



Semina: Ciências Agrárias

ISSN: 1676-546X

semina.agrarias@uel.br

Universidade Estadual de Londrina

Brasil

Fonseca Carvalho, Daniel; Duarte de Oliveira, Alexsandra; Batista Alves Pereira, João  
Ajuste de modelos para estimativa do índice de área foliar e acúmulo de biomassa do  
pimentão em função de graus-dias

Semina: Ciências Agrárias, vol. 32, núm. 3, julio-septiembre, 2011, pp. 971-981  
Universidade Estadual de Londrina  
Londrina, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744109016>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

# Ajuste de modelos para estimativa do índice de área foliar e acúmulo de biomassa do pimentão em função de graus-dias

## Model adjustment for estimating bell pepper leaf area index and dry mass accumulation as a function of degree days

Daniel Fonseca Carvalho<sup>1</sup>; Alexsandra Duarte de Oliveira<sup>2\*</sup>; João Batista Alves Pereira<sup>3</sup>

### Resumo

O estudo conduzido no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), localizado no município de Seropédica-RJ, foi desenvolvido com o objetivo de gerar modelos para caracterizar a variação e evolução do índice de área foliar (IAF) e da biomassa total da cultura do pimentão em função dos graus-dias. A análise foi realizada em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com 3 repetições. Os modelos matemáticos obtidos por regressão foram escolhidos em função da significância dos coeficientes do modelo, do valor de F da análise de variância e do maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ). As curvas ajustadas do IAF e biomassa e seus respectivos valores máximos confirmam que a metodologia dos graus-dias é viável para determinação dos estádios fenológicos da cultura. Os sistemas de plantio convencional e direto não foram significativamente diferentes entre si, em relação ao índice de área foliar e biomassa da cultura do pimentão. Foram necessários 1533 GDA para a cultura completar o ciclo produtivo, obtendo-se o máximo acúmulo de biomassa aos 1059 e 1148 GDA nos sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente.

**Palavras-chave:** Capsicum annuum, curvas de crescimento, fisiologia

### Abstract

This study was carried out at SIPA (Integrated Agroecological Production System), in Seropédica, RJ, Brazil, with the objective of generating models for characterizing variation and evolution of leaf area index (LAI) and total dry mass of Bell pepper as a function of degree days. Experimental design was of plots split in time, with three replications. The mathematical models obtained by regression analysis on the basis of the significance of the coefficients, the F value in the variance analysis of regression, and higher determination coefficient ( $R^2$ ). Based on adjusted curves for LAI and dry mass and in their respective maximum values degree days is a viable methodology for determination of crop phenological stages. The values of LAI and biomass accumulated by the plants were not significantly different between tillage systems. Bell pepper needed a total of 1533 degree days for completing its productive cycle, with maximum dry mass accumulation occurring at 1059 and 1148 degree days for conventional and no till cropping, respectively.

**Key words:** Capsicum annuum, growing curves, physiology

<sup>1</sup> Prof. Associado III, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. UFRRJ. E-mail: carvalho@ufrrj.br

<sup>2</sup> Pesquisadora A, EMBRAPA Cerrados. E-mail: alexsandra.duarte@cpac.embrapa.br

<sup>3</sup> Mestre em Fitotecnia, EMATER, RJ. E-mail: joalpe185@yahoo.com.br

\* Autor para correspondência

## Introdução

Dentre as solanáceas cultivadas no Rio de Janeiro, o pimentão tem assumido lugar de destaque. Estima-se a produção estadual em torno de 26,4 ton. ano<sup>-1</sup>, concentrada nas regiões Serrana e Centro-Sul Fluminense/médio Paraíba com produtividade média de 37 ton.ha<sup>-1</sup>(CESAR et al., 2007).

Na agricultura atual há necessidade cada vez maior de estimar a capacidade produtiva das culturas, tanto para estimativa de safras e tratos culturais, como para estimar os possíveis efeitos de alterações nas técnicas de produção. Para suprir essa necessidade, modelos agrometeorológicos e de simulação de cultivos estão sendo cada vez mais aprimorados.

Diversos parâmetros são utilizados para alimentar um modelo, um dos mais importantes é o índice de área foliar (IAF), definido como a razão entre a área foliar de uma população de plantas e a área do solo projetada ou ocupada por ela. O IAF tem relação com a capacidade fotossintética da população vegetal por estar relacionado à área de assimilação do CO<sub>2</sub> e de interceptação de radiação, ou pela redução da própria taxa fotossintética quando altos IAFs provocam grande perda de água e consequente deficiência hídrica (MÜLLER et al., 2005).

A capacidade da planta de produzir fitomassa seca está diretamente relacionada com a quantidade de energia luminosa disponível e com a capacidade de aproveitamento dessa energia, sendo que segundo Kropff et al. (1995) para se conhecer a variação temporal da fitomassa e do índice de área foliar faz-se necessário estimar alguns índices fisiológicos, sendo que esses índices relacionados à cultura estão correlacionados com a temperatura média do ar.

A espécie *Capsicum annuum* é uma solanácea de dias curtos, pois floresce e frutifica em qualquer comprimento de dia, porém, o florescimento, a frutificação e a maturação dos frutos são mais precoces em dias curtos, favorecendo a

produtividade. Desenvolve-se sob temperaturas elevadas ou amenas, sendo intolerante a baixas temperaturas. Segundo Doorenbos e Kassam (1994), o pimentão desenvolve satisfatoriamente em climas com temperaturas diurnas entre 18 e 27°C e noturnas entre 15 e 18°C, sendo que as temperaturas noturnas inferiores provocam maior ramificação e floração.

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. Graus-dias é definido como a diferença entre a temperatura média diária do ar e a temperatura basal inferior exigida por uma espécie (VILLA NOVA; PEDRO JUNIOR; PEREIRA, 1972), desde que a temperatura média seja igual ou inferior a temperatura basal superior.

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

A análise de crescimento possibilita estimar uma função que descreva convenientemente os dados sem introduzir discrepâncias inerentes à própria função. Segundo Pereira e Machado (1987) a variância de cada amostragem no crescimento vegetal, tais como biomassa e índice de área foliar (IAF), é proporcional ao tamanho das plantas sendo necessário à transformação destes dados para homogeneizar as variâncias. Os logaritmos naturais dos dados originais podem ser ajustados a polinômios, através de regressão múltipla utilizando por exemplo o método dos mínimos quadrados. O tipo de modelo pode ser escolhido utilizando-se o conhecimento que se tem do fenômeno, ou por uma análise prévia dos dados obtidos. Normalmente, ajustam-se mais de um modelo e, de acordo com os resultados e testes estatísticos, escolhendo-se o de

melhor ajuste (LOPES et al., 2005).

Müller et al. (2005) estimaram o índice de área foliar do milho a partir da soma de graus dia, utilizando modelo linear segmentado e observaram limitações quando ocorre deficiência hídrica. Prela et al. (2002) planejaram o plantio e a colheita de feijão de vagem em função do mercado e condições ótimas para condução da cultura. Lopes et al. (2005) ajustaram modelos não lineares para descrever a fitomassa seca da parte aérea de milho em função de graus-dia. Souza et al. (2005) relacionou graus dia com a duração da antese à colheita da lima ácida 'Tahiti'.

A determinação da melhor época de semeadura em função do método de graus-dias tem sido amplamente estudado por Barbano et al. (2001), colocando em evidência a necessidade de se trabalhar com a relação funcional de variáveis de crescimento e/ou estimativas de índices que possam relacionar fenologia e graus-dias.

O presente estudo teve por objetivo ajustar modelos de estimativa do índice de área foliar e biomassa em cada fase de desenvolvimento da cultura do pimentão, em sistema de plantio convencional e direto e em função do método de graus-dias.

## Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), localizado no município de Seropédica-RJ (latitude 22°48'00"S; longitude 43°41'00"W; altitude de 33 metros), no período de março a outubro de 2005. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo e o clima, segundo Köppen, é classificado como Aw. Na (Tabela 1) são apresentadas as características físicas do solo da área de estudo.

**Tabela 1.** Características físicas do solo da área experimental, Seropédica, RJ.

Prof.(cm)	Øcc	Øs	Ds	Argila		
						Areia
	(cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	(kg dm <sup>-3</sup> )			(g kg <sup>-1</sup> )	Silte
10	0,235	0,463	1,203	170	740	90
20	0,218	0,438	1,603	160	750	90
30	0,212	0,393	1,719	170	730	100
40	0,190	0,358	1,737	180	730	90

Øcc – umidade volumétrica correspondente do solo à capacidade de campo

Øs - umidade volumétrica do solo correspondente à saturação

Ds – densidade do solo

Foi utilizada a cultivar de pimentão híbrido Magali-R por ser a mais empregada na região, apresentar excelente uniformidade e alta produtividade. As mudas foram produzidas em estufa utilizando bandejas de isopor de 128 células com substrato orgânico produzido no próprio SIPA com transplante para o local definitivo aos 35 dias após semeadura. O espaçamento adotado foi de 1,0

m entre linhas de plantio e de 0,50 m entre plantas, ocupando área de 144 m<sup>2</sup> por parcela, totalizando 325 plantas.

Na (Tabela 2) são apresentados os resultados de análises químicas realizadas na área antes da implantação da cultura. As covas foram adubadas com dois litros de esterco de curral curtido, 100g

de cinzas e 100g de farinha de ossos, sendo esta recomendação baseada na composição média das fontes utilizadas, necessidade da cultura e disponibilidade de nutrientes no solo segundo resultado da análise química do solo.

Por ocasião do transplante para as parcelas parte

das mudas foram repicadas para copos plásticos com 300 mL de volume, com o mesmo substrato utilizado na produção, e mantidas na estufa para o replantio e reposição das plantas das primeiras três coletas utilizadas na análise de crescimento.

**Tabela 2.** Análise química do solo da área experimental, Seropédica, RJ.

Amostra	pH água	Al	Ca + Mg	Cmolc.dm-3		P	K
				Ca	Mg		
PC – 10	6,2	0,0	4,5	3,2	1,3	111	305
PC – 20	6,4	0,0	4,0	2,6	1,4	60	170
PD – 10	6,6	0,0	4,8	3,6	1,2	171	325
PD – 20	6,7	0,0	4,2	2,9	1,3	136	240

PC – 10 e PC – 20 Plantio convencional a 10 e 20 cm de profundidade.

PD – 10 e PD – 20 Plantio direto a 10 e 20 cm de profundidade.

O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão convencional, com aspersores setoriais de bocais 3,6 mm equipados com válvula reguladora de pressão de 21,0 kPa, distanciados entre si de 12,0 m e posicionados nos quatro vértices das parcelas (regulados com ângulo de 90°) a fim de proporcionar distribuição mais uniforme da água. Próximo ao local do experimento havia uma estação meteorológica automática (EMA), contendo os sensores de radiação, temperatura, umidade relativa, precipitação e velocidade do vento, cujos sistemas de aquisição e armazenamento de dados foram programados para coletar dados a cada 3 segundos e as médias e/ou totais a cada 30 min (CARVALHO et al., 2006).

A análise de crescimento da cultura do pimentão foi realizada em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com três repetições. Os tratamentos das parcelas consistiram nos sistemas de plantio adotados (convencional - PC e direto - PD) e nas sub-parcelas foram utilizadas para análise as datas de coleta do material, que foram o dia do transplante e aos 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126, 140, 154,

168 e 182 dias após o mesmo (DAT).

Em cada coleta foi amostrada uma planta por repetição, sendo separadas por partes (raiz, caule, folhas, flores e frutos) a fim de se determinar a massa seca e a área foliar. Em coletas alternadas, em uma repetição por tratamento, foram coletadas duas plantas com a finalidade de avaliar a existência de variação entre plantas. Nestas coletas, os valores de biomassa e índice de área foliar (IAF) foram obtidos pela média dos valores encontrados.

A medição da área foliar foi realizada pelo medidor fotoelétrico LI-3000, LICOR e as partes da planta foram secas em estufa de ventilação forçada à 65°C até atingir massa constante, o que ocorreu em aproximadamente sete dias, e posteriormente pesadas. As massas secas obtidas das partes das plantas e a massa seca total foram convertidas em biomassa por área de terreno e a área foliar em índice de área foliar considerando a densidade de duas plantas.m<sup>-2</sup>.

Os graus-dia acumulados (GDA) do transplante da cultura do pimentão até o final do ciclo (189 DAT),

quando a produção não mais atendia a classificação comercial, 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), conforme equação:

fc

$$GDA = \sum_i (T_{mdi} - 16^\circ\text{C}) \quad (1)$$

$i = dt$

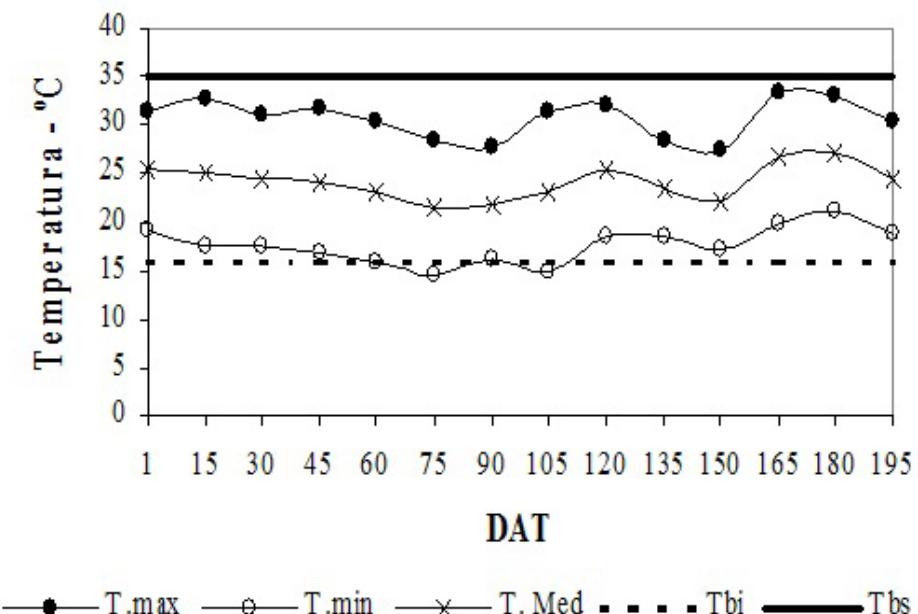
em que:

GDA - graus-dia acumulados desde o transplante (dt) até o final do ciclo (fc) comercial da cultura, em °C dia; e

$T_{mdi}$  - temperatura média para o dia  $i$ , em °C.

Este modelo foi utilizado porque a temperatura média (Figura 1) ocorrida durante o período não foi maior que a temperatura basal superior que é de 35°C, conforme proposto por Villa Nova, Pedro Junior e Pereira (1972). Os valores diários de GDA foram utilizados no ajuste de modelos para biomassa e índice de área foliar.

O ciclo da cultura foi dividido em três estádios segundo Pereira e Machado (1987), sendo considerado estádio I o de estabelecimento da cultura, o estádio II de desenvolvimento pleno e o III estádio considerando desenvolvimento e limite desejável comercialmente, assim foram definidos também em função do número de dias após o transplante (DAT): estádio I – 1 a 56 DAT (IAF1 e biomassa (WS1), estádio II – 56 a 154 DAT (IAF2 e WS2) e estádio III - 154 – 182 DAT (IAF3 e WS3).



**Figura 1.** Temperaturas Mínimas (Tmin), máximas (Tmax), médias (Tmed), e basal inferior (Tbi) e basal superior (Tbs) em função de dias após o transplante (DAT).

O programa estatístico utilizado foi o SAEG (RIBEIRO, 2001) e na seleção das melhores equações foram utilizados os seguintes critérios: Significância dos coeficientes do modelo, significância do valor de F e maior coeficiente

de determinação ( $R^2$ ).

## Resultados e Discussão

Na (Tabela 3) são apresentados os dados

climáticos resultantes de médias quinzenais, ocorridas durante o ciclo da cultura, na área experimental. Apesar do trabalho ter sido conduzido no período de inverno, caracterizado por baixo índice pluviométrico, observou-

se à ocorrência de chuva, relativamente bem distribuída no período, com exceção da primeira quinzena dos meses de junho e agosto. Os demais parâmetros não apresentaram variações expressivas neste mesmo período.

**Tabela 3.** Dados climáticos medidos por meio de uma Estação agrometeorológica instalada na área experimental.

Período	T.Max °C	T.min °C	UR(%)	U2(m.s-1)	Rs(Mj.m <sup>2</sup> .dia-1)	Precipitação(mm)
16-30 de Abr	31,34	19,33	80,27	0,89	14,75	52,83
01-15 de Mai	32,62	17,45	70,61	0,88	17,37	10,92
16-31 de Mai	31,05	17,56	76,07	0,91	15,17	52,32
01-15 de Jun	31,58	16,85	71,72	1,09	17,38	0,00
16-30 de Jun	30,29	15,91	74,23	1,04	15,39	28,96
01-15 de Jul	28,47	14,55	76,24	0,87	15,50	33,53
16-31 de Jul	27,81	16,10	78,39	1,15	15,14	21,59
01-15 de Ago	31,42	14,85	69,43	1,25	16,28	0,76
16-31 de Ago	32,16	18,60	70,21	1,82	13,65	8,64
01-15 de Set	28,43	18,53	80,52	1,41	10,84	13,72
16-30 de Set	27,49	17,13	81,99	1,21	11,21	81,03
01-15 de Out	33,53	20,00	75,71	1,62	12,35	16,26
16-31 de Out	33,13	21,15	78,31	1,18	13,31	57,15
01-15 de Nov	30,29	18,94	82,11	0,85	13,37	75,95

Tmax – Temperatura máxima, Tmin – Temperatura mínima, UR – Umidade relativa do ar, U2 – Velocidade dos ventos e Rs – Radiação solar.

Para o estádio I foram avaliados os modelos, linear, quadráticos, cúbicos e exponenciais, sendo que somente os modelos linear e exponencial apresentaram coeficientes significativos a 5% de probabilidade por meio da analise de regressão dos parâmetros. Entre os dois, o modelo

exponencial foi selecionado por apresentar maior R<sup>2</sup>, conforme análise apresentada na (Tabela 4). Nas (Tabelas 4, 5 e 6), a nomenclatura GDA, GDA2 e GDA3 se refere aos graus-dia acumulados em função do modelo utilizado dentro de cada estádio de crescimento.

**Tabela 4.** Critérios para escolha do modelo de ajuste do IAF e biomassa acumulada em função de GDA, para o estádio I.

Modelos	Significância dos coeficientes do modelo para IAF				Significância dos coeficientes do modelo para WS			
	GDA	GDA2	GDA3	R <sup>2</sup> - %	GDA	GDA2	GDA3	R <sup>2</sup> - %
Linear	0,000**	-	-	75,1	0,0000**	-	-	69,3
Quadrático	0,153ns	0,0001**	-	85,7	0,0056**	0,00	-	87,7
Cúbico	0,380ns	0,4700ns	0,21ns	86,0	0,1900ns	0,12ns	0,013*	89,9
Exponencial	0,000**	-	-	96,2	0,000	-	-	97,2

\*\* Significativo a 1%, \* significativo a 5%; ns – não significativo.

**Tabela 5.** Critérios para escolha do modelo de ajuste do IAF e biomassa acumulada em função de GDA, para o estádio II.

Modelos	Significância dos coeficientes do modelo para IAF				Significância dos coeficientes do modelo para WS			
	GDA	GDA2	GDA3	R <sup>2</sup> - %	GDA	GDA2	GDA3	R <sup>2</sup> - %
Linear	0,000**	-	-	91,5	0,000**	-	-	94,2
Quadrático	0,46ns	0,013*	-	92,6	0,487ns	0,0008**	-	95,6
Cúbico	0,23ns	0,27ns	0,22ns	92,8	0,061ns	0,096ns	0,059ns	95,9

\*\* Significativo a 1%, \* significativo a 5%; ns – não significativo.

**Tabela 6.** Critérios para escolha dos modelos de ajuste do IAF e biomassa acumulada em função de GDA, para o estádio III.

Modelos	Significância dos coeficientes do modelo para IAF				Significância dos coeficientes do modelo para WS			
	GDA	GDA2	GDA3	R <sup>2</sup> - %	GDA	GDA2	GDA3	R <sup>2</sup> - %
Linear	0,0007**	-	-	74,4	0,0012**	-	-	70,2
Quadrático	0,3300ns	0,27ns	-	75,8	0,054ns	0,07ns	-	78,8
Cúbico	0,4800ns	0,48ns	0,47ns	75,8	-	-	-	-

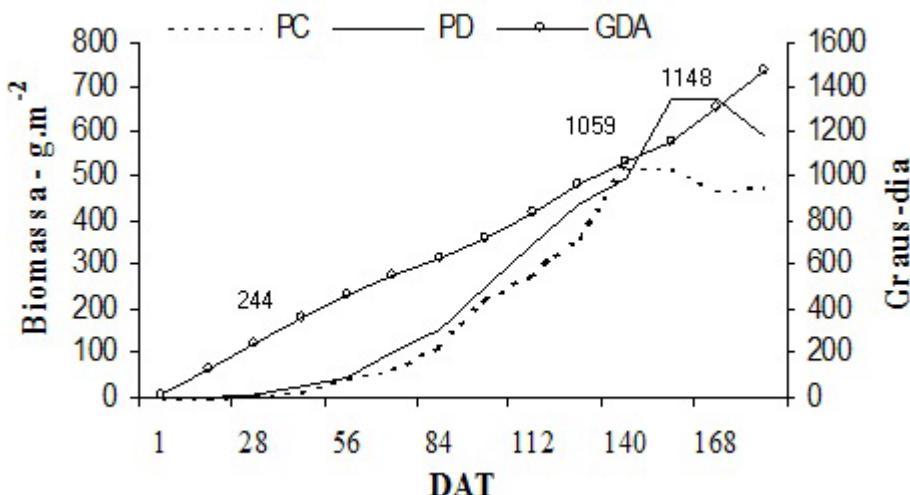
\*\* Significativo a 1%, \* significativo a 5%; ns – não significativo.

Para os estádios II e III foram testados os modelos, linear, quadrático e cúbico, dos quais somente o modelo linear, apresentou coeficientes significativos a 1% de probabilidade (Tabelas 5 e 6, respectivamente). Manfron et al. (2003) modelando a cultura do milho encontrou uma função quadrática para estimar o IAF durante todo o ciclo da cultura.

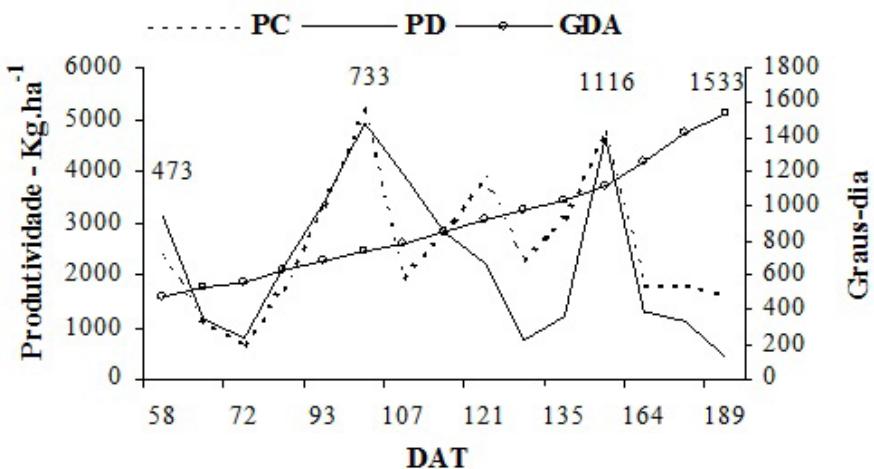
As (Figuras 2 e 3) relacionam graus-dia acumulados (GDA) com biomassa acumulada e ciclos de produção da cultura do pimentão nos dois sistemas de plantio. Foram necessários 1059 e 1148 GDA, para a cultura atingir o máximo de biomassa acumulada, no sistema de plantio convencional e direto, respectivamente. Aos 28 dias após o transplantio (DAT) iniciou-se a floração nos dois

sistemas de cultivo, sendo necessários 244 GDA até esta fase da cultura. Nos dois sistemas de plantio, foram caracterizados três ciclos de produção, sendo necessários 433 GDA até o primeiro pico que

ocorreu aos 58 DAT e para o segundo e terceiro picos ocorridos aos 100 e 149 DAT, foram necessários respectivamente, 733 e 1116 GDA (Figura 3).



**Figura 2.** Graus-dia (GDA) e biomassa acumulada pela cultura do pimentão em função de dias após o transplante (DAT).



**Figura 3.** Graus-dia e colheitas de pimentão em função de dias após o transplante (DAT) em sistema de plantio convencional (PC) e direto (PD).

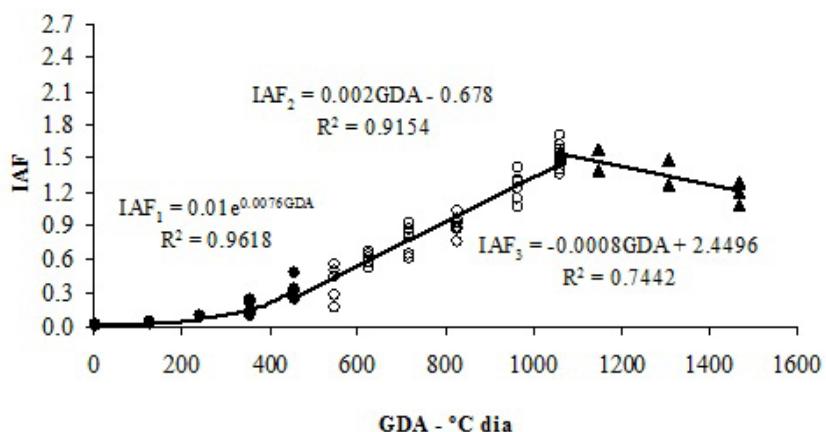
Segundo Kunz et al. (2007) a temperatura é um fator responsável pela precocidade na produção. Leite Junior (2001) obteve a primeira colheita mais tardia (67 DAT) em condições de campo quando comparado a Araújo (2005) na mesma área de cultivo, mas mesmas

condições de manejo e mesma cultivar, mas em outro ano agrícola que teve a antecipação de 10 dias na primeira colheita. São esses fatos que permitem buscar alternativas menos variáveis para fins de planejamento e até adoção de calendários agrícolas.

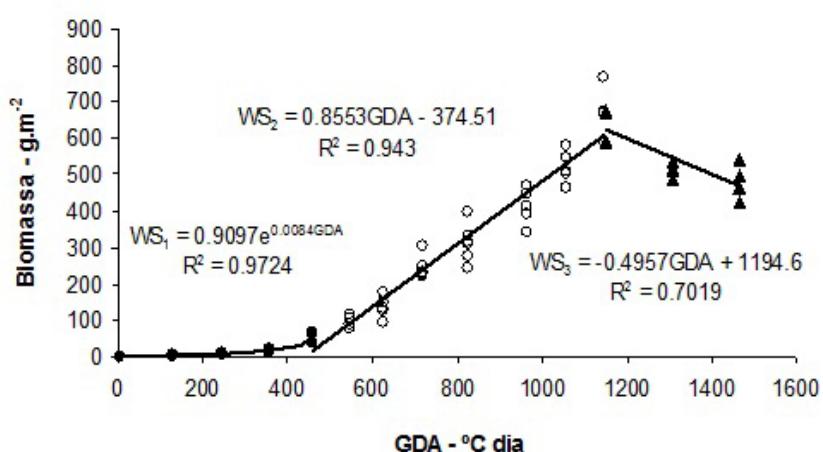
A análise de produtividade por colheita e total obtidos pelos dois sistemas, permitiu constatar que não houve diferenças significativas entre os sistemas de plantio. Os valores de IAF e biomassa acumulada pelas plantas também não foram significativamente diferentes entre os sistemas.

O comportamento do índice de área foliar e da biomassa seca (WS) do pimentão, ajustados pelos modelos, encontram-se representados nas (Figuras 4 e 5), respectivamente, em função dos graus-dias (GDA) para diferentes fases de desenvolvimento da cultura. É possível verificar que na fase inicial de estabelecimento

da cultura (estádio I) houve um crescimento exponencial do IAF1 (representa o índice de área foliar no estádio I) (Figura 4) e da biomassa no estádio I (WS1) (Figura 5) até os 56 DAT, correspondendo a 459 GDA, sendo obtido um IAF médio máximo de 0,31 e uma biomassa total acumulada média de 43 g.m<sup>-2</sup>. Em seguida, ocorreu um crescimento linear e positivo (estádio II) até 1148 GDA, num intervalo de tempo de 154 DAT, quando foi atingido o índice de área foliar no estádio II (IAF2) máximo médio de 1,6 e a biomassa máxima média (WS2) de 607,4 g.m<sup>-2</sup>.



**Figura 4.** Modelos ajustados para descrever o índice de área foliar para cada estádio (IAF1, IAF2 e IAF3) da cultura do pimentão em função de graus-dias acumulados.



**Figura 5.** Modelos ajustados para descrever biomassa acumulada pela planta em cada estádio (WS1, WS2 e WS3) em função de graus-dias acumulados

Segundo Müller et al. (2005) pequenas superestimativas no índice de área foliar podem advir do fato do modelo não considerar a gradual redução da velocidade de aumento do índice de área foliar quando as plantas se aproximam do florescimento, principalmente se as coletas possuem intervalos longos.

Apartir dos 154 DAT (1148 GDA) iniciou-se uma variação linear negativa, ocorrendo um decréscimo no índice de área foliar no estádio III (IAF3) (Figura 4) e na biomassa acumulada (WS3) no mesmo estádio (Figura 5) em virtude da senescência foliar, secamento de ramos e principalmente redução da frutificação, o que foi medido até os 182 DAT, correspondendo a 1466 GDA, a partir do qual a produção não atendeu mais as exigências de mercado. Nesta fase, o IAF médio foi de 1,2 e a biomassa acumulada foi de 467,9 g.m<sup>-2</sup>. Müller et al. (2005) trabalhando com a cultura do milho observou o mesmo tipo de comportamento ao longo do desenvolvimento da cultura para o IAF, sendo necessário em média 1740 GDA da instalação até o início da senescência. Araújo (2005) trabalhando com a cultura do pimentão também observou o mesmo comportamento do índice de área foliar com um início lento até os 30 DAT, seguido de um aumento até os 60 DAT com um IAF máximo de 2,07 e um acúmulo térmico de 1330 GDA, a partir daí ocorreu um decréscimo ao longo do ciclo até a senescência.

Durante o estádio III, as parcelas apresentavam plantas em processo de senescência adiantado, fazendo com que os estandes apresentassem desuniformidade. Devido à variabilidade dos dados coletados, foi necessário ajustar o modelo para este estádio com as médias dos valores obtidos de IAF e biomassa total acumulada pelas plantas nos sistemas de plantio direto e convencional.

Klar e Jadoski (2002) obtiveram valores de IAF para plantios de pimentão em casa de vegetação variando de 0,04 a 0,53 em função do tempo em dias. Araújo et al. (2009) obteve 2,1 de IAF máximo

em ambiente protegido com a mesma cultura. Esses resultados divergentes estão associados às especificidades de cada variedade, sistema de manejo e condições climáticas.

O aumento da temperatura até uma faixa ideal para a planta comumente abrevia os estádios fenológicos da cultura. Agora, se a temperatura diminui normalmente aumenta o seu ciclo. Com base nesse princípio ficam explicadas diferentes durações do ciclo de uma cultura, em dias, para cultivos em localidades com características térmicas distintas (INFELD; SILVA; ASSIS, 1998).

O conhecimento dos graus-dia acumulados necessários para que a cultura complete suas fases de desenvolvimento e picos de produção, torna possível prever a duração de suas fases fenológicas, possibilitando planejar o plantio para que a colheita ocorra na ocasião de maior retorno econômico. Entretanto, este planejamento será viabilizado somente nas regiões onde não haja grandes variações de temperatura de um ano para outro ou ainda entre regiões que apresentem condições climáticas semelhantes.

## Conclusões

As curvas ajustadas do IAF e biomassa e seus respectivos valores máximos confirmam que a metodologia dos graus-dias é viável para determinação dos estádios fenológicos da cultura, independente do sistema de plantio.

Os sistemas de plantio convencional e direto não foram significativamente diferentes entre si, em relação ao índice de área foliar e biomassa da cultura do pimentão.

Foram necessários 1533 GDA para a cultura do pimentão completar o ciclo produtivo, obtendo-se o máximo acúmulo de biomassa aos 1059 e 1148 nos sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente.

## Referências

- ARAÚJO, E. N. de. *Rendimento de pimentão (Capsicum annuum L.) adubado com esterco bovino e biofertilizante*. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- ARAÚJO, J. S.; ANDRADE, A. P. de; RAMALHO, C. I.; AZEVEDO, C. A.V. de. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 2, p. 152-157, 2009.
- BARBANO, M. T.; DUARTE, A. P. BRUNINI, O.; RECO, P. C.; GUIDETTI, M. E. A.; PATERNIANI, Z.; KANTHACK, R. A. D. Temperatura-base e acúmulo térmico no subperiodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 261-268, 2001.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. D. da; FOLEGATTI, M. V.; COSTA, J. R.; CRUZ, F. A. da. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ utilizando lisímetro de pesagem. *Revista Brasileira Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 97-105, 2006.
- CESAR, M. N. Z.; RIBEIRO, R. de L. D.; PAULA, P. D. de; POLIDORO, J. C.; MANERA, T. da C.; GUERRA, J. G. M. Desempenho do pimentão em cultivo orgânico, submetido ao desbaste e consórcio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 25, n. 3, jul./set. p. 322-326, 2007.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. *Efeito da água no rendimento das culturas*. GHEYI, de H. R.; SOUSA A. A. de; MEDEIROS, J. F. de; DAMASCENO, F. A. V. (Trad.). Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 33).
- INFELD, J. A.; SILVA, J. B. da.; ASSIS, F. N. de. Temperatura-base e graus - dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado. *Revista Brasileira Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 187-191, 1998.
- KLAR, A. E.; JADOSKI, S. O. Efeitos da irrigação e da cobertura do solo por polietileno preto sobre as características morfológicas do pimentão. *Irriga*, Botucatu, v. 7, n. 3, p. 154-167, 2002.
- KROPFF, M. J.; MATTEWS, R. B.; VAN LAAR, H. H.; TEN BERGE, H. F. M. The rice model oryzal and its testing. In: MATTEWS, R. B.; KROPFF, M. J.; VAN LAAR, H. H.; BACHELET, D. (Ed.). *Modeling the impact of climate change on rice production in Asia Manila*. Wallingford, International Rica Research Institute, 1995. p. 27-50.
- KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, A. G.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sobre diferentes preparamos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. *Revista Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.
- LEITE, J. G. P. *Redução ou aumento das doses de nitrogênio e potássio aplicadas ao pimentão via fertirrigação à adubação convencional*. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- LOPES, S. J.; NETO, D. D.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, L. P.; BRUM, B.; COUTO, M. R. M. Ajuste de modelos para descrever a fitomassa seca da parte aérea na cultura do milho em função de graus-dia. Santa Maria, *Revista Brasileira Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 73-80, 2005.
- MANFRON, P. A.; BACCHI, O. O. S.; DOURADO NETO, D.; PEREIRA, A. R.; MEDEIROS, S. L. P.; PILAU, F. G. Modelo do índice de área foliar da cultura de milho. Santa Maria, *Revista Brasileira Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 333-342, 2003.
- 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.
- PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. *Análise quantitativa do crescimento de vegetais*. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 33 p. (IAC. Boletim técnico, 114).
- PRELA, A.; RIBEIRO, A. M. A. Determinação de graus-dia acumulados e sua aplicação no planejamento do cultivo de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris L.*) para Londrina-PR. Santa Maria, *Revista Brasileira Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 83-86, 2002.
- RIBEIRO, J. J. I. *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.
- SOUZA, M. J. H.; RAMOS, M. M.; SIQUEIRA, D. L.; COSTA, L. C.; LHAMAS, A. J. M.; MANTOVANI, E. C.; CECON, P. R.; SALOMÃO, L. C. C. Graus-dia e duração do subperíodo antese-colheita da lima ácida 'Tahiti' em condições de sequeiro e irrigada. Santa Maria, *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 35-43, 2005.
- VILLA NOVA, N. A. A.; PEDRO JUNIOR, M. J.; PEREIRA, A. R. *Estimativa de graus dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima*. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1972. 8 p. (Caderno de ciência da terra, n. 30).