cl 212,7 mg kg<sup>-1</sup>; Carbono orgânico 84,3 g kg<sup>-1</sup>; C/N 68,8; CTC 315,1 mmolc kg<sup>-1</sup> e pH 5,4.

Posteriormente, o substrato foi autoclavado a 121 °C por 1 hora durante 2 dias consecutivos, respeitadas as 24 horas de repouso. Paralelamente, vasos de 3 L foram sanitizados em solução de água clorada a 1% durante 48 horas (CHITARRA, 1998).

Preparado o material, realizou-se o transplante de 2 mudas por vaso, que foram acondicionados em câmaras de germinação (Tipo MANGELSDORF) com dimensões de 60 cm de largura, 55 cm de profundidade e 87 cm de altura distribuídas em casa de vegetação de acordo com a casualização do experimento.

As temperaturas das câmaras de germinação foram programadas individualmente de acordo com cada tratamento, sendo ainda monitoradas durante

todo o experimento com o auxílio de um termohigrômetro portátil. Durante o período diurno, principalmente das 10 h às 14 h, realizava-se o manejo manual de abertura e fechamento das portas das câmaras, caso fosse necessário. Esse procedimento tinha como objetivo diminuir a temperatura interna, caso estivesse superior à estabelecida no experimento.

Nos tratamentos T3 e T4, além das temperaturas pré-estabelecidas no experimento (34 e 42 °C, respectivamente), houve a injeção contínua média de  $900 \pm 30$  ppm de CO<sub>2</sub> durante 10 horas do período diurno. Para isso, utilizou-se um cilindro de 25 kg de CO<sub>2</sub> comum com saída de gás regulada por manômetro. Acoplada a esse equipamento, existia ainda uma válvula redutora que auxiliava na diminuição da vazão, mantendo-se em média 107,14 mL min<sup>-1</sup>(verificada por fluxímetro de bolha). A distribuição para o interior das duas câmaras foi realizada por 2 mangueiras de 1/2 polegada. O sistema foi adaptado para manter a temperatura estabelecida e distribuir o gás uniformemente por toda a câmara de acordo com cada tratamento. A quantidade de CO<sub>2</sub> na parte interna da câmara de germinação foi monitorada 3 vezes ao dia, com auxílio de um analisador de gás no infravermelho (IRGA - LCpro, ADC, Hoddesdon, UK), durante toda a experimentação.

A descrição do funcionamento completo do sistema de injeção de CO<sub>2</sub> e controle de temperatura em câmaras de germinação pode ser visualizado na Figura 1.

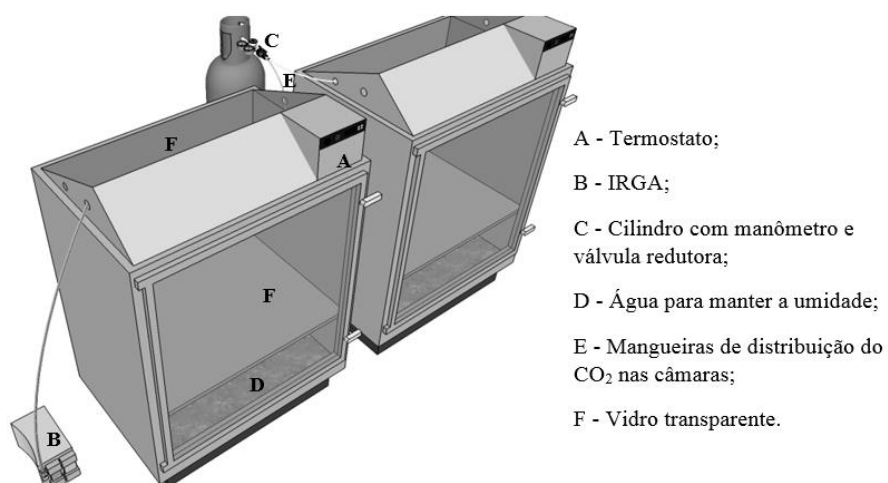


Figura 1 - Sistema completo de injeção de CO<sub>2</sub> e controle de temperatura em câmaras de germinação.

O sistema completo pode ser visualizado na Figura 2 -A (visão frontal); B (visão de trás das câmaras); C (visão superior) e D (visão interna).

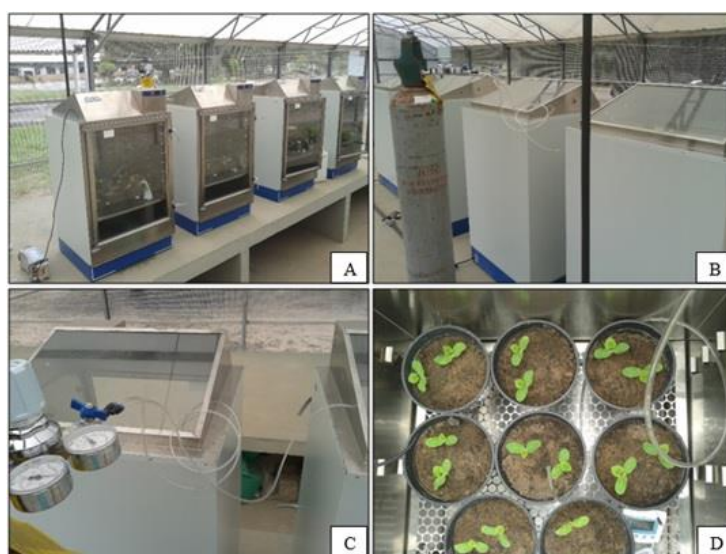


Figura 2 - Câmaras de germinação com sistema adaptado para temperatura e injeção de CO<sub>2</sub> (A; B; C e D).

Após 7 dias do início do experimento, realizou-se o desbaste das plantas, deixando apenas uma planta por vaso, sendo escolhida aquela que apresentava melhor vigor.

A irrigação foi realizada durante todo o período de avaliação de forma manual, de acordo com as observações do substrato e da planta, tendo em vista os diferentes tratamentos nas câmaras de germinação, de forma a manter as plantas sempre com potencial hídrico elevado.

## 2.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2X2 (duas temperaturas e duas concentrações de CO<sub>2</sub>), com 8 repetições:

T1 – 10 horas diurnas a 34 °C e CO<sub>2</sub> ambiente;

T2 – 10 horas diurnas a 42 °C e CO<sub>2</sub> ambiente;

T3 – 10 horas diurnas a 34 °C + 900 ± 20 ppm de CO<sub>2</sub>;

T4 – 10 horas diurnas a 42 °C + 900 ± 20 ppm de CO<sub>2</sub>.

Observação: Nas 14 horas restantes, todos os tratamentos foram submetidos às mesmas condições (média de 24 ± 2 °C e CO<sub>2</sub> ambiente). O CO<sub>2</sub> ambiente corresponde a 400 ± 10 ppm.

## 2.3 ANÁLISES QUANTITATIVAS DO CRESCIMENTO

As análises quantitativas de altura da planta edímetro do caule foram realizadas aos 0; 7; 14 e 23 DAT. Já as mensurações do número de folhas foram realizadas aos 14 e 23 DAT.

A medição de altura da planta foi realizada com auxílio de régua graduada em centímetros. O diâmetro do caule foi verificado utilizando-se um paquímetro digital graduado em milímetros. Já para o número de folhas, foi realizada a contagem em cada planta das folhas abertas.

A mensuração das massas fresca e seca da parte aérea (caule, ramos e folhas) e raiz, além da área foliar, foi realizada ao fim do experimento (23 DAT).

As massas frescas da parte aérea e raiz, mensuradas em gramas, foram obtidas a partir de pesagem com auxílio de balança analítica de precisão (SHIMADZU AUW-320). Posteriormente, os mesmos órgãos foram acondicionados em sacos de papel e encaminhados para estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante o que ocorreu após 72 horas, sendo então determinadas as massas secas. A área foliar (cm<sup>2</sup>) foi obtida por meio de um integrador de área foliar (LI-3100C, LI-COR).

## 2.4 TEOR RELATIVO DE CLOROFILA

O teor relativo de clorofila foi determinado com o auxílio de um medidor de enverdecimento (SPAD-502 da marca MINOLTA). A unidade observada pelo aparelho é conhecida como índice SPAD, é determinado a partir da quantidade de “clorofila a” encontrada na folha. As leituras foram realizadas em três folhas por planta, das 7 às 9 horas da manhã, aos 7; 14 e 23 DAT.

## 2.5 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA

Os parâmetros da fluorescência foram medidos usando um Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer (OPTI-SCIENCES-0S5P). Para a determinação da fluorescência rápida, amostras foliares foram adaptadas ao escuro durante 20 minutos,

quando receberam um fluxo de radiação igual a  $0,12 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para a obtenção de fluorescência mínima (F0). A fluorescência máxima (FM) foi determinada durante um pulso de fótons saturante de  $4.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Estes parâmetros básicos da fluorescência da clorofila foram usados para o cálculo da fluorescência variável (Fv) e da eficiência fotoquímica do FSII (Fv/Fm).

Determinados os parâmetros da fluorescência da clorofila do estado adaptado ao escuro, a mesma folha foi submetida à luz actínica associada à luz vermelha distante por um período de 3 minutos, permitindo a obtenção da dissipação-fotoquímica (qP), dissipação não-fotoquímica (qN) e a taxa de transporte de elétrons (ETR).

## 2.6 TROCAS GASOSAS

As leituras das trocas gasosas (fotossíntese - A, condutância estomática - gs, transpiração - E e razão carbono interno e externo -  $C_i/C_{ref}$ ) foram realizadas com o auxílio de um analisador de gás no infravermelho (IRGA - LCpro, ADC, Hoddesdon, UK). As medições ocorreram nas folhas desenvolvidas aos 14 e 21DAT, entre 08h00 e 11h00 da manhã, utilizando temperatura e umidade ambiente e fonte de luz artificial de  $800 \mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

## 2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade. Antes, porém, efetuou-se a verificação de normalidade dos resíduos pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e de homogeneidade de variâncias pelo teste de Brown e Forsythe's. Quando não se verificou normalidade dos resíduos

e/ou homogeneidade das variâncias, efetuou-se a transformação dos dados para atender a estes pressupostos.

Para as variáveis qualitativas que apresentaram diferenças significativas, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade na comparação das médias.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura das plantas e o diâmetro do caule aos 7; 14 e 23 DAT apresentaram diferenças significativas entre as temperaturas, concentrações de CO<sub>2</sub> e interação entres eles. No entanto, o mesmo resultado não foi observado na análise aos 0 DAT, fato também verificado para o diâmetro do caule aos 23 DAT nas diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> (Figuras 3A e 3B, respectivamente e Apêndice 20A e 21A). A combinação 34 °C + 900ppm de CO<sub>2</sub> apresentou maior média de altura da planta e diâmetro do caule quando comparado com os demais tratamentos, seguida do crescimento a 34 °C com CO<sub>2</sub> ambiente. Já a temperatura de 42 °C afetou gravemente o crescimento da planta, com pequenas variações entre os dois níveis de CO<sub>2</sub>.

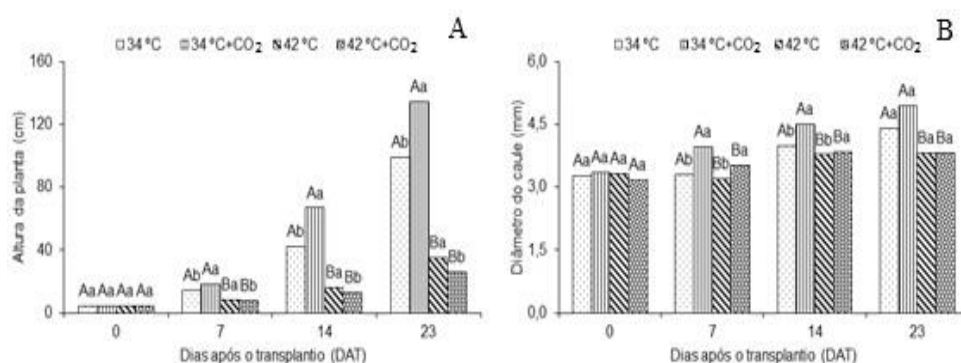


Figura 3- (A) Altura da planta e (B) diâmetro do caule do meloeiro aos 0; 7; 14 e 23 DAT em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub>.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula e minúscula, comparando temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub>, respectivamente, em mesma avaliação, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com Rosenberg et al. (1983), o aumento na concentração de dióxido de carbono na atmosfera causa elevação na taxa de crescimento das plantas, pois o CO<sub>2</sub> é o substrato primário para fotossíntese. No entanto, se o aumento da [CO<sub>2</sub>] for acompanhado de elevação da temperatura, o efeito é contrário (BUTTERFIELD; MORISON, 1992), devido ao encurtamento do ciclo (SIQUEIRA

et al., 2001) e aumento da respiração (TAIZ; ZEIGER, 2013). Essa conclusão corrobora com o verificado no presente estudo com o meloeiro.

Fagundes et al. (2010) chegaram à mesma conclusão, observando menor crescimento da planta de batata quando submetidas às condições de elevados CO<sub>2</sub> e temperatura.

Hacour et al.(2002) acreditam que a elevada concentração de CO<sub>2</sub> pode diminuir a altura das plantas em função do aumento da taxa de fotossíntese por unidade de área foliar. Neste trabalho com meloeiro, esse efeito foi observado apenas quando o enriquecimento de CO<sub>2</sub> foi acompanhado de alta temperatura.

Em condições de laboratório, a maioria das plantas C3 crescem 30-60% mais rapidamente quando a concentração de CO<sub>2</sub> é o dobro, mas as mudanças na taxa de crescimento dependem do estado nutricional e idade da planta (BOWES, 1993).

A elevação dos níveis de CO<sub>2</sub> pode resultar em maiores taxas de fotossíntese e de crescimento das plantas C3 e menores taxas de transpiração e fotorrespiração, com reflexos diretos na produtividade (SAGE et al., 2011). Entretanto, em cenários de mudança climática global, este efeito benéfico do enriquecimento de CO<sub>2</sub> seria contradito por outros efeitos negativos, como: aumento da concentração de ozônio, altas temperaturas, baixa umidade do ambiente, ventos fortes, estresse hídrico e elevada intensidade luminosa (LIMA; ALVES, 2008; FUHRER, 2009; PAGANI et al., 2009).

O número de folhas (NF) aos 14 e 23 DAT e a AF aos 23 DAT foram influenciadas significativamente pelas temperaturas, concentrações de CO<sub>2</sub> e interação entres eles (Figuras 4A e 4B e Apêndices 22A e 24A, respectivamente).

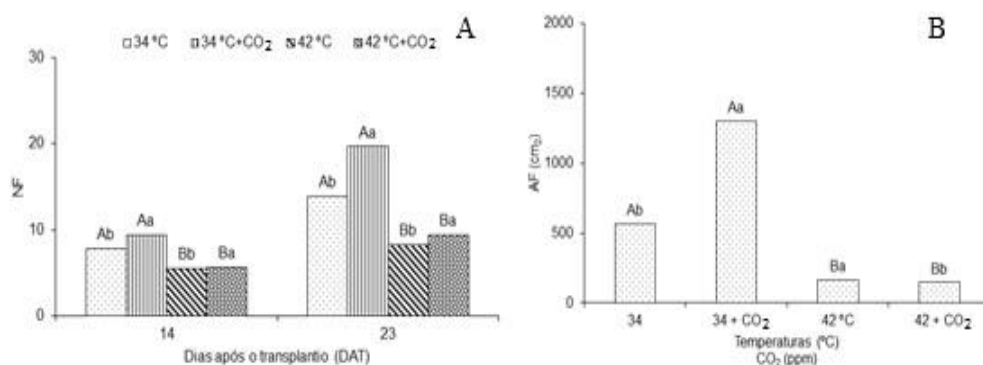


Figura 4 - (A) Número de folhas (NF) aos 14 e 23 DAT e (B) área foliar (AF) do meloeiro aos 23 DAT em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub>.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula e minúscula, comparando temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub>, respectivamente, em mesma avaliação, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observou-se maior NF e AF nos tratamentos 1 e 2 (34 °C e 34 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub>) e menor nos tratamentos 3 e 4 (42 °C e 42 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub>, respectivamente), comprovando que o enriquecimento de CO<sub>2</sub> em plantas de meloeiro foi benéfico e que a redução na produção de folhas está relacionada principalmente com a elevada temperatura.

Segundo Taiz e Zaiger (2013), as plantas podem diminuir o número de folhas e a área foliar para minimizar a perda de água por transpiração.

Hacour et al. (2002) afirmam que a elevada concentração de CO<sub>2</sub> pode diminuir o número de folhas e a AF por unidade de biomassa apresentada, diminuindo, assim, a quantidade relativa da maquinária fotossintética (POORTER; PEREZ-SOBA, 2002), fato observado neste estudo apenas no tratamento combinando elevada temperatura e enriquecimento de CO<sub>2</sub>.

De acordo com Batista et al. (2013), em estudo com cafeeiro cultivares Catuaí vermelho IAC 144 e Obatã vermelho IAC 1669-20, as plantas apresentaram maior ganho de área foliar quando submetidas a 760 ppm de CO<sub>2</sub>, corroborando com o verificado neste estudo.

Gomes et al. (2005), aplicando CO<sub>2</sub> via água de irrigação em alface, verificaram maior número de folhas nas plantas submetidas à dose mensal de 155 kg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>. Por outro lado, Tamagi et al. (2007) não observaram diferenças significativas entre as doses de CO<sub>2</sub> aplicadas via água de irrigação no número de folhas da alface. Os resultados contrariam os observados neste trabalho, provavelmente devido à forma de aplicação de CO<sub>2</sub>, às diferentes temperaturas testadas, às peculiaridades de cada cultura e à estrutura que foi objeto de estudo (fruto e folhosa).

O índice de clorofila, determinado pelo SPAD, revelou diferenças significativas apenas entre as temperaturas aos 7 DAT, onde as plantas submetidas à temperatura de 34 °C apresentaram maior clorofila, independentemente da concentração de CO<sub>2</sub>. Já aos 14 DAT, houve diferenças significativas das temperaturas, concentrações de CO<sub>2</sub> e interação entre eles, onde a maior clorofila foi observada no tratamento 4 (42 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub>). Aos 23 DAT, as diferenças significativas foram verificadas nas temperaturas e interação entre temperatura e CO<sub>2</sub>, com maior clorofila nos tratamentos de elevada temperatura (Figura 5, Apêndice 23A).

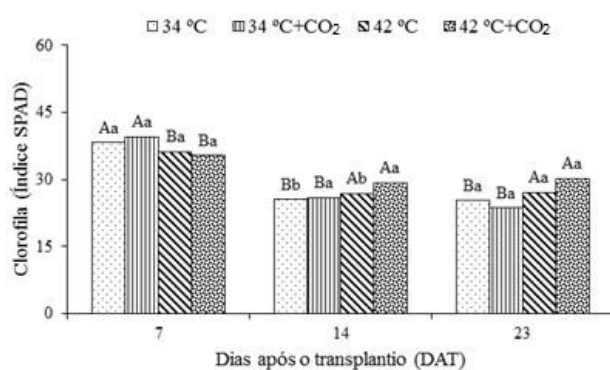


Figura 5- Índice de clorofila em folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub> aos 7; 14 e 23 DAT.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula e minúscula, comparando temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub>, respectivamente, em mesma avaliação, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Sabe-se que a elevada concentração de CO<sub>2</sub> pode diminuir o conteúdo de clorofila, o que acelera a senescência. Esse efeito do CO<sub>2</sub> na redução do conteúdo da clorofila é considerado negativo e pode ser explicado pelos elevados níveis de CO<sub>2</sub>, que promovem acúmulo de amido nos cloroplastos (BINDI et al., 2002). Entretanto, Barbosa et al. (2011) estudaram o efeito isolado do enriquecimento de CO<sub>2</sub> (550 ppm) em plantas de feijão caupi, cultivares BRS Marataoã e BRS Tapaihum, cultivadas em câmaras de crescimento, com temperatura de 29 °C (diurna) e 23 °C (noturna), e observaram que não houve influência do enriquecimento de CO<sub>2</sub> no teor de clorofila quando comparado com a concentração ambiente (370 ppm), fato que pode ser observado neste estudo com o meloeiro aos 7 e 23 DAT.

As massas fresca e seca de parte aérea (MFA e MSA) e raiz (MFR e MSR) aos 23 DAT foram influenciadas significativamente pelas temperaturas, concentrações de CO<sub>2</sub> e interação entre eles. Observa-se que as respostas foram semelhantes para todas as variáveis, maiores massas fresca e seca da parte aérea e raiz nas plantas submetidas à combinação 34 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub>. Por sua vez, as plantas crescidas a 42 °C tiveram menores massas, mesmo quando enriquecidas com CO<sub>2</sub> (Figuras 6A, 6B, 6C e 6D, respectivamente e Apêndice 24A).

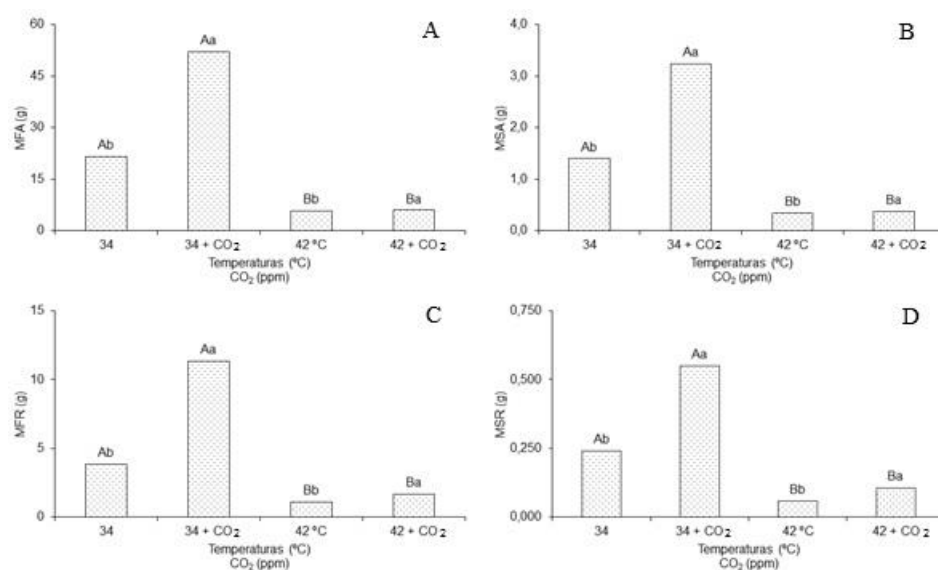


Figura6- (A) Massas fresca (MFA) e (B) seca de parte aérea (MSA) e (C) Massas fresca (MFR) e (D) seca da raiz (MSR) do meloeiro em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub> aos 23 DAT.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula e minúscula, comparando temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub>, respectivamente, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As plantas submetidas à combinação 34 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub> apresentaram mais que o dobro da quantidade de massas fresca e seca de parte aérea e raiz do tratamento com mesma temperatura, demonstrando que o dióxido de carbono foi efetivo para essas variáveis. Esse comportamento foi consequência do maior crescimento das plantas, como pode ser confirmado na altura, diâmetro, NF e AF. Já as plantas submetidas a elevada temperatura (42 °C), combinada ou não com CO<sub>2</sub>, apresentaram efeito contrário.

Aranjuelo et al. (2005), em estudo com alfafa, observaram resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho, verificando que a temperatura de 29 °C + 700 ppm de CO<sub>2</sub> contribuiu para maior MSA. Segundo os mesmos autores, o suprimento hídrico ideal mais uma quantidade equilibrada de nutrientes são fatores que favorecem a absorção e aproveitamento do CO<sub>2</sub>.

Segundo Poorter; Pérez-Soba (2002), a amplitude de resposta do crescimento em relação ao elevado CO<sub>2</sub> depende de cada espécie, porém a maioria das espécies de crescimento rápido, como, por exemplo, o meloeiro, respondem positivamente ao CO<sub>2</sub>, com um aumento de biomassa de aproximadamente 47%.

Maior MSA também foi observado na cultura do cafeeiro cultivares Catuaí vermelho IAC 144 e Obatã vermelho IAC 1669-20 submetidas a 760 ppm de CO<sub>2</sub> em câmaras de topo aberto (BATISTA et al., 2013) e na cultura da alface quando submetida a doses de aplicação de CO<sub>2</sub> via água de irrigação (GOMES et al., 2005). Ainda segundo Gomes et al. (2005), para MFA não foram observadas diferenças significativas.

Silva et al. (2011), estudando apenas o efeito de duas concentrações de CO<sub>2</sub> (360 e 550 ppm) em diferentes variedades de melancia, observaram interação significativa entre os fatores para MFA e MFR. As plântulas das variedades Charleston Gray e Fairfax, submetidas a 550 ppm de CO<sub>2</sub>, apresentaram MFA e MFR superiores ao das Crimson Sweet e Congo. O mesmo comportamento foi observado para MSR da melancia Charleston Gray. Já para a MSA não foram observadas diferenças significativas, comportamento semelhante ao observado por Batista et al. (2013), para MSR, em estudo com duas variedades de cafeeiro.

A fotossíntese (A), a condutância estomática (gs), a transpiração(E) e a razão carbono interno e externo (Ci/Cref) não foram influenciadas pelas temperaturas e nem pela interação entre temperatura e concentração de CO<sub>2</sub> aos 14 DAT, ainda na mesma avaliação, o enriquecimento de CO<sub>2</sub> diminuiu a gs e a razão Ci/Cref, não influenciando A e E. Já aos 21 DAT, as respostas foram bem divergentes, gs e E sofreram efeitos da temperatura, do CO<sub>2</sub> e da interação entre eles, ao passo que para a razão Ci/Cref e para A não foram observados efeitos significativos dos fatores e nem de sua interação, com exceção do aumento da A nas plantas submetidas a elevada temperatura, com ou sem enriquecimento de CO<sub>2</sub>, efeito que também foi observado na gs e E das folhas submetidas ao tratamento 4. Isto demonstra que no geral as trocas gasosas do meloeiro sofreram poucos efeitos dos fatores estudados (Figuras 7A, 7B, 7C e 7D e Apêndices 25A, 26A, 27A e 28A, respectivamente).

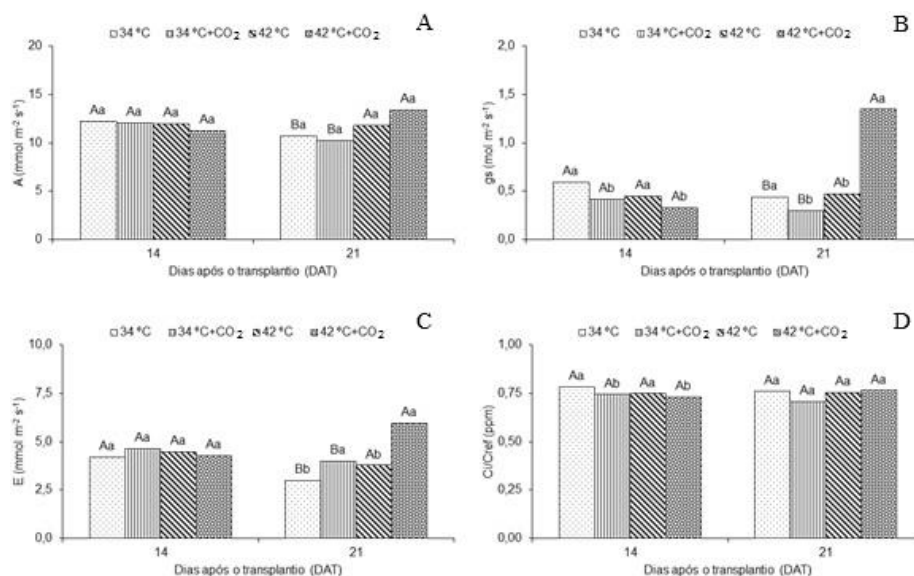


Figura7- (A) Fotossíntese - A, (B) condutância estomática - gs, (C) transpiração - E e (D) razão carbono interno e externo - Ci/Cref em folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub> aos 14 e 21 DAT.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula e minúscula, comparando temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub>, respectivamente, em mesma avaliação, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Long et al. (2004), as plantas com mecanismo fotossintético C3 apresentam respostas positivas (aumento da fotossíntese líquida e diminuição da transpiração) quando submetidas, em curto prazo, a ambiente com alta concentração de CO<sub>2</sub>. Isso se deve à melhoria das taxas fotossintéticas que estão associadas com o aumento da biomassa (BATTIST; NAYLOR, 2009; FRIEND et al., 2009). Em longo prazo, este aumento é muitas vezes compensado pela baixa regulação da capacidade fotossintética destas espécies, ou seja, baixa capacidade do ciclo de Calvin-Benson regenerar a molécula aceptora ribulose-1,5-bifosfato, que depende das taxas de transporte de elétrons. Outro motivo é a presença de pequenos vacúolos com baixa capacidade de armazenamento de CO<sub>2</sub> (TAIZ; ZAIGER, 2013).

Neste estudo com o meloeiro, as maiores taxas fotossintéticas foram observadas nos tratamentos com elevada temperatura (42 °C) aos 21 DAT, fato que provavelmente ocorreu devido ao maior teor de clorofila aos 23 DAT (Figura 5). Porém, na prática esse aumento não apresentou correlação com o desenvolvimento das plantas.

De acordo com Larche (2000), as temperaturas acima da ótima tolerada pelas plantas diminuem consideravelmente a carboxilação da Ribulose Bifosfato, podendo alterar a razão  $O_2:CO_2$ , além de favorecer a fotorrespiração (KERBAUY, 2004) e o desbalanço na absorção e liberação de  $CO_2$  (ATKIN et al., 2007).

O aumento da concentração de  $CO_2$  promove um aumento da taxa fotossintética e uma diminuição da taxa de transpiração por unidade de área foliar e, consequentemente, uma melhor eficiência de uso da água, favorecendo uma maior produção de fotoassimilados (FLEISHER; TIMLIN, 2006). No entanto, se houver o aumento da concentração de  $CO_2$  e da temperatura do ar, poderá haver a redução na fotossíntese líquida (BUTTERFIELD; MORISON, 1992), devido ao aumento da respiração e transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2013), principalmente daquelas de metabolismo fotossintético C3, como, por exemplo, a batata e o feijão-caupi (FAGUNDES et al., 2010; BARBOSA et al., 2011).

Lloyd e Farquhar (2008) defendem que o aumento do  $CO_2$  nas próximas décadas compensará qualquer redução na fotossíntese causada pelo aumento da temperatura. Por outro lado, Grandis et al. (2010) afirmam que em termos fisiológicos é possível que os efeitos do aumento da concentração de  $CO_2$  combinado com elevadas temperaturas se somem positivamente, principalmente em espécies de crescimento rápido, cultivadas em ambiente controlado, fato que foi observado neste estudo apenas com a temperatura de 34 °C +  $CO_2$ .

O aumento da temperatura do ar em 2; 3; e 6 °C anulou os efeitos benéficos do aumento de  $CO_2$  no rendimento do milho, trigo e soja, respectivamente (STRECK; ALBERTO, 2006). Walter et al. (2010) chegaram à mesma conclusão no cultivo de arroz. Já Cen e Sage (2005), em estudo com batata-doce, relataram que o enriquecimento da atmosfera com  $CO_2$  até 560 ppm promoveu maior taxa fotossintética, até a temperatura de 34 °C, decrescendo em temperaturas maiores.

Em experimento com mandioca, Cruz et al. (2013) concluíram que as plantas cultivadas em 750 ppm de CO<sub>2</sub> apresentam maior tolerância ao estresse causado pelo aumento da temperatura, fato observado na maioria das variáveis testadas neste estudo com o meloeiro.

Em estudos testando apenas o efeito do enriquecimento com CO<sub>2</sub>, também foram observadas divergências nos resultados das trocas gasosas foliares, a depender da cultura e da metodologia adotada. Ignatova et al. (2005) observaram aumento da fotossíntese líquida de beterraba sacarina (*Beta vulgaris*) em 85, 47 e 52% aos 3, 6 e 8 dias de análise, quando a cultura foi submetida a ambiente com alta concentração de CO<sub>2</sub> (700 ppm). Resultados semelhantes foram observados por Rosenthal et al. (2012), em estudo com mandioca, sob 585 ppm de CO<sub>2</sub>, a taxa fotossintética média em luz saturante e a fotossíntese total diária do dossel foram, em média, 35 e 29,6% maiores que em concentração ambiente (385 ppm de CO<sub>2</sub>).

Segundo Leakey et al. (2009), o aumento no incremento da assimilação de CO<sub>2</sub>, previsto por experimentos em ambiente controlado enriquecidos com 550 ppm de CO<sub>2</sub>, seria de 38%, mas os estudos em campo, com arroz, trigo e soja, mostraram um aumento médio de apenas 14%. Já Barbosa et al. (2011), em estudo com mesma concentração de CO<sub>2</sub>, verificaram redução na condutância estomática das cultivares Marataoã e Tapaihum de feijão-caupi em 33,57% e 60,10%, respectivamente, quando comparado com a testemunha (360 ppm), ao passo que a taxa de transpiração reduziu (26,82%) apenas no cultivar Marataoã.

Rauf (2012), estudando o comportamento da espécie C3 *Arabidopsis thaliana* em ambiente enriquecido com 800 ppm de CO<sub>2</sub>, observou o dobro de carbono interno, menor gs e E das folhas na comparação com as condições naturais, fato que também foi confirmado por Aranjuelo et al. (2005) em alfafa.

De acordo com Marin e Nassif (2013), o aumento na concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico eleva o gradiente que comanda a difusão de CO<sub>2</sub> da atmosfera para o cloroplasto. Espera-se, então, maiores taxas de fotossíntese para uma mesma condutância estomática (gs). Em paralelo, se tem, mantendo-se o mesmo déficit de pressão de vapor estômato-atmosfera, redução na taxa de transpiração. Esses efeitos não foram observados no presente experimento (Figura 7B e 7C).

A gs desempenha um papel fundamental na troca de gases da folha com o ambiente, limitando tanto a saída de água quanto a entrada de CO<sub>2</sub> (BUCKLEY, 2005). O fechamento dos estômatos é geralmente observado quando a concentração de CO<sub>2</sub> é elevada, podendo estar associado à menor perda de calor latente e consequente elevação na temperatura foliar (KIMBALL; BERNACCHI, 2006). Segundo Taiz e Zeiger (2013), em condições de estresse, o movimento estomático constitui-se num importante meio de defesa vegetal contra perdas excessivas de água e eventual morte por dessecação.

A eficiência fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm) e a fluorescência mínima (F0) foram influenciadas apenas pelas temperaturas. Já a fluorescência máxima (Fm) não sofreu efeito da temperatura, da concentração do CO<sub>2</sub> e interação entre eles. Observa-se que as plantas submetidas a temperatura elevada (42 °C) apresentaram maior Fv/Fme menor F0 (Figura 8A, 8B e 8C, respectivamente e Apêndice 29A).

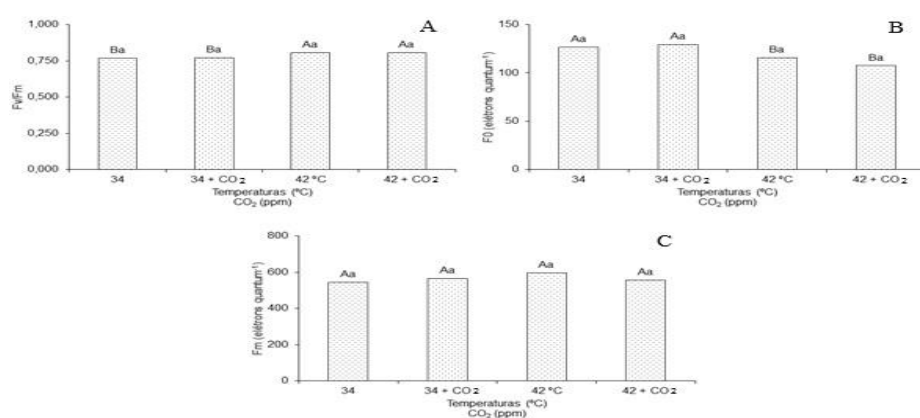


Figura 8-(A) Eficiência fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm), (B) fluorescência mínima (F0) e (C) fluorescência máxima (Fm) em folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub> aos 23 DAT.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula e minúscula, comparando temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub>, respectivamente, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com Ribeiro et al. (2003) e Baker e Rosenqvist (2004), quando as plantas são expostas a estresse ambiental, pode haver alterações no estado funcional

das membranas dos tilacóides dos cloroplastos, causando mudanças nas características dos sinais de fluorescência, os quais podem ser quantificados nas folhas. Os estudos com fluorescência da clorofila “a” indicam que o fotossistema II (PSII) é um dos principais alvos do estresse por altas temperaturas (BRESTICA et al., 2012).

Segundo Konrad et al. (2005), o declínio da relação  $F_v/F_m$  é um bom indicador do dano fotoinibitório quando plantas estão sujeitas a estresses do ambiente. Björkman e Demming (1987) afirmam que quando uma planta está com seu aparelho fotossintético intacto, a razão  $F_v/F_m$  deve variar entre 0,75 e 0,85, ao passo que a queda nesta razão reflete a presença de dano fotoinibitório nos centros de reação do PSII. Assim, não parece ter ocorrido dano fotoinibitório nos centros de reação do PSII em nenhum dos tratamentos testados.

Souza et al. (2011), em estudo com estresse salino de feijoeiro caupi, observaram que a  $F_v/F_m$  variou entre 0,82 e 0,85, o que evidencia uma grande resistência da atividade fotoquímica da espécie ao estresse salino. Observa-se então que os tipos de estresse (térmico e salino) nas culturas do meloeiro e feijoeiro-caupi, respectivamente, provavelmente não causaram dano fotoinibitório ao PSII. Segundo Taiz e Zaiger (2013), o estresse causado pelo excesso de luz pode ser o maior responsável.

Baker e Rosenqvist (2004) mencionam que o aumento em  $F_0$  revela destruição do centro de reação do PSII (P680) ou diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena ao PSII. Porém, no presente trabalho com meloeiro, observa-se que, apesar do aumento da  $F_0$  nos tratamentos de menor temperatura, combinado ou não com  $CO_2$ , as plantas apresentaram menor  $F_v/F_m$  e maior desenvolvimento, fatos que comprovam não ter havido danos ao PSII.

Ainda segundo Baker e Rosenqvist (2004),  $F_m$  indica a intensidade máxima de fluorescência que ocorre quando praticamente toda  $Q_A$  (Quinona A) está reduzida e os centros de reação são incapazes de aumentar as reações fotoquímicas, atingindo sua capacidade máxima.

A taxa de transporte de elétrons (ETR), aos 23 DAT, foi influenciada significativamente pelas concentrações de  $CO_2$  e interação temperatura e  $CO_2$ , não

apresentando efeito entre as temperaturas. O tratamento 4 (42 °C + CO<sub>2</sub>) apresentou a maior ETR e o 3 (42 °C) a menor (Figura 9 e Apêndice 29A).

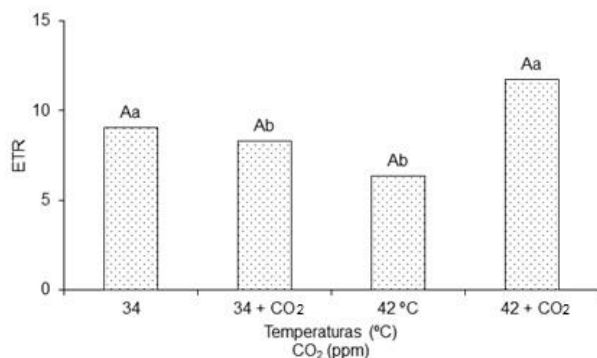


Figura 9 - Taxa de transporte de elétrons (ETR) em folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub> aos 23 DAT.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula e minúscula, comparando temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub>, respectivamente, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A elevada temperatura (42 °C) afetou a ETR possivelmente por reduzir a capacidade de incorporação de CO<sub>2</sub>, seja por diminuir a eficiência de carboxilação, embora não tenha sido observado na taxa fotossintética, seja por redução do metabolismo fotossintético em função de uma retroinibição provocada pela forte inibição da translocação dos fotoassimilados para outros órgãos da planta. Reforçando o fato de a temperatura não ter provocado danos ao aparato fotossintético, observa-se que a 42 °C, sob elevado nível de CO<sub>2</sub>, a ETR foi elevada consideravelmente. Tais observações são confirmadas com os dados de dissipação da energia fotossintética (qP) mostrados na Figura 10A.

Schreiber et al. (1994) e Barros e Lemons Filho (2007) observaram resultados semelhantes, diminuição de ETR, nas plantas de *Phaseolus coccineus* (feijão-da-espanha) e *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia) a temperaturas de 43 e 40 °C ambos a concentração de CO<sub>2</sub> ambiente, respectivamente. Segundo os autores dos dois trabalhos, o motivo pode ter sido causado por danos no aparato

fotossintético, apresentando um decréscimo no rendimento quântico do fotossistema II e na assimilação do CO<sub>2</sub>.

Os resultados de dissipação fotoquímica (qP) não foram influenciadas pelas temperaturas, concentrações de CO<sub>2</sub> e interação entre eles. Já a dissipação não fotoquímica (qN) apresentou comportamento oposto, houve diferenças significativas para ambos os fatores, não apresentando efeito apenas da interação entre eles. Observa-se maior qN nas plantas submetidas a 34 °C e CO<sub>2</sub> ambiente e menor na de 42 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub> (Figuras 10A e 10B e Apêndice 30A).

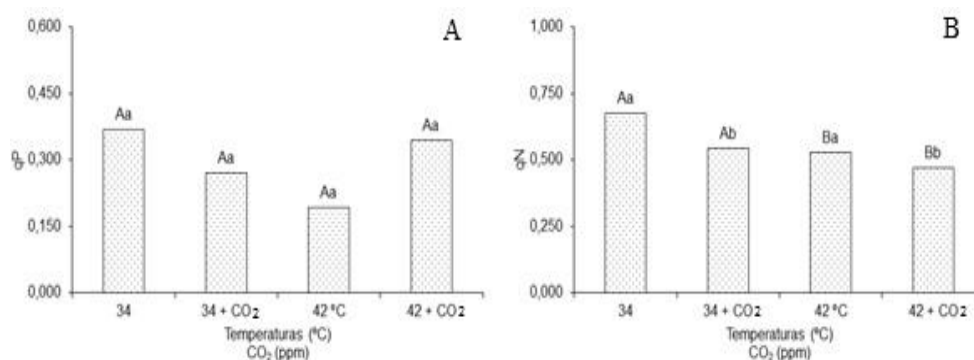


Figura 10- (A) Dissipação fotoquímica (qP) e (B) dissipação não fotoquímica (qN) em folhas do meloeiro em função das diferentes temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub> aos 23 DAT.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula e minúscula, comparando temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub>, respectivamente, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Taiz e Zaiger (2013), qP é a utilização da energia luminosa nos processos fotoquímicos da fotossíntese. Esta energia dissipada é utilizada para formação do poder redutor e da molécula de ATP, os quais serão usados na fase bioquímica do processo.

Valores maiores ou constantes de qP em paralelo ao decréscimo de fotossíntese indicam aumento da participação de dreno alternativo de elétrons, como a fotorrespiração (RIBEIRO et al., 2004). No momento em que qP das plantas com estresse térmico tende a atingir o mesmo patamar das plantas sem estresse, é possível

que esteja ocorrendo um aumento na participação da fotorrespiração na extinção fotossintética da fluorescência, fato não observado neste trabalho.

Para a variável  $q_N$ , a temperatura 34 °C apresentou influência negativa, tendo em vista que a energia absorvida além da necessária foi dissipada sob formas não fotoquímicas.

A  $q_N$  é a produção de calor na forma de radiação infravermelha. Este mecanismo de dissipação de energia é fotoprotetor e está relacionado com o ciclo da xantofila, não devendo, no entanto, comprometer a assimilação de  $CO_2$  (DEMMING-ADAMS; DAMS, 1992).

#### **4 CONCLUSÕES**

O crescimento das plantas foi influenciado positivamente pela combinação 34 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub> e negativamente pelo aumento da temperatura enriquecida ou não de CO<sub>2</sub>. Já as análises fisiológicas de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila, em sua maioria, não foram influenciadas pelos tratamentos.

## REFERÊNCIAS

ARANJUELO, I.; IRIGOYEN, J. J.; PEREZ, P.; MARTINEZ-CARRASCO, R.; SANCHEZ-DÍAZ, M. The use of temperature gradient tunnels for studying the combined effect of CO<sub>2</sub>, temperature and water availability in N<sub>2</sub> fixing alfalfa plants. **Annals of Applied Biology**, v. 146, p. 51-60, 2005.

AROUCHA, E. M. M.; MORAIS, F. A.; NUNES, G. H. S.; TOMAZ, H. V. Q.; SOUSA, A. L. D.; BEZERRA NETO, F. Caracterização física e química de melão durante o seu desenvolvimento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 296-301, 2007.

ATKIN, O. K.; SCEURWATER, I.; PONTS, T. L. Respiration as a percentage of daily photosynthesis in whole plants in homeostatic at moderate, but not high, growth temperatures. **New Phytologist**, v. 174, n. 2, p. 367-380, 2007.

BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BARBOSA, L. G.; SANTOS, R. M.; PINHEIRO, G. S.; ANGELOTTI, F.; AIDAR, S. T.; SANTOS, C. A. F. Comportamento Fisiológico de Feijão-Caupi sob diferentes concentrações de CO<sub>2</sub>. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 3., 2011, Juazeiro. **Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido**, 2011. 1 CD-ROM.

BARROS F. V.; LEMONS-FILHO J. P. Resposta fotossintética de plântulas de *Dalbergia nigra* Allem. em relação à temperatura. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, suplemento 2, p. 351-353, 2007.

BATISTA, E. R.; BETTIOL, W.; GHINI, R.; BRAGA, M. R.; SILVA, E. A. Aumento da concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> ( $\uparrow[\text{CO}_2]_{\text{atm}}$ ) altera a fotossíntese e acúmulo de biomassa em duas cultivares de *Coffea arabica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 15., 2013, Poços de caldas, MG. **Anais... Poços de caldas: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 2013. p. 228.

BATTIST, D. S.; NAYLOR, R. I. Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. **Science**, Washington, v. 323, p. 240-244, 2009.

BINDI, M.; HACOUR, A.; VANDERMEIREN, K.; CRAIGON, J.; OJANPERÄ, K.; SELLDÉN, G.; HOGY, P.; FINNAN, J.; FIBBI, L. Chlorophyll concentration of potatoes grown under elevated carbon dioxide and/or ozone concentrations. **European Journal of Agronomy**, v. 17, p. 319-335, 2002.

BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v. 170, p. 61-66, 1987.

BOWES, G. Facing the inevitable: Plants and increasing atmospheric CO<sub>2</sub>. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, n. 44, p. 309-332, 1993.

BRESTICA, M.; ZIVCAK, M.; KALAJI, H. M.; CARPENTIER, R.; ALLAKHVERDIEV, S. I. Photosystem II thermostability in situ: environmentally induced acclimation and genotype-specific reactions in *Triticum aestivum*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 57, p. 93-105, 2012.

BUCKLEY, T. N. The control of stomata by water balance. **New Phytologist**, v. 168, p. 275-292, 2005.

BUTTERFIELD, R. E.; MORISON, J. I. L. Modeling the impact of climate warming on winter cereal development. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 62, n. 3, p. 241-261, 1992.

CEN, Y. P.; SAGE, R. F. The regulation of Rubisco activity in response to variation in temperature and atmospheric CO<sub>2</sub> partial pressure in sweet potato. **Plant Physiology**, v. 139, p. 979-990, 2005.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Viçosa: CPT, 1998, 88p. (CPT. Agroindústria, manual, 155).

CRUZ, J. L.; ALVES, A. A. C.; LECAIN, D. R.; ELLIS, D. D.; MORGAN, J. A. High concentration of CO<sub>2</sub> alleviates the negative effect of temperature on the cassava gas Exchange. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 15., 2013, Poços de caldas, MG. **Anais...**Poços de caldas: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2013. p. 269.

DEMMING-ADAMS, B.; ADAMS III, W. W. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 43, p. 599-626, 1992.

FAGUNDES, J. D.; PAULA, G. M.; LAGO, I.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A. Aquecimento global: efeitos no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade de batata. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, jun. 2010.

FLEISHER, D. H.; TIMLIN, D. Modeling expansion of individual leaves in the potato canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 139, p. 84-93, 2006.

FRIEND, A. D.; GEIDER, R. J.; BEHRENFELD, M. J.; STILL, C. J. Photosynthesis in global scale models. In: Photosynthesis in silico (eds LAISKA, A.; NEDBAL, L.; GOVINDJEE), **Springer**, The Netherlands, p. 465-497, 2009.

FUHRER, J. Ozone risk for crops and pastures in present and future climates. **Naturwissenschaften**, v. 96, p. 173-194, 2009.

GOMES, T. M.; MODOLO, V. A.; BOTREL, T. A.; OLIVEIRA, R. F. Aplicação de CO<sub>2</sub> via água de irrigação na cultura da alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 316-319, abr./jun. 2005.

GRANDIS, A.; GODOI, S.; BUCKERIDGE, M. S. Respostas fisiológicas de plantas amazônicas de regiões alagadas às mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1, p. 1-12, jan./mar. 2010.

HACOUR, A.; CRAIGON, J.; VANDERMEIREN, K.; OJANPERÄ, K.; PLEIJEL, H.; DANIELSSON, H.; HOGY, P.; FINNAN, J.; BINDI, M. CO<sub>2</sub> and ozone effects on canopy development of potato crops across Europe. **European Journal of Agronomy**, v. 17, p. 257-272, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**, Rio de Janeiro, v. 39, p. 1-101, 2012.

IGNATOVA, L. K.; NOVICHKOVA, N. S.; MUDRIK, V. A.; LYUBIMOV, V. Y.; IVANOV, B. N.; ROMANOVA, A. K. Growth, photosynthesis, and metabolism of sugar beet at an early stage of exposure to elevated CO<sub>2</sub>. **Russian Journal Plant Physiol**, v. 52, p. 158-164, 2005.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **IPCC**: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policy Makers, IPCC. Geneva, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **IPCC**: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. 34p.

JURAS, I. A. G. M. Mudança do clima: **Principais conclusões do 5º Relatório do IPCC**. Nota técnica. Consultora Legislativa da Área XI Meio Ambiente e Direito Ambiental, Organização Territorial, Desenvolvimento Urbano e Regional. 2013.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KIMBALL, B. A.; BERNACCHI, C. J. Evapotranspiration, canopy temperature, and plant water relations. **In...** J. NÖSBERGER; S. P. LONG, R. J.; NORBY, M.; STITT, G. R.; HENDREY, H. BLUM (Eds.), *Managed ecosystems and CO<sub>2</sub>*, p. 311-324, Berlin: Springer-Verlag, 2006.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de café sob estresse de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 339-347, 2005

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

LEAKEY, A. D. B.; AINSWORTH, E. A.; BERNACCHI, C. J.; ALISTAIR, R.; LONG, S. P.; ORT, D. R. Elevated CO<sub>2</sub> effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. **Journal of Experimental Botany**, apr. 2009.

LIMA, M. A.; ALVES, B. J. R. Vulnerabilidades, impactos e adaptação à mudança do clima no setor agropecuário e solos agrícolas. **Parcerias estratégicas**, Brasília, DF, n. 27, dez. 2008.

LLOYD, J.; FARQUHAR, G. D. Effects of rising temperatures and [CO<sub>2</sub>] on the physiology of tropical forest trees. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 363, p. 1811-1817, 2008.

LONG, S. P.; AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A.; ORT, D. R. Rising atmospheric carbon dioxide: plants face the future. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 591-628, 2004.

MARIN, F.; NASSIF, D. S. P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 232-239, 2013.

MDIC. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**. 2013. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

PAGANI, M.; CALDEIRA, K.; BERNER, R.; BEERLING, D. J. The role of terrestrial plants in limiting atmospheric CO<sub>2</sub> decline over the past 24 million years. **Nature**, v. 460, jul. 2009.

POORTER, H.; PÉREZ-SOBA, M. **Plant growth at elevated CO<sub>2</sub>**. The Earth system: biological and ecological dimensions of global environmental change. In Encyclopedia of global environmental change (H.A. Mooney & J.G. Canadell, eds.). Ed. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, p.489-496, 2002.

RALF, S. A. U. **The effect of elevated carbon dioxide on whole-plant respiration, photosynthesis and net carbon gain of *Arabidopsis thaliana* having altered mitochondrial pyruvate dehydrogenase kinase expressed constitutively**. 2012. 150f. Thesis (Master of Science in Plant Agriculture) - The University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 2012.

RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F. Growth and leaf temperature effects on photosynthesis of sweet orangeplants infected with *Xylella fastidiosa*. **Plant Pathology**, Oxford, v. 53, p. 334-340, 2004.

RIBEIRO, R. V.; SOUZA, G. M.; MANZATTO, A. G.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F. Chlorophyll fluorescence of tropical tree species in a semi-deciduous Forest gap. **Revista Árvore**, v. 28, p. 21-27, 2004.

ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. **Microclimate**: the biological environment. New York: John Wiley, 1983. 495p.

ROSENTHAL, D. M.; SLATTERY, R. A.; MILLER, R. E.; GRENNAN, A. K.; CAVAGNARO, T. R.; FAUQUET, C. M.; GLEADOW, R. M.; ORT, D. R. Cassava about-FACE: Greater than expected yield stimulation of cassava (*Manihot esculenta*) by future CO<sub>2</sub> levels. **Global Change Biology**, v. 18, p. 2661-2675, 2012.

SAGE, R. F.; CHRISTIN, P. A.; EDWARDS, E. J. The C4 lineages of planet Earth. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 3155-3169, 2011.

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; NEUBAUER, C. Chlorophyll fluorescence as a non-intrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: SCHULZE, E. D.; CALDWELL, M. M. (org.). **Ecophysiology of photosynthesis**. New York: Springer-Verlag, Berlin, 1994. p. 49-70.

SILVA, R. C. B.; LOPES, A. P.; RIOS, E. S.; REIS, R. C. R.; ARAÚJO, M. N.; ANGELOTTI, F.; DANTAS, B. F. Emergência e crescimento inicial de plântulas de melancia submetidas a diferentes concentrações de CO<sub>2</sub>. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 3., 2011, Juazeiro. Experiências para mitigação e adaptação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011, 2011.

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

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C. M.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 6, p. 586-592, 2011.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 9, p. 1351-1359, set. 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TAMAGI, J. T.; VILAS BOAS, M. A.; SAMPAIO, S. C.; DAMASCENO, S.; GUIMARÃES, V. F. Efeito do CO<sub>2</sub> aplicado via água de irrigação sobre a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 492-504, out./dez. 2007.

WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ROSA, H. T.; KRUGER, C. A. M. B. Mudança climática e seus efeitos na cultura do arroz. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, nov. 2010.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estados do Rio Grande do Norte e Ceará destacam-se como os maiores produtores de melão do Brasil, sendo responsáveis por 83% da produção nacional, com safra que se estende de junho a dezembro. Essa região produtora é caracterizada por temperaturas elevadas (24 a 32 °C), associadas à alta radiação solar (2.000 a 3.000 horas/ano), baixa umidade relativa e baixos índices pluviométricos (500 mm/ano), proporcionando as condições climáticas necessárias ao desenvolvimento do meloeiro, assegurando frutos de ótima qualidade.

Correlacionando essas informações aos resultados obtidos nos experimentos da tese, observa-se que o meloeiro submetido a elevadas temperaturas (38 e 42 °C) até os 24 dias após o transplântio apresentou menor crescimento, fato verificado quando as plantas foram submetidas a estresse térmico inicial com temperatura de 42 °C, com efeito negativo também no florescimento, retardando em até 10 dias na comparação com a temperatura de 30 °C.

Com as informações de mudanças climáticas futuras (aumento de temperatura e concentração de CO<sub>2</sub>), o meloeiro apresentou maior crescimento nas plantas submetidas à combinação de 34 °C + 900 ppm de CO<sub>2</sub> e menor sob elevada temperatura, enriquecida ou não de CO<sub>2</sub>. Já as análises fisiológicas de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila, em sua maioria, não foram influenciadas pelos tratamentos.

Diante disso, o cultivo do meloeiro na região poderá ser prejudicado se o aumento da temperatura for superior a 34 °C, necessitando, dessa forma, de métodos de manejo específicos para a cultura, além do avanço nas pesquisas do melhoramento genético.

## **APÊNDICE**

Apêndice 1A - Análise de variância de altura do meloeiro aos 0; 7, 14, 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio      |                      |           |            |                       |
|-------------------|----|---------------------|----------------------|-----------|------------|-----------------------|
|                   |    | 0 DAT               | 7 DAT                | 14 DAT    | 21 DAT     | 24 DAT <sup>(1)</sup> |
| Tratamento        | 3  | 0,455 <sup>ns</sup> | 13,550 <sup>ns</sup> | 422,155** | 3164,890** | 0,342**               |
| Erro              | 28 | 0,207               | 4,965                | 6,652     | 14,124     | 0,001                 |
| Total             | 31 | -                   | -                    | -         | -          | -                     |
| CV (%)            | -  | 8,63                | 20,54                | 11,08     | 7,86       | 1,87                  |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente;

<sup>(1)</sup> Dados originais transformados em log x para atender aos pressupostos da análise de variância.

Apêndice 2A - Análise de variância do diâmetro do caule do meloeiro aos 0; 7; 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio      |                     |                     |                     |                     |
|-------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                   |    | 0 DAT               | 7 DAT               | 14 DAT              | 21 DAT              | 24 DAT              |
| Tratamento        | 3  | 0,110 <sup>ns</sup> | 0,105 <sup>ns</sup> | 0,326 <sup>ns</sup> | 0,211 <sup>ns</sup> | 0,233 <sup>ns</sup> |
| Erro              | 28 | 0,072               | 0,046               | 0,115               | 0,217               | 0,152               |
| Total             | 31 | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   |
| CV (%)            | -  | 8,87                | 6,10                | 10,07               | 14,85               | 12,40               |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 3A - Análise de variância do número de folhas do meloeiro aos 7; 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio      |         |          |                       |
|-------------------|----|---------------------|---------|----------|-----------------------|
|                   |    | 7 DAT               | 14 DAT  | 21 DAT   | 24 DAT <sup>(1)</sup> |
| Tratamento        | 3  | 0,458 <sup>ns</sup> | 4,583** | 17,708** | 0,002**               |
| Erro              | 28 | 0,196               | 0,223   | 0,634    | 0,000                 |
| Total             | 31 | -                   | -       | -        | -                     |
| CV (%)            | -  | 10,58               | 7,87    | 9,03     | 8,06                  |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente;

<sup>(1)</sup> Dados originais transformados em 1/x para atender aos pressupostos da análise de variância.

Apêndice 4A - Análise de variância do índice de clorofila em folhas de meloeiro aos 7; 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio       |                     |                      |                     |
|-------------------|----|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|                   |    | 7 DAT <sup>(1)</sup> | 14 DAT              | 21 DAT               | 24 DAT              |
| Tratamento        | 3  | 0,0001 <sup>ns</sup> | 4,419 <sup>ns</sup> | 19,381 <sup>**</sup> | 5,813 <sup>ns</sup> |
| Erro              | 28 | 0,0001               | 2,563               | 3,789                | 4,408               |
| Total             | 31 | -                    | -                   | -                    | -                   |
| CV (%)            | -  | 4,07                 | 6,31                | 7,65                 | 8,50                |

<sup>\*\*</sup>, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente;

<sup>(1)</sup> Dados originais transformados em  $1/\sqrt{x}$  para atender aos pressupostos da análise de variância.

Apêndice 5A - Análise de variância de área foliar (AF), massa fresca de parte aérea (MFA) e raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSA) e raiz (MSR) do meloeiro aos 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio         |                       |                      |                     |                    |
|-------------------|----|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
|                   |    | AF                     | MFA                   | MFR                  | MSA                 | MSR <sup>(1)</sup> |
| Tratamento        | 3  | 114912,2 <sup>**</sup> | 136,710 <sup>**</sup> | 0,9334 <sup>**</sup> | 0,944 <sup>**</sup> | 4,615 <sup>*</sup> |
| Erro              | 28 | 2969,7                 | 6,318                 | 0,185                | 0,042               | 1,341              |
| Total             | 31 | -                      | -                     | -                    | -                   | -                  |
| CV (%)            | -  | 25,11                  | 28,03                 | 41,85                | 30,35               | 25,73              |

<sup>\*\*</sup>, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente;

<sup>(1)</sup> Dados originais transformados em  $1/\sqrt{x}$  para atender aos pressupostos da análise de variância.

Apêndice 6A - Análise de variância da fotossíntese de folhas do meloeiro aos 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio      |                      |                     |
|-------------------|----|---------------------|----------------------|---------------------|
|                   |    | 14 DAT              | 21 DAT               | 24 DAT              |
| Tratamento        | 3  | 0,603 <sup>ns</sup> | 13,346 <sup>**</sup> | 4,679 <sup>ns</sup> |
| Erro              | 28 | 0,392               | 1,794                | 4,743               |
| Total             | 31 | -                   | -                    | -                   |
| CV (%)            | -  | 7,22                | 11,26                | 20,20               |

<sup>\*\*</sup>, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 7A - Análise de variância da condutância estomática de folhas do meloeiro aos 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |         |                     |
|-------------------|----|----------------|---------|---------------------|
|                   |    | 14 DAT         | 21 DAT  | 24 DAT              |
| Tratamento        | 3  | 0,090**        | 1,231** | 0,010 <sup>ns</sup> |
| Erro              | 28 | 0,010          | 0,069   | 0,006               |
| Total             | 31 | -              | -       | -                   |
| CV (%)            | -  | 19,36          | 38,68   | 38,14               |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 8A - Análise de variância da transpiração de folhas do meloeiro aos 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |         |                     |
|-------------------|----|----------------|---------|---------------------|
|                   |    | 14 DAT         | 21 DAT  | 24 DAT              |
| Tratamento        | 3  | 0,439**        | 4,711** | 1,965 <sup>ns</sup> |
| Erro              | 28 | 0,044          | 0,052   | 0,986               |
| Total             | 31 | -              | -       | -                   |
| CV (%)            | -  | 7,02           | 5,29    | 22,42               |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 9A - Análise de variância da razão carbono interno e externo de folhas do meloeiro aos 14; 21 e 24 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |         |         |
|-------------------|----|----------------|---------|---------|
|                   |    | 14 DAT         | 21 DAT  | 24 DAT  |
| Tratamento        | 3  | 0,0024**       | 0,007** | 0,042** |
| Erro              | 28 | 0,0004         | 0,001   | 0,007   |
| Total             | 31 | -              | -       | -       |
| CV (%)            | -  | 2,26           | 4,31    | 14,10   |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 10A - Análise de variância das variáveis glicose, frutose e sacarose de folhas do meloeiro avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |                     |          |
|-------------------|----|----------------|---------------------|----------|
|                   |    | Glicose        | Frutose             | Sacarose |
| Tratamento        | 3  | 1,301**        | 0,001 <sup>ns</sup> | 0,084**  |
| Erro              | 28 | 0,145          | 0,001               | 0,007    |
| Total             | 31 | -              | -                   | -        |
| CV (%)            | -  | 25,90          | 22,97               | 13,95    |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 11A - Análise de variância de altura da planta do meloeiro aos 0; 15 e 39 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio      |           |            |
|-------------------|----|---------------------|-----------|------------|
|                   |    | 0 DAT               | 15 DAT    | 39 DAT     |
| Tratamento        | 3  | 0,498 <sup>ns</sup> | 361,562** | 3120,333** |
| Erro              | 28 | 0,230               | 4,333     | 182,661    |
| Total             | 31 | -                   | -         | -          |
| CV (%)            | -  | 9,07                | 12,76     | 20,99      |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 12A - Análise de variância do diâmetro de caule do meloeiro aos 0 e 15 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio      |                     |
|-------------------|----|---------------------|---------------------|
|                   |    | 0 DAT               | 15 DAT              |
| Tratamento        | 3  | 0,034 <sup>ns</sup> | 0,004 <sup>ns</sup> |
| Erro              | 28 | 0,080               | 0,053               |
| Total             | 31 | -                   | -                   |
| CV (%)            | -  | 10,18               | 7,75                |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 13A - Análise de variância do número de folhas aos 10; 20 e 39 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |          |           |
|-------------------|----|----------------|----------|-----------|
|                   |    | 10 DAT         | 20 DAT   | 39 DAT    |
| Tratamento        | 3  | 4,208**        | 20,750** | 153,198** |
| Erro              | 28 | 0,152          | 0,902    | 18,112    |
| Total             | 31 | -              | -        | -         |
| CV (%)            | -  | 9,30           | 14,90    | 23,52     |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 14A - Análise de variância do índice de clorofila em folhas de meloeiro aos 10; 20 e 35 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |           |                      |
|-------------------|----|----------------|-----------|----------------------|
|                   |    | 10 DAT         | 20 DAT    | 35 DAT               |
| Tratamento        | 3  | 65,856**       | 177,612** | 18,584 <sup>ns</sup> |
| Erro              | 28 | 1,981          | 8,619     | 7,435                |
| Total             | 31 | -              | -         | -                    |
| CV (%)            | -  | 4,04           | 8,98      | 5,78                 |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 15A - Análise de variância das variáveis área foliar (AF), massa fresca de parte aérea (MFA) e raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSA) e raiz (MSR) do meloeiro aos 39 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |           |        |          |                    |
|-------------------|----|----------------|-----------|--------|----------|--------------------|
|                   |    | AF             | MFA       | MFR    | MAS      | MSR <sup>(1)</sup> |
| Tratamento        | 3  | 135.097,3**    | 617,933** | 4,674* | 10,731** | 1,073**            |
| Erro              | 28 | 17.311,9       | 51,954    | 1,381  | 0,793    | 0,168              |
| Total             | 31 | -              | -         | -      | -        | -                  |
| CV (%)            | -  | 31,39          | 27,25     | 40,64  | 28,31    | 21,69              |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente;

<sup>(1)</sup> Dados originais transformados em  $1/\sqrt{x}$  para atender aos pressupostos da análise de variância.

Apêndice 16A - Análise de variância da fotossíntese de folhas do meloeiro aos 13; 23 e 34 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |          |                     |
|-------------------|----|----------------|----------|---------------------|
|                   |    | 13 DAT         | 23 DAT   | 34 DAT              |
| Tratamento        | 3  | 80,950**       | 52,867** | 8,854 <sup>ns</sup> |
| Erro              | 28 | 4,551          | 4,783    | 6,877               |
| Total             | 31 | -              | -        | -                   |
| CV (%)            | -  | 17,11          | 16,58    | 22,84               |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 17A - Análise de variância da condutância estomática de folhas do meloeiro aos 13; 23 e 34 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio        |                       |                     |
|-------------------|----|-----------------------|-----------------------|---------------------|
|                   |    | 13 DAT <sup>(1)</sup> | 23 DAT <sup>(1)</sup> | 34 DAT              |
| Tratamento        | 3  | 1,571**               | 1,477**               | 0,024 <sup>ns</sup> |
| Erro              | 28 | 0,160                 | 0,186                 | 0,011               |
| Total             | 31 | -                     | -                     | -                   |
| CV (%)            | -  | 25,63                 | 19,50                 | 47,78               |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente;

<sup>(1)</sup> Dados originais transformados em  $1/\sqrt{x}$  para atender aos pressupostos da análise de variância.

Apêndice 18A - Análise de variância da transpiração de folhas do meloeiro aos 13; 23 e 34 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |         |        |
|-------------------|----|----------------|---------|--------|
|                   |    | 13 DAT         | 23 DAT  | 34 DAT |
| Tratamento        | 3  | 2,627**        | 4,778** | 4,011* |
| Erro              | 28 | 0,423          | 0,767   | 0,993  |
| Total             | 31 | -              | -       | -      |
| CV (%)            | -  | 16,74          | 19,74   | 29,81  |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 19A - Análise de variância da razão carbono interno e externo de folhas do meloeiro aos 13; 23 e 34 dias após o transplântio (DAT) e tempo decorrido para o início do florescimento, em dias após a emergência (DAE), avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |        |                     |               |
|-------------------|----|----------------|--------|---------------------|---------------|
|                   |    | 13 DAT         | 23 DAT | 34 DAT              | Florescimento |
| Tratamento        | 3  | 0,004*         | 0,012* | 0,006 <sup>ns</sup> | 167,281**     |
| Erro              | 28 | 0,001          | 0,003  | 0,004               | 0,621         |
| Total             | 31 | -              | -      | -                   | -             |
| CV (%)            | -  | 4,70           | 10,19  | 10,45               | 2,51          |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 20A - Análise de variância de altura da planta do meloeiro aos 0; 7 e 14 e 23 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação    | GL | Quadrado médio       |           |             |             |
|----------------------|----|----------------------|-----------|-------------|-------------|
|                      |    | 0 DAT                | 7 DAT     | 14 DAT      | 23 DAT      |
| Temperatura          | 1  | 0,0957 <sup>ns</sup> | 530,565** | 12736,080** | 59228,215** |
| CO <sub>2</sub>      | 1  | 0,0345 <sup>ns</sup> | 16,103**  | 888,311**   | 1350,700**  |
| Temp*CO <sub>2</sub> | 1  | 0,0063 <sup>ns</sup> | 41,178**  | 1520,761**  | 3900,653**  |
| Erro                 | 28 | 0,3583               | 2,076     | 10,139      | 53,702      |
| Total                | 31 | -                    | -         | -           | -           |
| CV (%)               | -  | 14,12                | 11,96     | 9,19        | 9,96        |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 21A - Análise de variância do diâmetro do caule do meloeiro aos 0; 7; 14 e 23 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação    | GL | Quadrado médio       |                      |                      |                      |
|----------------------|----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                      |    | 0 DAT                | 7 DAT                | 14 DAT               | 23 DAT               |
| Temperatura          | 1  | 0,0221 <sup>ns</sup> | 0,5941**             | 1,4921**             | 5,8653**             |
| CO <sub>2</sub>      | 1  | 0,0091 <sup>ns</sup> | 1,9208**             | 0,6933*              | 0,5832 <sup>ns</sup> |
| Temp*CO <sub>2</sub> | 1  | 0,0841 <sup>ns</sup> | 0,2381 <sup>ns</sup> | 0,4395 <sup>ns</sup> | 0,5618 <sup>ns</sup> |
| Erro                 | 28 | 0,0440               | 0,0767               | 0,1631               | 0,1424               |
| Total                | 31 | -                    | -                    | -                    | -                    |
| CV (%)               | -  | 6,40                 | 7,92                 | 10,03                | 8,91                 |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 22A - Análise de variância do número de folhas do meloeiro aos 14 e 23 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação    | GL | Quadrado médio |           |
|----------------------|----|----------------|-----------|
|                      |    | 14 DAT         | 23 DAT    |
| Temperatura          | 1  | 72,000**       | 504,031** |
| CO <sub>2</sub>      | 1  | 6,125**        | 94,531**  |
| Temp*CO <sub>2</sub> | 1  | 4,500**        | 42,781**  |
| Erro                 | 28 | 0,259          | 0,719     |
| Total                | 31 | -              | -         |
| CV (%)               | -  | 7,20           | 6,63      |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 23A - Análise de variância do índice de clorofila em folhas de meloeiro aos 7; 14 e 23 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação    | GL | Quadrado médio      |          |                     |
|----------------------|----|---------------------|----------|---------------------|
|                      |    | 7 DAT               | 14 DAT   | 23 DAT              |
| Temperatura          | 1  | 80,011**            | 48,020** | 139,028**           |
| CO <sub>2</sub>      | 1  | 0,605 <sup>ns</sup> | 14,580** | 4,575 <sup>ns</sup> |
| Temp*CO <sub>2</sub> | 1  | 9,461 <sup>ns</sup> | 9,031*   | 48,265**            |
| Erro                 | 28 | 3,500               | 1,450    | 1,167               |
| Total                | 31 | -                   | -        | -                   |
| CV (%)               | -  | 5,01                | 4,47     | 4,07                |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 24A - Análise de variância das variáveis área foliar (AF), massa fresca de parte aérea (MFA) e raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSA) e raiz (MSR) do meloeiro aos 23 dias após o transplântio (DAT), avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação    | GL | Quadrado médio    |                    |                    |                    |                     |
|----------------------|----|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|                      |    | AF <sup>(1)</sup> | MFA <sup>(2)</sup> | MFR <sup>(3)</sup> | MSA <sup>(4)</sup> | MSR <sup>(5)</sup>  |
| Temperatura          | 1  | 4,463**           | 24,399**           | 10,592**           | 1,321**            | 30,619**            |
| CO <sub>2</sub>      | 1  | 0,202**           | 1,693**            | 2,744**            | 0,084**            | 9,682**             |
| Temp*CO <sub>2</sub> | 1  | 0,319**           | 1,554**            | 0,935**            | 0,055**            | 0,421 <sup>ns</sup> |
| Erro                 | 28 | 0,002             | 0,037              | 0,072              | 0,002              | 0,490               |
| Total                | 31 | -                 | -                  | -                  | -                  | -                   |
| CV (%)               | -  | 1,94              | 7,30               | 18,83              | 8,15               | 24,65               |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente;

(1; 2; 3; 4 e 5) Dados originais transformados em log x, ln x, ln (x+1), 1/(x+1), 1/√X, respectivamente, para atender os pressupostos da análise de variância.

Apêndice 25A - Análise de variância da fotossíntese aos 14 e 21 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação    | GL | Quadrado médio      |                     |
|----------------------|----|---------------------|---------------------|
|                      |    | 14 DAT              | 21 DAT              |
| Temperatura          | 1  | 2,237 <sup>ns</sup> | 36,359**            |
| CO <sub>2</sub>      | 1  | 1,540 <sup>ns</sup> | 2,803 <sup>ns</sup> |
| Temp*CO <sub>2</sub> | 1  | 0,775 <sup>ns</sup> | 8,915 <sup>ns</sup> |
| Erro                 | 28 | 1,017               | 3,676               |
| Total                | 31 | -                   | -                   |
| CV (%)               | -  | 8,52                | 16,63               |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 26A - Análise de variância da condutância estomática aos 14 e 21 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação    | GL | Quadrado médio        |         |
|----------------------|----|-----------------------|---------|
|                      |    | 14 DAT <sup>(1)</sup> | 21 DAT  |
| Temperatura          | 1  | 0,007 <sup>ns</sup>   | 2,333** |
| CO <sub>2</sub>      | 1  | 0,012*                | 1,044** |
| Temp*CO <sub>2</sub> | 1  | 0,00003 <sup>ns</sup> | 2,071** |
| Erro                 | 28 | 0,002                 | 0,040   |
| Total                | 31 | -                     | -       |
| CV (%)               | -  | 5,62                  | 31,37   |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente;

<sup>(1)</sup>Dados originais transformados em  $1/\sqrt{(X + 1)}$  para atender aos pressupostos da análise de variância.

Apêndice 27A - Análise de variância da transpiração aos 14 e 21 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado

| Fonte de variação    | GL | Quadrado médio      |                     |
|----------------------|----|---------------------|---------------------|
|                      |    | 14 DAT              | 21 DAT              |
| Temperatura          | 1  | 0,008 <sup>ns</sup> | 14,851**            |
| CO <sub>2</sub>      | 1  | 0,113 <sup>ns</sup> | 19,688**            |
| Temp*CO <sub>2</sub> | 1  | 0,852 <sup>ns</sup> | 2,797 <sup>ns</sup> |
| Erro                 | 28 | 0,220               | 1,107               |
| Total                | 31 | -                   | -                   |
| CV (%)               | -  | 10,70               | 25,23               |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 28A - Análise de variância da razão carbono interno e externo do meloeiro aos 14 e 21 dias após o transplântio (DAT) avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação    | GL | Quadrado médio       |                     |
|----------------------|----|----------------------|---------------------|
|                      |    | 14 DAT               | 21 DAT              |
| Temperatura          | 1  | 0,004 <sup>ns</sup>  | 0,010 <sup>ns</sup> |
| CO <sub>2</sub>      | 1  | 0,006*               | 0,001 <sup>ns</sup> |
| Temp*CO <sub>2</sub> | 1  | 0,0007 <sup>ns</sup> | 0,014 <sup>ns</sup> |
| Erro                 | 28 | 0,001                | 0,003               |
| Total                | 31 | -                    | -                   |
| CV (%)               | -  | 4,86                 | 7,87                |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 29A - Análise de variância das fluorescências, eficiência fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm), fluorescência mínima (F0), fluorescência máxima (Fm) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de folhas do meloeiro avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação    | GL | Quadrado médio          |                       |                        |                     |
|----------------------|----|-------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|
|                      |    | Fv/Fm                   | F0                    | Fm                     | ETR                 |
| Temperatura          | 1  | 0,01051**               | 2112,500**            | 3444,500 <sup>ns</sup> | 1,125 <sup>ns</sup> |
| CO <sub>2</sub>      | 1  | 0,00002 <sup>ns</sup>   | 60,500 <sup>ns</sup>  | 612,500 <sup>ns</sup>  | 43,245**            |
| Temp*CO <sub>2</sub> | 1  | 0,0000005 <sup>ns</sup> | 264,500 <sup>ns</sup> | 6612,500 <sup>ns</sup> | 75,645**            |
| Erro                 | 28 | 0,00007                 | 128,214               | 1645,071               | 2,405               |
| Total                | 31 | -                       | -                     | -                      | -                   |
| CV (%)               | -  | 1,13                    | 9,45                  | 7,17                   | 17,50               |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Apêndice 30A - Análise de variância das fluorescências, dissipação fotoquímica (qP) e dissipação não fotoquímica (qN) em folhas do meloeiro avaliados em delineamento inteiramente casualizado.

| Fonte de variação    | GL | Quadrado médio      |                     |
|----------------------|----|---------------------|---------------------|
|                      |    | qP                  | qN                  |
| Temperatura          | 1  | 0,021 <sup>ns</sup> | 0,099**             |
| CO <sub>2</sub>      | 1  | 0,005 <sup>ns</sup> | 0,073**             |
| Temp*CO <sub>2</sub> | 1  | 0,124*              | 0,012 <sup>ns</sup> |
| Erro                 | 28 | 0,005               | 0,007               |
| Total                | 31 | -                   | -                   |
| CV (%)               | -  | 24,18               | 14,61               |

\*\*, \* e <sup>ns</sup> – significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente.