



ESTIMATIVA DO IAF E DO ACUMULO DE MATERIA SECA DO PIMENTÃO EM FUNÇÃO DE GRAUS-DIAS DENTRO E FORA DE AMBIENTE PROTEGIDO

LUDMILA A. FUKUNAGA¹; JOÃO F. ESCOBEDO²; ÉRICO T. TERAMOTO³;
CÍCERO M. SANTOS⁴; LUCAS C. LENZ⁵; MAURÍCIO B. P. DA SILVA⁶.

1 Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu - SP, Fone: (0xx14) 3880 7162, lafukunaga@fca.unesp.br.

2 Licenciado em Física, Prof. Dr. Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu - SP.

3 Eng. Agrícola, Doutorando em Agronomia, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu - SP.

4 Licenciado em Física, Doutorando em Agronomia, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu - SP.

5 Graduando em Agronomia, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu - SP.

6 Graduado em Agronomia, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu - SP.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Para, Belém, PA.

RESUMO – O objetivo desse trabalho foi ajustar modelos de estimativa do índice de área foliar (IAF) e da matéria seca total (MS) do pimentão em função de graus-dias (GD), cultivado dentro e fora de ambiente protegido. Os resultados comprovam a eficiência do ambiente protegido em aumentar o crescimento vegetativo da cultura. No ambiente protegido, quando comparado ao ambiente externo, os valores máximos de IAF e MS são alcançados com menor acúmulo de graus-dias, com a cultura mantendo o crescimento por um tempo maior. Dentre os modelos desenvolvidos, os de MS apresentaram maior ajuste ($R^2 > 0,96$).

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento vegetativo, unidades térmicas, regressão polinomial.

ESTIMATING IAF AND ACCUMULATION OF DRY MATTER OF SWEET PEPPER BASED ON DEGREE-DAYS INSIDE AND OUTSIDE GREENHOUSE

ABSTRACT – The aim of this study was to fit models to estimate the leaf area index (LAI) and the total dry matter (DM) of the sweet pepper in function of the degree-days (GD), cultivated inside and outside the greenhouse. The results prove the efficiency of the greenhouse to increase the vegetative growth of the crop. Inside the greenhouse, when compared to external environment, the maximum values of LAI and MS are achieved with less accumulation of degree-days, with the plants keeping the growth for a longer time. Among the models developed, the MS showed the highest fit ($R^2 > .96$).

KEYWORDS: Vegetative development, thermal units, polynomial regression.





INTRODUÇÃO

Atualmente, há o interesse crescente em estimar a capacidade produtiva das culturas, de prever as safras, tratos culturais e os possíveis efeitos de alterações nas técnicas de produção. Para suprir essa necessidade, modelos agrometeorológicos estão sendo cada vez mais desenvolvidos e utilizados (CARVALHO et al., 2011).

O índice de área foliar (IAF) é um dos mais importantes parâmetros usados em um modelo devido a relação com a capacidade fotossintética da população vegetal em relação à área de assimilação do CO₂ e de interceptação de radiação (MÜLLER et al., 2005). Já a capacidade da planta de produzir fitomassa seca está diretamente relacionada com a quantidade de energia luminosa disponível e a capacidade de aproveitá-la.

O método de graus-dias baseia-se na premissa de que a planta necessita de certa quantidade de energia, representada pela soma térmica acima de uma temperatura base, para completar determinada fase fenológica ou mesmo o seu ciclo total (SOUZA et al., 2011).

A taxa de crescimento da cultura é definida pela variação da fitomassa seca com o tempo e representa a capacidade de produção potencial. Portanto, sua determinação possibilita modelar o crescimento e o desenvolvimento das plantas nas diferentes fases fenológicas (MÜLLER et al., 2005).

O objetivo desse trabalho foi ajustar modelos de estimativa do IAF e da MS da cultura do pimentão, cultivado dentro e fora de ambiente protegido, em função do método de graus-dias.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP em Botucatu/SP (22,85°S, 48,43°W, 786m). A cidade de Botucatu possui clima classificado segundo o método Köppen como Cfa (CUNHA et al, 2009). Foram utilizadas duas áreas diferentes no experimento: uma dentro de ambiente protegido (estufa de polietileno) e outra externa a ela. As duas áreas experimentais possuem o mesmo tipo de solo (latossolo vermelho eutrófico com textura moderada a média), o qual foi analisado quimicamente nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm. Com base na análise química, em ambas foi realizada a calagem com calcário dolomítico com PRNT de 65%, 30 dias antes do transplântio das mudas, e a adubação utilizando esterco de galinha decomposto (± 5000 /ha), superfosfato (± 1500 kg/ha) e cloreto de potássio (300kg/ha). Para a reposição da água no solo, dentro e fora do ambiente protegido, foi utilizado um sistema de irrigação do tipo localizada (gotejadores), com pressão de sucção de 5,0 m.c.a. e vazão por gotejador de 1,0 L.h⁻¹. As mudas de pimentão utilizadas eram do híbrido Margarita da Rogers[®], cujos frutos maduros tornam-se vermelhos, as quais foram produzidas na Fazenda Experimental da UNESP em São Manuel/SP (germinação no dia 05/01/00). O transplântio das mudas foi realizado em 15/02/2000 e o ciclo da cultura foi monitorado ao longo do período de 15/02/2000 a 05/09/2000.





Para a realização da análise de crescimento, através da área foliar e da matéria seca total, foram plantadas 208 mudas em cada área experimental. Os espaçamentos utilizados foram 0,8 m de entrelinhas e 0,3 m entre plantas, sendo mantidos quatro canteiros com 52 plantas cada um e dentre eles os dois laterais como bordadura. Os dois As amostragens foram realizadas nas duas áreas experimentais a cada 14 dias (a partir do dia 22/02/00), quando eram coletadas de forma aleatória duas plantas para determinação da matéria seca total e da área foliar. A matéria seca foi obtida através da pesagem de raiz, caule, folhas e frutos, após 48h em estufa, a uma temperatura de 65°C, em balança com precisão de 2 casas decimais. A área foliar (em cm²) foi determinada utilizando um integrador de área foliar modelo AAM-7 da Hayashi Denko e o índice de área foliar IAF (em m².m⁻²) foi calculada por meio da equação:

$$IAF = (AF * NP) / AT \quad (1)$$

onde AF é a área foliar média de duas amostras de plantas, NP é o número de plantas na área considerada (4,17 plantas.m⁻²) e AT é a área total considerada (1 m²).

Os graus-dia acumulados (GD) do transplântio da cultura do pimentão até o final do ciclo (203 dias após o transplântio), foram determinados a partir da diferença entre a temperatura média diária e a temperatura basal inferior da cultura, que foi considerada como 16°C (DOORENBOS & KASSAM, 1994; TIVELLI, 1998), conforme equação:

$$GD = \sum_{i=dt}^{fc} (T_{mdi} - 16^{\circ}C) \quad (2)$$

em que: GD - graus-dias acumulados desde o transplântio (dt) até o final do ciclo (fc) comercial da cultura, em graus-dias; e T_{mdi} - temperatura média para o dia i, em °C.

Este modelo foi utilizado, pois a temperatura média registrada durante o período não foi maior que a temperatura basal superior (35°C) (TIVELLI, 1998), conforme proposto por Villa Nova (1972). Os valores diários de GD foram utilizados no ajuste de modelos nos dois sistemas de plantio para biomassa e índice de área foliar. Os dados de temperatura do ar foram medidos utilizando um sensor HMP45C da Vaisala (com imprecisão de 0,2°C), conectados a um sistema de aquisição de dados datalogger 21X da Campbell operando na frequência de 1 Hz e armazenando médias de 5 minutos.

Os modelos para estimativa do IAF e da matéria seca total em função dos graus-dias acumulados foram obtidos por meio de regressão polinomial. Os cálculos estatísticos e dos graus-dias e o desenvolvimento dos gráficos foi realizada com uso do software Origin 6.0 da Microcal[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 relaciona o índice de área foliar (IAF) e os graus-dias (GD) dentro (in) e fora (ex) do ambiente protegido. O IAF interno (IAF_{in}) atinge o máximo valor de 3,25 m².m⁻² na 21ª semana (11/07/00), com GD_{in} = 1747,34 graus-dias acumulados (figura 1a). Para o externo, o máximo de área foliar foi na 19ª semana (27/06/00), com IAF_{ex} = 2,9 m².m⁻² e GD_{in} = 1456,01 graus-dias acumulados (figura 1b). No final do ciclo, o IAF_{in} atingido foi de 19,98 m².m⁻² e IAF_{ex} foi de 29,73 m².m⁻². Por meio do teste de F, ao nível



de significância de 5%, verificou-se que o IAF_{in} se difere estatisticamente do IAF_{ex} (tabela 1).

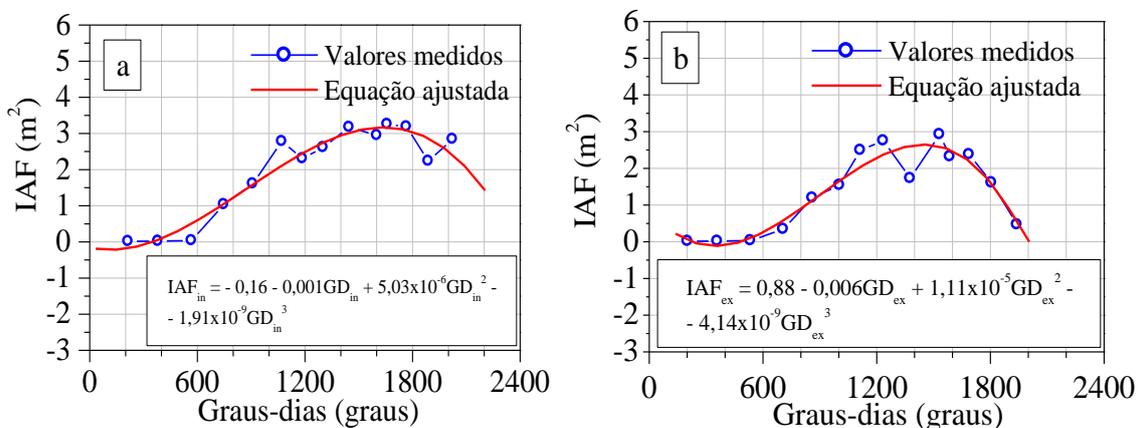


Figura 1 – Correlações entre o IAF e os graus-dias do cultivo dentro do ambiente protegido (a) e fora dele (b).

Tabela 1 – Análise de variância do IAF dentro do ambiente protegido (IAF_{in}) em relação ao do ambiente externo (IAF_{ex}).

	Média	Variância	F	P
IAFin	2,00	1,52	1,11	0,28
IAFex	1,52	1,07		

A figura 2 relaciona a massa seca total (MS) e os graus-dias (GD) dentro (in) e fora (ex) do ambiente protegido. Em ambiente protegido, o ganho de massa seca continuou até a 27ª semana (22/08/00), tendo o máximo valor de 309,82 g (Figura 2a). Já em ambiente externo, o ganho foi até a 23ª semana (25/07/00), com valor máximo de 196,29g (figura 2b). A partir de então as plantas cessaram a fase de crescimento vegetativo. Esta diferença deve-se a ocorrência de geada no dia 17/07/00, que prejudicou as plantas externas. O pimentão é sensível a baixas temperaturas e intolerante a geadas, sendo que alterações relacionadas ao clima podem prejudicar sua safra (TEODORO et al., 1993). Por meio do teste de F, ao nível de significância de 5%, verificou-se que a MS_{in} se diferiu estatisticamente do MS_{ex} (tabela 2).

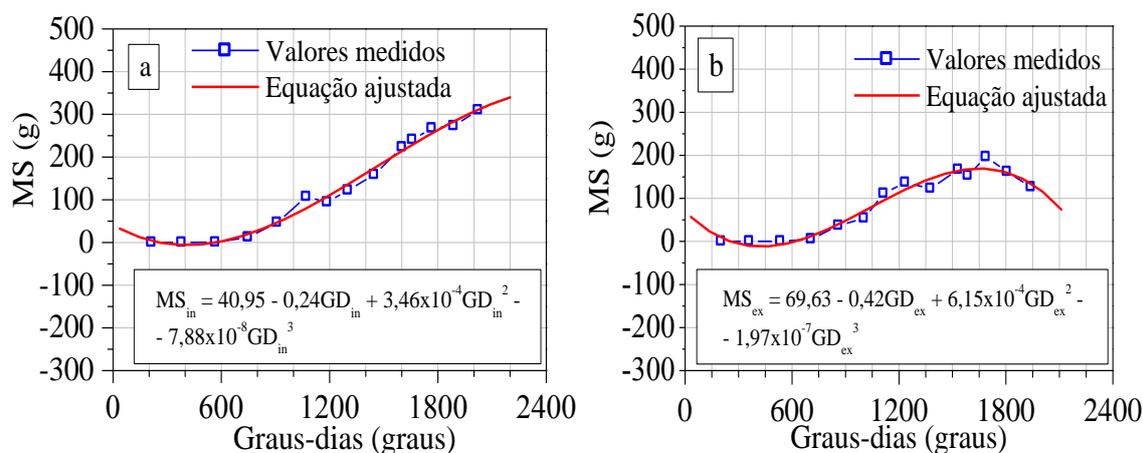


Figura 2 – Correlações entre a MS e os graus-dias da cultura dentro do ambiente protegido (a) e fora dele (b).

Tabela 2 – Análise de variância da matéria seca total dentro do ambiente protegido (MS_{in}) em relação ao do ambiente externo (MS_{ex}).

	Média	Variância	F	P
MS_{in}	132,53	12800,34	1,36	0,25
MS_{ex}	90,76	5136,57		

Na tabela 3 são apresentados os coeficientes A1, B1, B2 e B3 e o R^2 das equações para estimativa da IAF e de MS dentro e fora do ambiente protegido em função dos GD. Os valores de R^2 foram maiores para os modelos de estimativa da MS, sendo o do modelo para estimativa do MS_{in} maior que o do MS_{ex} . Similar ao caso anterior, o R^2 do modelo para estimativa do IAF_{in} foi maior que o do IAF_{ex} . A justificativa para os menores valores de R^2 dos modelos para o ambiente externo é a maior influência da geada nas plantas cultivadas, as quais sofreram maior estresse quando comparadas às cultivadas em ambiente protegido.

Tabela 3 – Coeficientes dos modelos para estimativa da área foliar dentro do ambiente protegido (IAF_{in}) e fora (IAF_{ex}) e massa seca dentro do ambiente protegido (MS_{in}) e fora (MS_{ex}) em função dos graus-dias acumulados (GD).

Modelo	A1	B1	B2	B3	R^2
$IAF_{in}(GD_{in})$	-0,158	-0,001	5,027E-6	-1,912E-9	0,929
$IAF_{ex}(GD_{ex})$	0,882	-0,006	1,114E-5	-4,137E-9	0,906
$MS_{in}(GD_{in})$	40,951	-0,243	3,455E-4	-7,877E-8	0,988
$MS_{ex}(GD_{ex})$	69,630	-0,4178	6,150E-4	-1,971E-7	0,959

CONCLUSÕES

A cultura em ambiente externo apresentou um índice de área foliar (IAF) máximo de $2,9 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ com 1456,013 graus-dias acumulados. No ambiente protegido, o valor máximo foi



de 3,25 m².m⁻², com 1747,337 graus-dias acumulados. Para a matéria seca total (MS) o ganho continuou até a 27ª semana (22/08/00), tendo o máximo valor de 309,82g e em ambiente externo, o ganho é até a 23ª semana (25/07/00), com valor máximo de 196,29g. Os valores máximos de IAF e MS são alcançados com menor acúmulo de graus-dias no ambiente protegido e a cultura continua o crescimento por um tempo maior do que fora, onde cessa praticamente um mês antes do ambiente interno. Dentre os modelos desenvolvidos, o de MS apresentou maior ajuste ($R^2 > 0,96$).

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, A. D.; PEREIRA, B. J. A. Ajuste de modelos para estimativa do índice de área foliar e acúmulo de biomassa do pimentão em função de graus-dias. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 971-982, 2011.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, v. 14, p. 1-11, 2009.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. GHEYI, H. R.; SOUSA A. A.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. (trad.). Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, v. 33).
- MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; RADIN, B.; FRANÇA, S.; SILVA, M. I. G. Estimativa do índice de área foliar do milho a partir da soma de graus-dia. Santa Maria, **Revista Brasileira Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 65-71, 2005.
- SOUZA, A. P.; RAMOS, C. M. C.; LIMA, A. D.; FLORENTINO, H. O.; ESCOBEDO, J. F. Comparison of methodologies for degree-day estimation using numerical methods. **Acta Scientiarum Agronomy**. V. 33, n. 3, p. 391-400, 2011.
- TEODORO, R.E.F., OLIVEIRA, A.S., MINAMI, K. Efeitos da irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum Annuum*, L.) em casa de vegetação. **Sci. Agric.**, v.50, n.2, p.237-243, 1993.
- TIVELLI, S.W. **Sistemas de cultivo na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) vermelho em ambiente protegido**. Botucatu, 1999. 157p. Tese (Doutorado EM Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

