

ESTIMATIVA DE TEMPERATURA FOLIAR POR TERMOGRAFIA EM MUDAS DE MELÃO CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Alan Bernard Oliveira de Sousa¹, Krishna Ribeiro Gomes², Daniela Andreska da Silva³,
Beatriz de Abreu Araújo⁴

RESUMO: Objetivou-se com a presente pesquisa determinar a ferramenta e metodologia para determinação da temperatura de folhas de mudas de melão por meio da tecnologia FLIR MSX® (Multi-Spectral Dynamic Imaging). O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente a Universidade Federal do Ceará. O delineamento experimental foi aleatorizado em blocos com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram na utilização dos substratos (T1 - areia, T2 - areia + substrato comercial, T3 - areia + hidrorretentor Polyter e T4 - substrato comercial. Plantou-se as sementes de melão cv. Tikal em bandejas de polietileno. Após 15 dias avaliou-se as variáveis temperatura média, máxima e mínima das folhas utilizando câmera térmica Flir PRO ONE e a massa fresca e seca das folhas bem como a taxa de água nas folhas. No programa FLIR TOOLS foram correlacionadas as temperaturas obtidas a partir das imagens termográficas com as variáveis analisadas. Os resultados demonstraram que a ferramenta círculo e a ferramenta linha apresentaram-se com uma boa correlação tornando-se viáveis e confiáveis para determinação da temperatura de folhas de mudas de melão.

PALAVRAS-CHAVE: *Cucumis melo*; infravermelho; estresse hídrico.

LEAF TEMPERATURE ESTIMATION BY THERMOGRAPHY ON MELON SEEDLINGS

ABSTRACT: The objective of this research was to determine the tool and methodology for determining the temperature of melon seedling leaves using FLIR MSX® (Multi-Spectral

¹ Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, Caixa Postal 12.168, CEP: 60450-760, Fortaleza, CE. Fone (85) 3366-9754. e-mail: alan.sousa@ufc.br..

² Doutora em Engenharia Agrícola – Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, Ceará.

³ Estudante de Agronomia – Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, Ceará.

⁴ Doutoranda em Engenharia Agrícola – Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, Ceará..

Dynamic Imaging) technology. The experiment was conducted in a greenhouse belonging to the Federal University of Ceará. The experimental design was randomized in blocks with four treatments and four replications. The treatments consisted of using the substrates (T1 - sand, T2 - sand + commercial substrate, T3 - sand + hydroretentor Polyter and T4 - commercial substrate. The seeds of Tikal melon were planted in polyethylene trays. The variables mean, maximum and minimum leaf temperature using the Flir PRO ONE thermal camera and the fresh and dry leaf mass as well as the leaf water rate were obtained using the FLIR TOOLS program. The results showed that the circle tool and the line tool presented a good correlation, becoming viable and reliable to determine the temperature of melon seedling leaves.

KEYWORDS: *Cucumis melo*; infrared; water stress.

INTRODUÇÃO

Plantas submetidas ao estresse hídrico podem apresentar alterações no crescimento, na fisiologia e na produtividade (Silva et al., 2015; Araújo et al., 2010), a intensidade dessas alterações vai depender de fatores como o tipo de planta e o período de duração ano qual essa planta foi submetida ao estresse (Araújo et al., 2010).

Os efeitos nas plantas podem apresentar reduções importantes na receita de um produtor, diante disso se torna relevante a determinação do momento em que essa planta se encontra sob estresse a fim de se proceder com o correto manejo na tentativa de conseguir revertê-lo. Existem metodologias que possibilitam inferir se uma planta se encontra sob estresse ou não, com o advento do sensoriamento remoto houve um crescimento na utilização da termografia para esse fim. Essa técnica possui a vantagem de não ser destrutiva e possibilita utilizar dados extraídos de imagens térmicas, como características fisiológicas e estruturais dos cultivos, para determinar o estresse hídrico de uma planta (Gerhards et al., 2016), além disso, a termografia permite avaliar desde pequenas plântulas até grandes cultivos, é capaz de possibilitar a coleta de dados em tempo real e obter informações quantitativas sobre a heterogeneidade das culturas (Costa et al., 2013).

Algumas câmeras térmicas disponibilizam programas que possibilitam a obtenção de dados a partir das imagens capturadas. A tecnologia FLIR MSX® (Multi-Spectral Dynamic Imaging) adiciona detalhes de luz visível às imagens térmicas em tempo real para maior nitidez, incorporando detalhes de borda e contorno nas leituras térmicas. Ao contrário da

fusão de imagens, a MSX® não diminui a qualidade da imagem térmica ao mesmo passo que obtém imagem RGB instantânea.

Dessa maneira, se torna importante determinar a melhor metodologia para fim de utilização dessa tecnologia para estimar a temperatura foliar das plantas. Em função da problemática de saber qual melhor metodologia utilizar para tais fins já aqui expostos, a pesquisa teve por objetivo determinar a ferramenta e a metodologia para determinação da temperatura de folhas de mudas de melão por meio da tecnologia FLIR MSX® (Multi-Spectral Dynamic Imaging).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental da Estação Agrometeorológica, no *Campus* do Pici, pertencente a Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza- CE, Brasil, com coordenadas geográficas: 3°45'S; 38° 33'W; 19 m, no período de agosto de 2019. Segundo Koppen o clima local é classificado como Aw', com temperatura média de 33,4 °C e umidade relativa do ar (UR) de 47,3%. A casa de vegetação apresenta as seguintes dimensões: 3 metros de comprimento por 2,5 metros de largura e 3 metros de altura, coberta totalmente com um sombrite de 70% de interceptação luminosa.

O delineamento experimental foi aleatorizado em blocos com quatro tratamentos T1 - areia, T2 - areia + substrato comercial (1:1), T3 - areia + hidrorretentor Polyter (2g/kg de solo) e T4 - substrato comercial) e quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 4 x 4. Em uma mesma bandeja foram aleatorizados quatro tipos de substrato (solo; solo + turfa; solo + hidrorretentor e turfa), distribuídos em quatro parcelas contendo 27 plântulas por unidade experimental.

O produto Polyter® é um polímero hidrorretentor da empresa ARAUNAH tech, que possui em sua formulação 10% de N₂ e 5% de K₂O, capaz de reter 300 vezes a sua massa em água. O substrato comercial utilizado foi da marca Hortaliças CA Turfa Fértil®. A semeadura foi realizada no dia 01 de agosto em bandejas de polietileno contendo 162 células. Os substratos foram vertidos nas células das bandejas, seguido da deposição de uma semente por célula a uma profundidade de 2 cm, de forma que facilitasse a emergência da plântula. Após semeadura, as bandejas foram mantidas em casa de vegetação sob radiação luminosa reduzida, interceptada por sombrite de 70%, por um período de 15 dias. Durante a primeira

semana foram realizadas duas irrigações diárias de maneira uniforme entre tratamentos, prosseguindo com uma irrigação diária até o fim do experimento.

Após 15 dias, foram avaliadas as seguintes variáveis: temperatura média, temperatura máxima e temperatura mínima das folhas utilizando câmera térmica Flir PRO ONE, a massa fresca e seca das folhas e a taxa de água nas folhas. As imagens obtidas foram avaliadas utilizando as ferramentas linha, círculo e área do programa FLIR TOOLS, para determinação da melhor ferramenta para obtenção da temperatura das mudas. Todas as ferramentas foram testadas em cada variável analisada.

Os dados obtidos das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Quando denotado efeito significativo na análise de variância, os dados obtidos nos diferentes tratamentos de natureza qualitativa foram comparados usando o teste de Tukey em nível de 1 e 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas através do software, SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa para as variáveis taxa de água (TA), temperatura máxima medida com a ferramenta círculo (CMax), temperatura máxima medida com a ferramenta linha (LMax), temperatura máxima com a ferramenta área (AMax), temperatura média com o círculo (CMed), temperatura média com a linha (LMed), temperatura média com a área (AMed), temperatura mínima com o círculo (CMin), temperatura mínima com a linha (LMin) e temperatura mínima com a área (AMin) de folhas de mudas de melão cultivadas em diferentes substratos (Tabela 1). Como a condução do experimento foi feita em casa de vegetação sem cobertura de proteção, no período do experimento houve ocorrência de precipitações fato este que não provocou o estresse hídrico esperado nos tratamentos avaliados.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para taxa de água (TA), temperatura máxima com o círculo (CMax), temperatura máxima com a linha (LMax), temperatura máxima com a área (AMax), temperatura média com o círculo (CMed), temperatura média com a linha (LMed), temperatura média com a área (AMed), temperatura mínima com o círculo (CMin), temperatura mínima com a linha (LMin) e temperatura mínima com a área (AMin) de folhas de mudas de melão cultivadas em diferentes substratos.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio									
		TA	CMax	LMax	AMax	CMed	LMed	AMed	CMin	LMin	Amin
Bloco	3	0,043 ^{ns}	0,625 ^{ns}	0,480 ^{ns}	1,088 ^{ns}	0,741 ^{ns}	0,672 ^{ns}	0,815 ^{ns}	1,032 ^{ns}	1,072 ^{ns}	2,402 ^{ns}
Tratamento	3	1,269 ^{ns}	0,268 ^{ns}	0,197 ^{ns}	0,701 ^{ns}	0,127 ^{ns}	0,110 ^{ns}	0,167 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,049 ^{ns}	0,084 ^{ns}
Resíduo	57	1,109	0,191	0,284	0,352	0,166	0,216	0,134	0,287	0,283	0,766
CV	(%)	1,13	1,36	1,68	1,78	1,3	1,48	1,17	1,75	1,71	2,98

ns - não significativo a nível de 5% do teste F.

As ferramentas círculo e linha apresentaram as melhores correlações para as obtenções das temperaturas máximas, médias e mínimas (Tabela 2), indicando serem as mais adequadas para obtenção das temperaturas das plantas. Ao se avaliar a temperatura média pode-se observar a melhor correlação entre a ferramenta linha e círculo (Figura 1 A, B e C). Jones (1999) reportou uma rápida determinação do estresse hídrico em feijoeiro a partir de câmeras térmicas, uma vez que a redução na transpiração causou aumento na temperatura foliar.

Os autores (Romer et al., 2012) constataram que através de índices obtidos com diferentes comprimentos de onda (400-1000 nm), utilizando uma câmera hiperspectral, foi possível detectarem o estresse hídrico em cevada (*Hordeum vulgare*) e milho (*Zea mays*) além de que conseguiram ainda diferenciar a resposta do milho ao estresse hídrico quando ocorre ao mesmo tempo estresse nutricional.

Tabela 2. Resumo dos coeficientes de correlação (R) e coeficiente de determinação (R²) para correlação entre a temperatura máxima com o círculo e temperatura máxima com a linha (Max CxL); temperatura máxima com o círculo e temperatura máxima com a área (Max CxA); temperatura máxima com a linha e temperatura máxima com a área (Max LxA); temperatura média com o círculo e temperatura média com a linha (Med CxL); temperatura média com o círculo e temperatura média com a área (Med CxA); temperatura média com a linha e temperatura média com a área (Med LxA); temperatura mínima com o círculo e temperatura mínima com a linha (Mmin CxL); temperatura mínima com o círculo e temperatura mínima com a área (Min CxA); temperatura mínima com a linha e temperatura mínima com a área (Min LxA); de folhas de mudas de melão cultivadas em diferentes substratos.

	Max CxL	Max CxA	Max LxA	Med CxL	Med CxA	Med LxA	Min CxL	Min CxA	Min LxA
R	0,933	0,663	0,614	0,987	0,903	0,877	0,976	0,680	0,552
R ²	0,871	0,440	0,377	0,975	0,816	0,769	0,953	0,463	0,304

Na Figura 1 estão apresentados em gráficos de dispersão os valores referentes aos dados de correlação de temperatura média utilizando as formas (linha, círculo e área). É notório uma menor dispersão dos dados quando utilizando a forma linha e a forma círculo, enquanto quando se utilizou a área em função da linha os dados apresentaram com uma maior variação, no entanto maior dispersão, o que torna menos confiável a medida (Figura 1C).

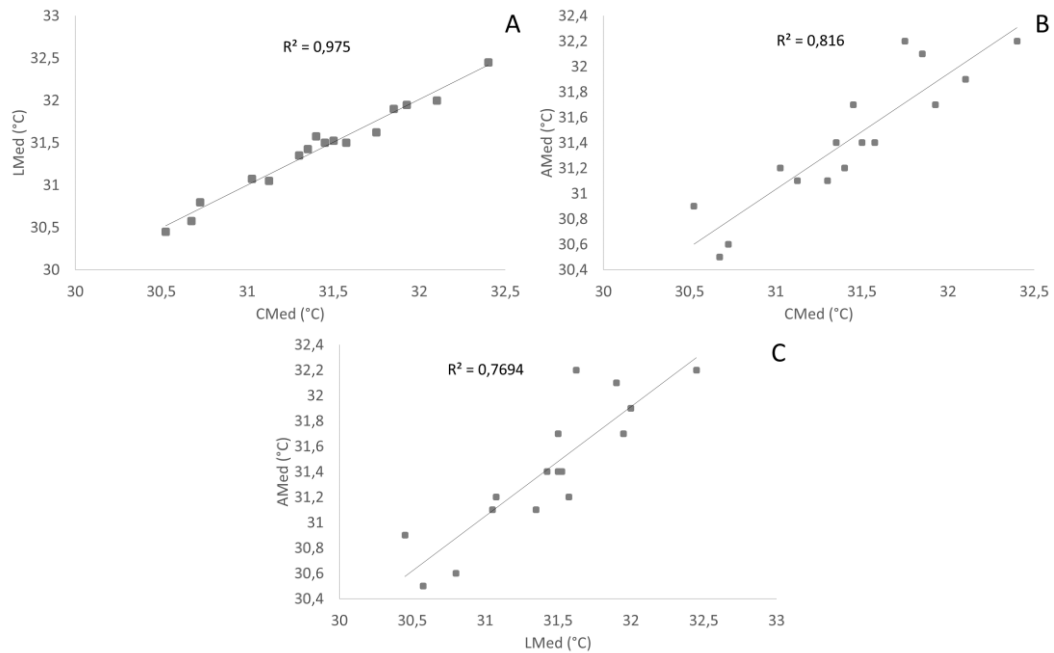


Figura 1. Correlação da temperatura média com o círculo e temperatura média com a linha (CMed xL) - (A); temperatura média com o círculo (C Med x A) - (B) e temperatura média com linha e temperatura média com a área (LMed xA) - (C).

A correlação entre a ferramenta linha e círculo evidencia a aproximação dos resultados obtidos por essas duas ferramentas. A ferramenta área apesar de apresentar maior facilidade na utilização, deve ser evitada devido a correlação obtida para as ferramentas estudadas.

CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos pode-se concluir que a utilização de imagens térmicas, aliada ao uso de ferramentas utilizando a forma de círculo e forma de linha pode ser indicada para melhor estimar a temperatura foliar de mudas de melão utilizando a tecnologia FLIR MSX®, podendo ainda contribuir assim para o monitoramento e prevenção de estresse hídrico severo nas plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, S. A. C; VASQUEZ, H. M.; CAMPOSTRINI, E.; NETTO, A. T.; DEMINICIS, B. B.; LIMA, É. S. Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum Schum.*), em estresse hídrico. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, v. 32, n. 1, p. 1-7, 2010.

COSTA, J.; GARCÍA-TEJERO, I.; CHAVES, M. O uso da termografia na agricultura moderna. **Revista da Associação Portuguesa de Horticultura**, v. 113, p. 30-34, 2013.

GERHARDS, M.; ROCK, G.; SCHLERF, M.; UDELHOVEN, T. Water stress detection in potato plants using leaf temperature, emissivity, and reflectance. **International journal of applied Earth observation and geoinformation**, v. 53, p. 27-39, 2016.

JONES, H. G. Use of thermography for quantitative studies of stomatal conductance over leaf surfaces. **Plant, Cell Environment**, vol. 22, n.9, p.1043-1055, 1999.

ROMER, C.; WAHABZADA, M.; BALLVORA, A.; PINTO, F.; ROSSINI, M.; PANIGADA, C.; BEHMANN, J.; LÉON, J.; THURAU, C.; BAUCKHAGE, C.; KERSTING, K.; RASCHER, U. E PLUMER, L. Early drought stress detection in cereals: simplex volume maximization for hyperspectral image analysis. **Functional Plant Biology**, vol. 39, n. 11, p. 878-890. Doi:<<http://dx.doi.org/10.1071/fp12060>>.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, 2015.