



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



Comparação de diferentes métodos de cálculo de soma térmica em duas cultivares de milho

Gabriel Miller¹; Marcus Vinícius V. Borges²; Fabrina Bolzan Martins³

¹ Aluno - Instituto de Recursos Naturais – Universidade Federal de Itajubá. gabrielmiller_1@hotmail.com;

² Aluno - Instituto de Recursos Naturais – Universidade Federal de Itajubá. marcusvvalerio@gmail.com;

³Eng. Florestal, Prof. Adjunta, - Instituto de Recursos Naturais – Universidade Federal de Itajubá. fabrinabm@gmail.com.

RESUMO: A temperatura do ar é o principal fator que governa todo o estágio de desenvolvimento da planta e a disponibilidade térmica afeta diretamente sua fenologia, determinando a aceleração ou o atraso no desenvolvimento. O objetivo deste trabalho foi avaliar três métodos de cálculo de soma térmica, através do filocrono, em duas cultivares de milho (*Zea mays* L.), desde a emergência (V0) à 12ª folha completamente expandida (V12). O experimento foi conduzido sob o delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (cultivares *Santa Helena 4070* (SH) – utilizada para silagem e *Al Bandeirante* (Al) – utilizada para consumo humano), instalado no mês de outubro de 2014 com 10 repetições para cada tratamento. Durante o experimento, foi observado o número de folhas (NF) e a temperatura do ar, as quais foram obtidas a partir da estação meteorológica automática da Universidade Federal de Itajubá. Em cada estágio de desenvolvimento para cada tratamento e repetição, foi determinado o filocrono, através do inverso do coeficiente angular da regressão linear entre NF e soma térmica acumulada. Foram utilizados três métodos de soma térmica, os quais o método 1 penaliza a temperatura média do ar com a temperatura basal inferior, já o método 2 penaliza a temperatura média do ar com a temperatura basal inferior e com a temperatura ótima e por fim, o método 3 penaliza a temperatura média do ar com as três temperaturas cardinais da espécie. Optou-se pela escolha do método de soma térmica, aquele que forneceu menor desvio padrão para o filocrono. O melhor método de soma térmica foi o que utiliza as três temperaturas cardinais (temperatura base inferior, ótima e base superior) de cada cultivar. Houve uma necessidade, de aproximadamente, 44°C dia folha⁻¹ para a cultivar SH e de 42°C dia folha⁻¹ para a cultivar Al, indicando menor acúmulo térmico desta cultivar.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Variância; Filocrono; Necessidade Térmica; *Zea mays* L.

Comparison between methods of thermal time in two maize cultivars

ABSTRACT: The air temperature is the main factor in development of plants. The aim of this study was to evaluate three methods of thermal time, by phyllochron, in two maize cultivars (*Zea Mays* L.), since the emergence (V0) to 12th leaf fully expanded (V12). The experiment was conducted under the completely randomized design with two treatments (cultivars *Santa Helena 4070* (SH) - used for silage, and *Al Bandeirante* (Al) - used for human consumption), installed in October 2014 with 10 repetitions for each treatment. During the experiment, have been observed the number of leaves (NL) and air temperature, which were obtained from automatic weather station from Federal University of Itajubá. In each stage of development for each treatment and repetition, was determined the phyllochron, through the inverse of the slope of the regression between NL against the accumulated thermal time. Were used three methods of thermal time, where the method 1 penalizes the average air temperature with the lower basal temperature, the method 2 penalizes the average air temperature with the lower basal temperature and with the optimum temperature and lastly, the method 3 penalizes the average air temperature with the three cardinals temperatures of the specie. It was chosen the thermal time method, which provided lower standard deviation for phyllochron. The best thermal time method was that which used the three

cardinal temperatures (lower base temperature, optimum and upper base) from each cultivar. There was a need, of approximately, 44°C dayleaf⁻¹ for the SH cultivar and 42°C day leaf⁻¹ for the AI cultivar, indicating less accumulated thermal time of this cultivar.

KEY WORDS: Variance Analysis; Phyllochron; Thermal Need; *Zea mays* L.

1. INTRODUÇÃO

A temperatura do ar é o principal fator que governa todo o estágio de desenvolvimento da planta e a disponibilidade térmica afeta diretamente sua fenologia, determinando a aceleração ou o atraso no desenvolvimento, principalmente em plantas de clima tropical, fazendo com que uma quantidade de temperaturas acima de um limiar específico, determinem uma aceleração ou um atraso em todo o desenvolvimento da espécie (WAGNER et al, 2011).

Ao se tratar do milho (*Zea Mays* L.), o número de folhas formados antes da emissão do pendão depende de seu genótipo e é modificado pela temperatura e pelo fotoperíodo (DUNCAN, 1976) podendo ser considerado uma planta fotoneutra (CHANG, 1974), assim, a fenologia do milho é regulada basicamente pelo regime térmico, o que permite o empregar modelos de crescimento baseados no conceito da soma térmica.

O uso do conceito de soma térmica, baseia-se no acúmulo de temperatura do ar acima de determinada temperatura base, sendo abrangente em modelos que descrevem o desenvolvimento fenológico e o crescimento do milho (*Zea Mays* L.) (BERGAMASCHI e MATZENAUER, 2014).

Seu uso é relevante no processo de otimização e redução de riscos climáticos, uma vez que o conhecimento das exigências térmicas de uma cultura contribui para a previsão da duração do ciclo da planta, em função dos fatores ambientais (BARBANO, et al. 2003), assim, diversos autores têm se valido da soma de graus-dia para relacionar o desenvolvimento das plantas com a temperatura do ar. Alguns exemplos de aplicações do conceito de soma térmica em milho são: a predição de períodos críticos, datas da floração e maturação, programação de práticas de manejo importantes e o emprego generalizado na modelagem do desenvolvimento (DAUGHTRY; COCHRAN; HOLLINGER, 1984).

O objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar três métodos de cálculo de soma térmica, através do filocrono, em duas cultivares de milho (*Zea mays* L.), desde a emergência (V0) à 12^a folha completamente expandida (V12), visando determinar o método mais eficiente para a estimativa de soma térmica e também estabelecer a provável duração de suas fases de desenvolvimento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Um experimento foi conduzido sob o delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (cultivares *Santa Helena 4070* (SH) – utilizada para silagem e *Al Bandeirante* (AI) – utilizada para consumo humano), instalado no mês de outubro de 2014 com 10 repetições para cada tratamento. O experimento foi instalado na área experimental da Universidade Federal de Itajubá, MG (22°24'45,88"S; 45°26'49,12"W e altitude de aproximadamente 855m), onde o clima do local, segundo a classificação de Köppen, é Cwa. Cada unidade experimental foi composta por sacos plásticos com capacidade de 4L preenchidos com terra vegetal preparada e húmus, em uma proporção de 3:1 e duas plantas por saco.

Foram utilizados três métodos de cálculo para a soma térmica diária (STd), os quais consideram diferentes temperaturas cardinais:

- Método 1: Quando $\bar{T}_m < T_b$, considera-se $\bar{T}_m = T_b$, e a STd é dada por: $STd = \frac{TM + T_m}{2} - T_b$ (1)

•Método 2: Quando $\bar{T}_m < T_b$, considera-se $\bar{T}_m = T_b$ e quando $\bar{T}_m < T_{ot}$, considera-se $\bar{T}_m = T_{ot}$ e a STd é dada por: $STd = \frac{TM + T_m}{2} - T_b$ (2)

•Método 3: Quando $T_b < \bar{T}_m \leq T_{ot}$, mas se: $\bar{T}_m < T_b$ então: $\bar{T}_m < T_b$, e a STd é dada por: $STd = \frac{TM + T_m}{2} - T_b$ (3)

Porém quando $T_{ot} < \bar{T}_m \leq TB$ mas se: $\bar{T}_m > TB$, então: $\bar{T}_m = TB$, a STd é dada por: $STd = (T_{ot} - T_b) \left(\frac{TB - \bar{T}_m}{TB - T_{ot}} \right)$ (4)

Em que: $\bar{T}_m = \frac{TM + T_m}{2}$; TM: Temperatura máxima do ar, °C; Tm: Temperatura mínima do ar, °C; T_b: Temperatura basal inferior da cultivar (10°C para ambas as cultivares); TB: Temperatura basal superior (32°C para ambas as cultivares); Tot: Temperatura ótima (26°C para ambas as cultivares) (ROMANO, 2005).

A soma térmica acumulada (STac), foi computada diariamente pela soma da STd, para cada repetição desde a emergência até o estágio V12, onde 50% das plantas apresentavam 12 folhas completamente expandidas (FANCELLI e DOURADO NETO, 1997).

Durante o experimento, foi observado o número de folhas emitidas (NF) e a temperatura do ar obtida a partir da estação meteorológica automática da Universidade Federal de Itajubá. Em cada estágio de desenvolvimento para cada tratamento e repetição, foi determinado o filocrono, através do inverso do coeficiente angular da regressão linear entre NF e soma térmica acumulada.

Para a determinação do melhor método de soma térmica acumulada, foram calculadas as somas térmicas diárias dentro dos 52 dias de duração do experimento e foi possível determinar o melhor método baseado no menor valor de desvio padrão (ROSA; WALTER; STRECK; ALBERTO, 2009).

A comparação entre as cultivares exigiu que fossem calculadas as somas térmicas acumuladas necessárias em cada filocrono compreendido pelos estágios desde V0a v12. Assim, foi possível obter a soma térmica acumulada total dos estágios de desenvolvimento para cada um das 20 repetições. Por fim, os dados de soma térmica acumuladas foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas máximas e mínimas do ar oscilaram durante a época de instalação do experimento. O menor valor absoluto de temperatura do ar foi de 10,5°C, enquanto o maior valor absoluto de temperatura do ar foi de 35,8°C. As diferenças de condições de temperatura do ar afetaram a velocidade de emissão de folhas na haste principal, o que é considerado um importante fator quando se estuda o crescimento e o desenvolvimento vegetal (ROSA et al., 2009). Além disso, houve diferenças entre os valores das estatísticas descritivas para os três métodos de cálculo de soma térmica, fato intrínseco as diferenças nas penalizações (Tabela 1).

Tabela 1 – Média e desvio padrão para cada método de cálculo da soma térmica diária considerando o ciclo compreendido no estudo desde V0 à V12.

	Método 1	Método 2	Método 3
Media	12,65°C dia	12,65 °C dia	12,59°C dia
Desvio Padrão	2,68	2,56	2,37

Apesar dos valores de desvio padrão não divergirem entre os métodos, o método três se destaca por apresentar o menor valor para esta estatística, sendo, portanto, considerado o melhor método de STac para as duas cultivares de milho.

De posse do melhor método de STac, obteve-se os valores de filocrono para cada cultivar de milho. Através da análise de variância ANOVA (Tabela2), detectou-se que houve diferença entre os valores de soma térmica acumulada em ambas cultivares. A cultivar Al Bandeirante apresentou, em média, um valor de Soma Térmica Acumulada de 596,2°C, durante os 52 dias de experimento no campo. Esse valor foi diferente do que o observado para a cultivar Santa Helena 4070, a qual apresentou, em média, um valor de Soma Térmica Acumulada de 641,45°C, durante os 52 dias de condução do experimento.

Deste modo, a partir do momento em que ambas as cultivares se comportam comprovadamente de maneiras distintas, foi possível inferir que existe um indicativo de que a cultivar Al necessita de menor acúmulo térmico em relação a cultivar SH sob mesmas condições hídricas, ambientais e meteorológicas.

Tabela 2 – Análise de variância para a Soma Térmica Acumulada (STac) entre as cultivares de milho Santa Helena 4070 e Al Bandeirante. Itajubá, MG, 2014.

FV	QM	Fc	CV (%)	Média geral:
CULTIVARES	4398.578	16,114*	2,69	614,355
erro	272.9734			

FV = Fonte de variação da ANOVA baseado em um delineamento inteiramente casualizado; QM = Quadrado médio do erro;

Fc = Valor do teste F calculado; CV (%) = Coeficiente de variação em porcentagem, dado pela fórmula $CV (%) = \frac{s}{M} \times 100$

, onde s = desvio padrão e M = Média; Média geral = Média das somas térmicas acumuladas das 20 repetições.* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

Knies et al (2008) encontrou a soma térmica acumulada entre híbridos de milho considerando o subperíodo da semeadura ao pendoamento, com valores de 688,38°C para o híbrido mais precoce (DW 2A106) e 880,90°C para o híbrido mais tardio (DW 2B707), considerando a soma térmica diária pelo método 1, que penaliza a temperatura média do ar apenas com a temperatura basal inferior.

Com relação aos valores de filocrono, neste estudo, utilizando-se somente da temperatura basal inferior de 10°C foi obtido um valor de filocrono médio de 43,85°C dia folha⁻¹ para a cultivar SH e de 42,5°C dia folha⁻¹ para a cultivar Al Bandeirante. Valores de filocrono considerando outros híbridos de milho foram semelhantes aos valores obtidos neste estudo. Como exemplo têm-se o estudo de Tojo Soler et al. (2005), os quais encontraram valores de 50 °C dia folha⁻¹ para emitir até a décima segunda folha, diminuindo após esse patamar de desenvolvimento.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



5. CONCLUSÃO

Dentre os três métodos de soma térmica, o método que penaliza as três temperaturas cardinais é o que melhor descreve o acúmulo térmico para as duas cultivares de milho Al Bandeirante e Santa Helena 4070.

Do estágio de emergência ao estágio V12 (12 folhas completamente expandidas), a cultivar Al Bandeirante necessita, em média, acumular 596,2°C, enquanto a cultivar Santa Helena 4070, necessita acumular 641,45°C.

O valor médio do filocrono foi de 43,85°C dia folha⁻¹ para a cultivar Santa Helena 4070 e de 42,5°C dia folha⁻¹ para a cultivar Al.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBANO, M. T.; SAWAZAKI, E.; BRUNINI, O.; GALLO, P. B.; PAULO, E. M. Temperatura-base e soma térmica para cultivares de milho pipoca (*Zea mays* L.) no subperíodo emergência-florescimento masculino. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n.1, p. 79-84, 2003.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p.

BERLATO, M.A.; SUTILI, V.R. Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência-pendoamento e emergência-espigamento de três cultivares de milho (*Zea mays* L.). In: **Reunião brasileira de milho e sorgo**, 11, 1976, Piracicaba, SP.

CHANG, J. H. **Climate and agriculture: an ecological survey**. Chicago, Aldine, 1974, 288 p.

DAUGHTRY, C.S.T.; COCHRAN, J.C.; HOLLINGER, S.E. Meteorological models for estimating phenology of corn. **LARS Technical Reports**, v.1, n.13, p.1-17. 1984.

DUNCAN, W.G. Maize. In: EVANS, L.T. **Crop Physiology: some case histories**. Cambridge, Cambridge University v.2, n.1, p.23-50. 1976.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Fenologia do milho. In: Fancelli, A.L.; Dourado Neto, D. (Coord.). **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: Publique, 1997. p.131-134.

KNIES, A. E.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; CLEUDSON, J. M.; GRASEL, L. F.; SEVERO, L. F. Fenologia de plantas de milho visando o manejo da cultura e de irrigação. In: TALLER INTERNATIONAL RED RIEGOS CYTED, 4, 2008, Florianópolis. **Anais... do Taller international red riegos CYTED**, Florianópolis, 2008.

ROMANO, M. R. **Desempenho fisiológico da cultura do milho com plantas de características contrastantes: parâmetros para o modelo de desenvolvimento**. 2005. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queirós” – Universidade de São Paulo. Piracicaba.

ROSA, H.T. WALTER, L.C.; STRECK, N.A.; ALBERTO, C.M. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de Filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1374-1382, 2009.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

TOJO SOLER, C.M.; SENTELHAS, P.C.; HOOGENBOOM, G. Thermal time for phenological development of four maize hybrids grown off-season in a subtropical environment. **Journal of Agricultural Science** Cambridge, v. 143, n. 1, p. 169-182. 2005.

WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; LIMA, A. S.; MAGGI, M. F.; POTT, C. A.; SUCHORONCZEK, C. Avaliação do ciclo fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava, Sul do Brasil. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.4, n.1, p.135–149.