



## SOMA TÉRMICA PARA O DESENVOLVIMENTO DOS ESTÁDIOS DO TOMATEIRO

Luiz F. Palaretti<sup>1</sup>, Everardo C. Mantovani<sup>2</sup>, Derly J. H. da Silva<sup>3</sup>, Paulo R. Cecon<sup>4</sup>

### RESUMO

Com o conhecimento da soma térmica, torna-se possível mensurar com maior precisão o ciclo da cultura, permitindo inferências mais refinadas em todo o ciclo produtivo. Assim, buscou-se definir a soma térmica para a cultura do tomateiro ('Sheila') em cada estágio de desenvolvimento, com experimento conduzido no período de junho a novembro de 2003 em Pará de Minas – MG. O plantio foi em canteiros cobertos com filme plástico e a cultura tutorada verticalmente, espaçada 1,0 x 0,8 m com duas hastes/planta, irrigada por gotejamento. O período de colheita foi de 17/09 a 10/11. No cálculo da soma térmica utilizou-se temperatura basal (10 °C) e a temperatura média diária coletada numa estação meteorológica automática. Os valores da soma térmica (° dias) foram de 220; 118; 602 e 609 para os estádios de desenvolvimento inicial, pegamento, desenvolvimento e produção respectivamente, totalizando 1548 graus dias.

**UNITERMOS:** *Lycopersicon esculentum* var. Sheila, temperatura, graus dias.

### THERMAL TIME IN TOMATOES PLANTS STAGES OF DEVELOPMENT

#### ABSTRACT

With knowledge of the accumulated thermal measure with greater precision the crop cycle, allowing more refined inferences throughout the production cycle. This way, we searched for details of the thermal time for the tomato crop (var. Sheila) at each stage of development, an experiment was carried out in Pará de Minas-MG, from June to November, 2003. The planting was in beds covered with plastic film and culture tutored vertically, spaced 1,0 X 0.8 m with two stems per plant, irrigated by drip. The tomatoes were harvested from 17/09 to 10/11. In the calculation of the thermal time was used basal temperature (10 °C) and average daily temperature collected in automatic weather station. The values of thermal time (° days) were 220, 118, 602 and 609 for the initial stages of development, fruit setting, development and production respectively, the total was 1548 degree days.

**KEYWORDS:** *Lycopersicon esculentum* var. Sheila, temperature, degrees days

1

<sup>1</sup>Prof. Dr. Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, SP, CEP 14.783-226, Barretos, SP. Fone: (17) 92007955. Email: [lfpala@yahoo.com.br](mailto:lfpala@yahoo.com.br);

<sup>2</sup>Prof. Titular do Depto. Eng. Agrícola/UFV, Área de Irrigação e Drenagem, Av. PH Rolfs s/n, 36571-000, Viçosa – MG. Fone (31) 38991913. email: [everardo@ufv.br](mailto:everardo@ufv.br);

<sup>3</sup>Prof. Titular do Depto. Fitotecnia/UFV, Área de Horticultura, Av. PH Rolfs s/n, 36571-000, Viçosa – MG. Fone (31) 38991250. email: [derly@ufv.br](mailto:derly@ufv.br);

<sup>4</sup>Prof. Titular do Depto de Informática/UFV, Área de Estatística, Av. PH Rolfs s/n, 36571-000, Viçosa – MG. Fone (31) 38991781. email: [cecon@ufv.br](mailto:cecon@ufv.br);<sup>1</sup>

## SOMA TÉRMICA PARA O DESENVOLVIMENTO DOS ESTÁDIOS DO TOMATEIRO

### INTRODUÇÃO

O tomateiro é planta herbácea, cultivada em todo o mundo. Os cultivares comerciais mais produtivos alcançam 140 t ha<sup>-1</sup> num ciclo de 120 a 180 dias. É sensível quanto à duração do dia, exigindo temperaturas médias diárias de 18° a 25° C e noturnas de 10° a 20° C, para seu ótimo desenvolvimento (Doorenbos, J. & Kassan, A. H., 1979). A elevação da temperatura promove a aceleração no crescimento das plantas, florescimento e amadurecimento do fruto, favorecendo a precocidade da produção. Por outro lado, temperaturas acima dos 35° C (dia) e 25° C (noite) podem acarretar o abortamento de flores reduzindo o número de frutos por cacho (Lopes & Stripari, 1998).

O tempo térmico é uma medida de tempo fisiológico estudada para fins de modelagem constituída por unidades térmicas e resume-se na estimativa da energia disponível para planta, em cada dia (Ometto, 1981). Ademais, ele tem sido muito utilizado no conceito de filocrono, onde é relacionado seu acúmulo com a emissão de folhas sucessivas da planta (°C dia folha<sup>-1</sup>) (Hermes et al., 2001; Xue et al., 2004), servindo de subsídio para modelagens de crescimento e rendimento agrícola (Weir et al., 1984; Ritchie, 1991; Streck et al., 2003).

É um importante fator de ajuste da estimativa do ciclo da cultura em diversas épocas e regiões de plantio, que pode ser determinado a partir da temperatura basal do tomateiro (≈10° C), do levantamento diário da temperatura média e do tempo necessário para a mudança de estágio de desenvolvimento (Infeld et al., 1998). Sua utilização em olerícolas é de fundamental importância para minimizar os erros associados à variabilidade na duração dos

estádios de desenvolvimento. Os métodos baseados na soma de graus-dia foram desenvolvidos para superar a inadequação do calendário diário na previsão de eventos fenológicos, na identificação de melhores épocas de semeadura, no escalonamento da produção e na programação do melhoramento genético (Warrington & Kanemasu, 1983).

A técnica de estimar a duração de um subperíodo ou ciclo das plantas, mediante o uso da soma térmica tem sido intensificada em muitas culturas (Infeld et al., 1998), sendo encontrada na literatura diversas inferências sobre o desenvolvimento e aprimoramento da técnica nos Estados Unidos (Arnold, 1959; Mills, 1964 & Stansel, 1975), na Austrália (Owen, 1971), na China (Gao et. al., 1992) e no Brasil (Berlato et. al., 1978). Diversas metodologias de cálculo são apresentadas (Gilmore & Rogers, 1958, Streck et al., 2005a), sempre levando-se em consideração as temperaturas cardeais (basal inferior, ótima e basal superior), respectivamente.

Embora seja alvo de críticas, por assumir uma relação linear entre crescimento ou desenvolvimento vegetal e temperatura, o que não é realístico do ponto de vista biológico, uma vez que estes são não lineares (Bonhomme, 2000), a utilização da soma térmica é aceita devido a sua simplicidade em expressar o tempo biológico das plantas, e permitir a conclusão que outras variáveis além desta podem estar afetando o ciclo da cultura (Prela & Ribeiro, 2000).

Dessa forma, neste trabalho objetivou-se conhecer a soma térmica acumulada (STa) da cultura do tomateiro nos seus estádios de desenvolvimento, relacionando-o com mudanças fenológicas da planta.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de junho a novembro de 2003 na área de pesquisa da empresa Agrotech, em Pará de

Minas – MG, numa área de 2500 m<sup>2</sup>. O cultivo em fileiras duplas do tomateiro (*var.* Sheila) foi feito encanteirado (47 x 1,0 m) sob *mulching*. O tutoramento de plantas vertical obedeceu ao espaçamento de 0,80 m

## SOMA TÉRMICA PARA O DESENVOLVIMENTO DOS ESTÁDIOS DO TOMATEIRO

entre plantas, com duas hastes por planta, e 1,0 m entre linhas, sendo toda a área circundada por canteiros em bordadura.

As mudas foram formadas em bandejas em 09/06 de 2003 e transplantadas em 07/07 do mesmo ano em canteiros com características químicas pré-analisadas (Tabela 01). A correção da acidez do solo foi incorporado 18 Kg/canteiro de calcário e “cal virgem” (35% de Mg; 65% de Ca<sup>+2</sup> e PRNT de 135%) para elevação dos teores de Ca para 60%; Mg 15% e K 5%. A adubação

de plantio teve como base a aplicação de 47 Kg/canteiro (equivalente a 10 m<sup>3</sup>/ha) de composto orgânico, 3,0 Kg/canteiro da formulação NPK (4:30:16); 3,0 Kg/canteiro do fertilizante Iorin e 2,2 Kg/canteiro de KCl, como fonte química, segundo a 5<sup>a</sup> aproximação para recomendação de uso de fertilizantes para o estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al.,1999).

A adubação de manutenção foi feita via fertirrigação de forma gradativa após a segunda semana de transplante utilizando-se um injetor venturi.

**Tabela 01** - Resultado da análise química do solo da área de cultivo nas profundidades 0 – 20 e 20 – 40 cm.

Camadas	pH	P	K	Cu	Zn	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC (T)	V	MO
Cm	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>					%	dag/kg	
0-20	4,65	4,40	10,00	0,92	1,19	1,16	0,37	1,10	1,56	15,06	10,40	3,63
20-40	4,71	0,70	6,00	0,71	0,50	0,31	0,17	1,50	0,50	10,90	4,60	2,55

Toda a área foi irrigada por gotejamento, com adubações realizadas manualmente e via água de irrigação (diariamente), de acordo com os resultados de análises de solo e da curva de absorção de nutrientes da planta, e manejo integrado de pragas via rodízio de princípios ativos.

Realizou-se o manejo diário da irrigação via balanço hídrico com o *software* IRRIGA<sup>®</sup> e uma estação meteorológica

instalada no local. A partir dessa estação foram coletados os dados de temperaturas máxima, mínima e média utilizados nos cálculos dos graus-dias (GD) que acumulados, em função dos estádios de desenvolvimento da cultura, refletem a soma térmica acumulada (STa, °C.dia). As metodologias utilizadas no cálculo foram propostas por Arnold (1959) e Ometto (1981), sendo:

$$GD = (T_{med} - T_b)$$

$$\Rightarrow \text{se } T_{med} < T_b \text{ então } T_{med} = T_b$$

(1)

$$GD = \frac{(T_M - T_m)}{2} + (T_m - T_b)$$

$$\Rightarrow \text{quando } T_m > T_b \text{ e } T_M < T_B \quad (2)$$

em que:

T<sub>b</sub>, T<sub>B</sub>: temperaturas basais, inferior (10°C) e superior (34°C) (Silva et al., 200T<sub>med</sub>, T<sub>m</sub> e

$$GD = \frac{(T_M - T_b)^2}{2(T_M - T_m)}$$

$$\Rightarrow \text{quando } T_m < T_b \text{ e } T_M < T_B \quad (3)$$

$$GD = \frac{2(T_M - T_m)(T_m - T_b) + (T_M - T_m)^2 - (T_M - T_B)^2}{2(T_M - T_m)}$$

$$\Rightarrow \text{quando } T_m > T_b \text{ e } T_M > T_B \quad (4)$$

T<sub>M</sub>: temperaturas média, mínima e máxima diária do ar (°C)

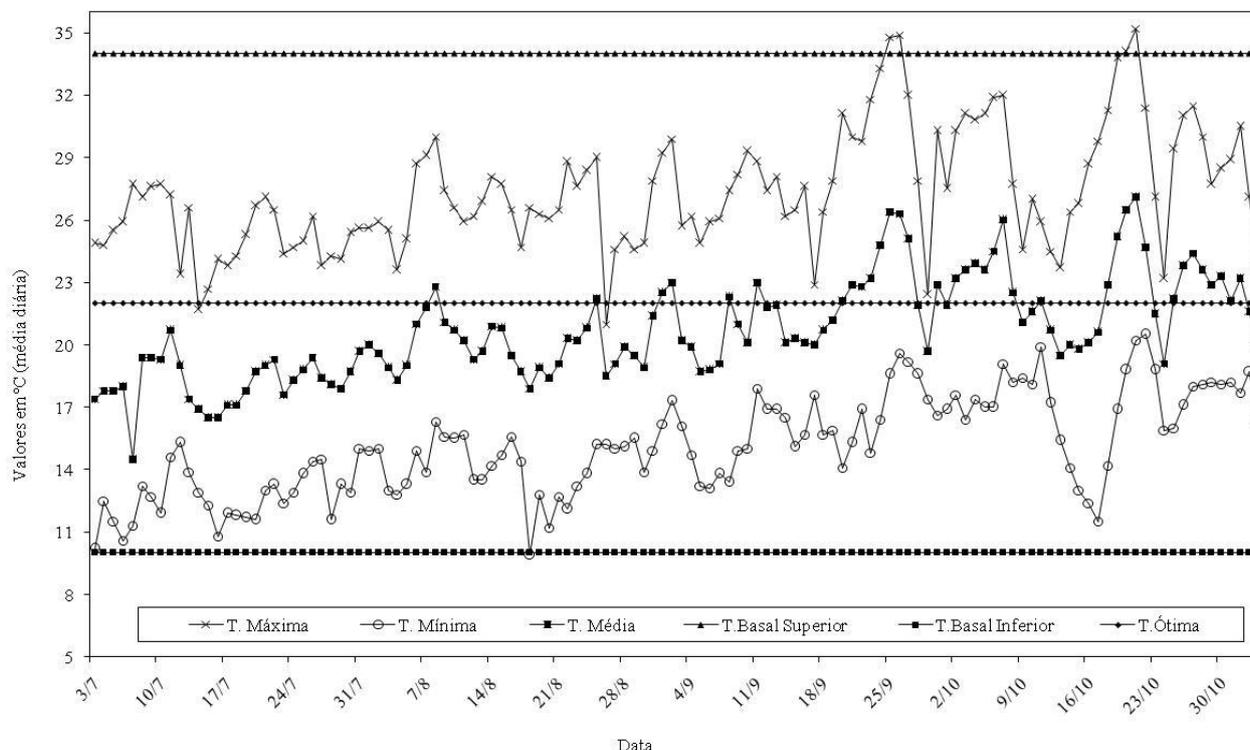
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante todo período experimental a temperatura média do ar foi de 21,22°C com

## SOMA TÉRMICA PARA O DESENVOLVIMENTO DOS ESTÁDIOS DO TOMATEIRO

valores absolutos de 35,20°C e 9,9°C de temperatura máxima e mínima, respectivamente (Figura 01). A ocorrência desse pico de máxima foi isoladamente em um dia do mês de outubro, coincidente com o período de colheita, portanto não surtindo

efeito sobre a produção da cultura. Assim sendo observou-se que durante toda experimentação a temperatura média ficou dentro dos intervalos extremos de temperatura basal inferior e superior citados por (Silva et al., 2000).



**Figura 01** - Comportamento da temperatura ao longo do ciclo da cultura do tomate, após transplantio, cultivado em Pará de Minas – MG, 2003.

O número de dias do ciclo de desenvolvimento das duas culturas foi de 148 dias (calendário civil), compreendidos de 09/06/2003 a 03/11/2003, descrito na literatura como plantio de inverno e no intervalo previsto para a cultura que varia de 120 a 180 dias. Na Tabela 02 consta o resumo do número de dias civis e das exigências térmicas para os distintos períodos de desenvolvimento da cultura do tomateiro. Salienta-se que foram listadas nessa somente dois métodos (M1 e M2), uma vez que as condições para os demais (M3 e M4) não foram observadas durante o período de coleta das temperaturas diárias.

Observou-se que ao se utilizarem duas metodologias aplicadas ao cálculo foram observados os mesmos valores de soma térmica acumulada, fato esperado uma vez que a temperatura média do período ficou dentro dos limites impostos pela metodologia proposta por Arnold (1960). A pequena diferença observada deve-se a ocorrência exclusiva de um pico de temperatura máxima ocorrida no mês de outubro, conforme relatado anteriormente. Recomenda-se na literatura o uso do método proposto por Ometto (1981), principalmente em situações onde se observe maior amplitude térmica, uma vez que esse método propicia menor variabilidade de valores em relação ao método 01 (Prella, et al., 2002).

## SOMA TÉRMICA PARA O DESENVOLVIMENTO DOS ESTÁDIOS DO TOMATEIRO

**Tabela 02** – Duração de dias civis dos estádios fenológicos do tomateiro e suas respectivas somas térmicas acumuladas pelos dois métodos de cálculo utilizados, Pará de Minas - MG.

Fase	Estádios	Descrição	Dias	M1	M2
F1	Inicial	Semeadura até transplântio	24	220	220
F2	Pegamento	Final F1 até final de F2	15	125,30	125,30
F3	Desenvolvimento	Final de F2 até Início de F4	61	629	629
F4	Produção	Final de F3 até final do ciclo	48	628,95	628,86
Total			148	1603,25	1603,16

M1: Arnold (1960); M2: Ometto (1981)

Avaliando o desvio padrão dos valores de dias em relação à soma térmica observou-se que a variação foi de 21 dias contra 15 dias, proporcionalmente, evidenciou a soma térmica como medida mais precisa para a previsão de plantios e colheitas de tomateiro. Por outro lado, o coeficiente de variação (CV), usado como avaliador da variabilidade da amostra (duração de dias/ °C.dia) dos diversos estádios de desenvolvimento (Jefferies & Mackerron, 1987), resultou em maiores valores para o uso da STa (66,4%), frente ao uso dos dias do calendário civil (57,4%), ao contrário do esperado, uma vez que o uso do tempo térmico tende a maior precisão da interação da planta com o ambiente (Jefferies & Mackerron, 1987). Resultado semelhante ao relatado por Paula et al., (2005) trabalhando com batata, que definiu essa variabilidade em decorrência de temperaturas constantes, ou seja, dentro da faixa de desenvolvimento ótimo da cultura, durante o ciclo da mesma. Uma metodologia que permite corrigir essa distorção é o uso de diferentes temperaturas cardinais, basais superior, inferior e ótima, para cada estágio de desenvolvimento isoladamente (Paula et al., 2005).

Assim, conhecendo-se as necessidades térmicas podem-se variar as épocas de plantio buscando-se uma produção escalonada com colheitas em épocas de menor oferta de produto e conseqüentemente maior procura, embora deva-se atentar para o fato de que insucessos no uso da soma térmica são comuns, uma vez que o processo de resposta da cultura é dinâmico e os distintos estádios de desenvolvimento respondem diferentemente às interações com a temperatura média do ar, mesmo que no montante final os erros sejam diluídos e a

conclusão seja positiva. Propõem-se uma modificação da metodologia de cálculo da STa, considerando uma relação não linear entre o ciclo da cultura e a temperatura média do ar (Paula et al., 2005). O autor relata em conjunto com Major et al. (1975); Sentelhas & Ungaro (1998), insucessos no uso da STa na variação da época de plantio em soja e girassol.

Outro ponto de erro grave no uso da metodologia da STa está na adoção da temperatura basal inferior ( $T_b$ ), que deve ser avaliada, em função do desvio padrão, sempre que possível segundo metodologia proposta por Arnold (1959).

A associação do acúmulo de temperaturas com as lâminas de irrigação aplicadas nos diferentes tratamentos, resultou em variação da produção de 196,80 t.ha<sup>-1</sup> à 281,70 t.ha<sup>-1</sup> para as lâminas de 70% e 115% da evapotranspiração da cultura (uso consultivo). Este dado nos permite verificar que para uma mesma STa na cultura do tomateiro, um acréscimo na lâmina de irrigação pode aumentar em 43% a produção para a variedade Sheila cultivada no referido período em função do comportamento climático apresentado, demonstrando a estreita relação entre a água, planta e ambiente.

Devido aos poucos dados relativos ao número de graus dias para a cultura do tomateiro, faz-se necessária a implementação de mais experimentos para aprimorar essa determinação.

## CONCLUSÃO

A duração total do ciclo do tomateiro (*var.* Sheila), da semeadura à colheita foi de 127 dias e sua exigência térmica é da ordem de

## SOMA TÉRMICA PARA O DESENVOLVIMENTO DOS ESTÁDIOS DO TOMATEIRO

1.603,25 graus dias acumulados, considerando

a temperatura basal inferior de 10 °C.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos e pelo apoio financeiro; As empresas Agroshop,

Agrotech, Sakata Seed Sudamerica, Kemira GrowHow Brasil, Ihara Brás e Petroisa, pelos insumos cedidos, pelo apoio técnico.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, C.Y. 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneca, v. 74, p. 430-445.

JEFFERIES, R.A.; MACKERRON, D.K.L. Thermal time as a non-destructive method of estimating tuber initiation in potatoes. **Journal of Agricultural Science**, v.108, p.249-252, 1987.

BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V.R. 1978. Relação entre temperatura e desenvolvimento do milho. **In: Reunião Técnica Anual do Milho, 23; Reunião Técnica Anual do Sorgo, 7; Porto Alegre. Resumos: IPAGRO, V.19, 1978.**

LOPES, M.C. & STRIPARI, P.C.. 1998. A cultura do tomateiro. In: GOTO, R. & TIVELLI, S.W.. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo : Fundação Editora da UNESP, p15-30.

BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree.day' units. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.13, n.1, p.1-10, 2000.

MAJOR, D.J. et al. Evaluation of eleven thermal unit methods for predicting soybean development. **Crop Science**, Madison, v.15, p.172-174, 1975.

DOORENBOS, J. e KASSAN, A. H. 1979. Yield response to water. Rome: FAO. 193p. (**FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33**).

MILLS, W.T. 1964. Heat unit system for predicting optimum peanut harvesting time. **Trans. ASAE. Michigam**, n. 7, p. 307-309.

GAO, L.; JIN, Z.; HUANG, Y., et al., 1992. Rice clock model – a computer model to simulate rice development. **Agricultural and forest Meteorology**. Amsterdam, v. 60, n. 1-2, p. 1-16.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal.**, São Paulo: ed. Agronômica Ceres, 440p., 1981.

GILMORE, E.C. Jr.; ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, v.50, n.10, p.611-615, 1958.

OWEN, P.C. 1971. The effects of temperature on the growth and development of rice. **Field crop abstracts**. Canberra, v. 24, n. 1, p. 1-8.

HERMES, C.C. et al. Emissão de folhas de alface em função da soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.2, p.269-275, 2001.

PAULA, F.L.M. et al. Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, v.35, n.5, p.1034-1042, 2005.

INFELD, J.A.; SILVA, J.B.; ASSIS, F.N. 1998. Temperatura-base e graus-dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria**, V. 6, n. 2, p. 187-191.

PRELLA, A.; RIBEIRO, A.Ma.A. 2000. Soma de graus-dia para o sub-período semeadura-maturação do amendoimzeiro. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 321-324.

PRELLA, A., RIBEIRO, A. M. A. 2002. Determinação de graus-dia acumulados e sua aplicação no planejamento do cultivo de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) para Londrina-PR. **Revista Brasileira de**

**SOMA TÉRMICA PARA O DESENVOLVIMENTO DOS ESTÁDIOS DO TOMATEIRO**

**Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 83-86.

RITCHIE, J.T. Wheat phasic development. In: HANKS, R.J.; RITCHIE, J.T. Modeling plant and soil systems. Madison: **ASA, CSSA, and SSSA**, 1991. Cap.3, p.31-54.

SENTELHAS, P.C.; UNGARO, M.R.G. Índices bioclimáticos para a cultura de girassol. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.1. p.1-10, 1998.

SILVA, J.B.C. et al. Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.

STRECK, N.A. et al. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, v.92, p.181-190, 2003.

STRECK, N.A. et al. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.)

cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1275-1280, 2005a.

WARINGTON,I.J.; KANEMASU,E.T. Corn growth response to temperature and photoperiod, 1, seedling emergence, tassel initiation and anthesis. **Agronomy Journal**. Madson, n. 75, p. 154-180, 1983.

WEIR, A.H. et al. A winter wheat crop simulation model without water or nutrients limitations. **Journal of Agricultural Science**, v.102, n.2, p.371-382, 1984.

XUE, Q. et al. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, v.175, p. 261-270, 2004.