

ESTUDO DA VARIABILIDADE DE TRÊS MÉTODOS DE CÁLCULO  
DE UNIDADES TÉRMICAS PARA A CULTURA DO SORGO GRANÍ  
FERO NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Antonio Carlos Lôla da Costa

Universidade Federal do Pará - Departamento de Meteorologia, Caixa  
Postal 1611 - CEP 66050 - Belém - Pará.

RESUMO

Foram aplicados três métodos de cálculo de unidades térmi  
cas no estudo fenológico de três cultivares de sorgo granífero em  
dois diferentes locais no Estado de Minas Gerais. Utilizou-se dados  
diários de temperaturas máximas e mínimas do ar e dados de plantio,  
floração e maturação dos cultivares de sorgo granífero Jade, Ranche  
ro e BR300.

Verificou-se que para a fase fenológica de plantio-floração  
os métodos de Brown e Estresse Térmico Diário apresentaram valores  
muito próximos em ambos os locais e para todos os cultivares. Quan  
to às fases fenológicas de floração-maturação e plantio-maturação,  
o método de Estresse Térmico Diário foi o menos variável.

1. INTRODUÇÃO

A temperatura do ar é um dos parâmetros meteorológicos que  
afeta diretamente a morfologia, o desenvolvimento, a produção e o  
tempo para que uma determinada fase fenológica de uma cultura seja  
alcançada.

A relação entre a temperatura do ar e a taxa com que muitas  
plantas crescem e desenvolvem é bem conhecida. Dentre os métodos uti  
lizados para quantificar esta interação destacam-se os sistemas de  
unidades térmicas, os quais assumem que uma fase fenológica espeçí  
fica é atingida quando a planta recebe uma certa quantidade de tem  
peraturas acumuladas acima de um valor considerado base, independen  
te do período envolvido[1].

Para uma particular espécie vegetal desenvolvida sob diferentes condições climáticas, o número de dias transcorridos entre duas fases fenológicas quaisquer pode apresentar grandes variações, ao passo que, as unidades térmicas acumuladas neste mesmo período apresentam-se, geralmente, menos variáveis[2].

Dentre as várias aplicações dos sistemas de unidades térmicas, destacam-se a elaboração do calendário de plantio, a classificação de maturação de cereais e a previsão de ocorrência de eventos fenológicos de muitas culturas[3,4,5]. Estes métodos também são utilizados na escolha de áreas propícias para o desenvolvimento de uma determinada cultura, assim como, na seleção de variedades adequadas para tais locais[6,7].

Apesar de sua relativa simplicidade, estes sistemas são amplamente utilizados por muitos pesquisadores, tanto em plantas nativas como em cultivadas. Os seus resultados são correlacionados com vários eventos fenológicos, proporcionando um melhor entendimento da interação entre as plantas e o ambiente.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### Dados Utilizados

Utilizou-se dados diários de temperaturas máximas e mínimas do ar, obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia, em Belo Horizonte, referentes a um período de quinze anos, para as cidades de Capinópolis e Sete Lagoas, ambas no Estado de Minas Gerais. Quanto aos dados fenológicos, estes referem-se ao plantio, floração e maturação dos cultivares de sorgo granífero Jade, Rancho e BR300, obtidos no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e sorgo, em Sete Lagoas, para os anos agrícolas de 1981 a 1987 em Sete Lagoas e 1982 a 1986 para Capinópolis.

### Cálculo das Unidades Térmicas

Para o cálculo das unidades térmicas utilizou-se os seguintes métodos: Brown, Estresse Térmico Diário e WB 10/30.

### Método de Brown

Neste método as unidades térmicas são calculadas através da equação abaixo:

$$UT = [Y_{max} + Y_{min}] / 2 \quad \text{eq. 1}$$

Sendo:

$$Y_{max} = 3.33(T_{max} - 10) - 0.084(T_{max} - 10)^2 \quad \text{eq. 2}$$

$$Y_{min} = 1.8(T_{min} - 4.4) \quad \text{eq. 3}$$

Onde:

UT são as unidades térmicas acumuladas ( $^{\circ}\text{C}$ )

Tmax é a temperatura máxima diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )

Tmin é a temperatura mínima diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )

Método de Estresse Térmico Diário

Neste método as unidades térmicas são calculadas através da equação abaixo:

$$UT = [H^* + L^*] / 2 \quad \text{eq. 4}$$

Sendo:

$H^* = H$ , se H for menor que  $30^{\circ}\text{C}$

$H^* = 30^{\circ}\text{C} - (H - 30^{\circ}\text{C})$ , se H for maior que  $30^{\circ}\text{C}$

$L^* = L$ , se L for maior que  $10^{\circ}\text{C}$

$L^* = 10^{\circ}\text{C}$ , se L for menor que  $10^{\circ}\text{C}$

Onde:

H é a temperatura máxima diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )

L é a temperatura mínima diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )

Método WB10/30

Neste método as unidades térmicas são calculadas através da equação abaixo:

$$UT = [T_{\text{max}} + T_{\text{min}}] / 2 - T_b \quad \text{eq. 5}$$

Sendo:

$T_{\text{max}} = 30^{\circ}\text{C}$ , se  $T_{\text{max}}$  for maior que  $30^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{min}} = 10^{\circ}\text{C}$ , se  $T_{\text{min}}$  for menor que  $10^{\circ}\text{C}$

Onde:

$T_{\text{max}}$  é a temperatura máxima diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{\text{min}}$  é a temperatura mínima diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_b$  é a temperatura base da cultura, que neste caso foi considerada igual a  $10^{\circ}\text{C}$ .

Cálculo da Variabilidade

Para se estudar a variabilidade das unidades térmicas nas diversas fases fenológicas dos cultivares em questão, utilizou-se o critério proposto por ARNOLD[8], que consiste no cálculo do desvio-padrão em dias e do coeficiente de variação das unidades térmicas, através das seguintes equações:

Desvio-Padrão em Dias (Sd)

$$Sd = S_{ut} / X_{ut} \quad \text{eq. 6}$$

Onde:

Sd é o desvio-padrão em dias

Sut é o desvio-padrão das unidades térmicas em cada fase fenológica considerada

Xut é a média das unidades térmicas acumuladas para o período no qual Sut foi calculado

Coefficiente de Variação

$$CV = [Sd/Xd] \times 100 \quad \text{eq. 7}$$

Onde:

CV é o coeficiente de variação das unidades térmicas

Sd é o desvio-padrão em dias

Xd é o número médio de dias envolvidos em cada fase fenológica considerada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação dos métodos propostos nas diversas fases fenológicas dos cultivares de sorgo granífero estudados (QUADRO 1), e do cálculo do desvio-padrão em dias e do coeficiente de variação para Capinópolis e Sete Lagoas (QUADROS 2 e 3), verifica-se que todos os métodos apresentam menor variabilidade para Capinópolis, sendo que, na fase fenológica de plantio-floração, os métodos de Estresse Térmico Diário e de Brown apresentam resultados muito próximos. Quanto às demais fases fenológicas, o método de Estresse térmico Diário é o que menor variabilidade apresenta para todos os cultivares. Para Sete Lagoas, todos os métodos apresentaram valores muito próximos em todas as fases fenológicas e para todos os cultivares, não sendo constatada diferenças significativas.

No que se refere à variabilidade nos resultados obtidos para os dois locais considerados, acredita-se que a principal causa, certamente, é a diferente distribuição das precipitações nas diversas fases fenológicas nas quais as unidades térmicas foram calculadas (QUADRO 4). Deste modo, constata-se a necessidade da introdução de um parâmetro hídrico por ocasião da aplicação dos sistemas de unidades térmicas no estudo fenológico da cultura.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 WANG, J.Y. A Critique of the Heat Unit Approach to Plant Response Studies. Ecology, 41:785-790. 1960.
- 2 MEDERSKI, H.J.; MILLER, M.E. and WEAVER, C.R. Accumulated Heat Units for Classifying Hybrid Maturity. Agronomy Journal, 65: 743-747. 1973.
- 3 GILMORE, E.C.; Jr. and ROGERS, J.S. Heat Units as a Method of

QUADRO 1 - Total Médio de Unidades Térmicas Acumuladas nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Jade, Ranchero e BR300, Para Sete Lagoas e Capinópolis-MG.

Cultivares	Fases Fenológicas	Métodos					
		Brown	Estresse Térmico Diário		WB 10/30		
		S.Lagoas	Cap.	S.Lagoas	Cap.	S.Lagoas	Cap.
Jade	Plantio-Floração	1946	1722	895	817	1557	1361
	Floração-Maturação	1242	1573	585	766	1004	1264
	Plantio-maturação	3188	3295	1480	1583	2561	2625
Ranchero	Plantio-Floração	2052	1821	944	866	1639	1438
	Floração-Maturação	1137	1474	537	718	921	1187
	Plantio-Maturação	3189	3295	1481	1584	2560	2625
BR300	Plantio-Floração	2076	1891	955	900	1659	1492
	Floração-Maturação	1113	1404	525	683	901	1132
	Plantio-Maturação	3189	3295	1480	1583	2560	2624

QUADRO 2 - Desvio-Padrão em Dias e Coeficiente de Variação das Somas de Unidades Térmicas Para os Três Métodos Aplicados nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Estudados em Capinópolis-MG.

Cultivares	Fases Fenológicas	Métodos					
		Brown		WB 10/30		E.T.D.	
		Sd	CV	Sd	CV	Sd	CV
Jade	Plantio-Floração	1.4	2.5	2.2	4.0	1.4	2.6
	Floração-Maturação	6.6	12.9	6.8	13.2	5.3	10.4
	Plantio-Maturação	7.2	6.7	7.8	7.3	6.1	5.7
Ranchero	Plantio-Floração	2.2	3.7	3.0	5.1	2.3	3.9
	Floração-Maturação	6.9	14.4	7.0	14.6	5.6	11.6
	Plantio-Maturação	7.2	6.7	7.8	7.3	6.1	5.7
BR300	Plantio-Floração	2.3	3.7	3.0	4.9	2.4	3.9
	Floração-Maturação	7.4	16.1	7.5	16.4	5.9	12.9
	Plantio-Maturação	7.2	6.7	7.8	7.3	6.1	5.7

QUADRO 3 - Desvio-Padrão em Dias e Coeficiente de Variação das Somas de Unidades Térmicas Para os Três Métodos Aplicados nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Estidados em Sete Lagoas-MG.

Cultivares	Fases Fenológicas	Métodos					
		Brown		WB10/30		E.T.D	
		Sd	CV	Sd	CV	Sd	CV
Jade	Plantio-Floração	4.4	6.6	4.1	6.2	4.5	6.8
	Floração-Maturação	8.8	20.1	8.7	20.0	8.6	19.7
	Plantio-Maturação	9.7	8.8	10.0	9.1	9.8	8.9
Ranchero	Plantio-Floração	3.4	4.9	3.5	5.0	3.8	5.4
	Floração-Maturação	7.6	19.0	7.7	19.2	7.6	18.9
	Plantio-Maturação	9.7	8.8	10.0	9.1	9.8	8.9
BR300	Plantio-Floração	2.9	4.1	3.1	4.3	3.3	4.6
	Floração-Maturação	8.7	22.2	8.7	22.3	8.7	22.2
	Plantio-Maturação	9.7	8.8	10.1	9.1	9.8	8.9

QUADRO 4 - Distribuição da Precipitação (mm) nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Jade, Rancho e BR300, Para os Anos Agrícolas de 1982/1983, 1983/1984 e 1984/1985, Para Sete Lagoas e Capinópolis-MG.

Cultivares	Fases Fenológicas	Locais					
		82/83	83/84	84/85	82/83	83/84	84/85
Jade	Plantio-Floração	878	1010	569	589	688	405
	Floração-Maturação	310	128	167	447	427	246
	Plantio-Maturação	1188	1138	736	1036	1115	651
Rancho	Plantio-Floração	878	1010	587	720	688	408
	Floração-Maturação	310	128	150	318	427	242
	Plantio-Maturação	1188	1138	737	1038	1115	650
BR300	Plantio-Floração	878	1010	587	725	688	409
	Floração-Maturação	310	127	150	314	427	241
	Plantio-Maturação	1188	1138	737	1039	1115	650



- Measuring Maturity in Corn. Agronomy Journal, 50:611-615. 1958.
- 4 CROSS,H.Z. and ZUBER,M.S. Prediction of Flowering Dates in Maize Based on Different Methods of Estimating Thermal Units. Agronomy Journal, 64:351-355. 1971.
- 5 ASPIAZÚ,C. Comparison of Several Methods of Growing-Degree-Units Calculations for Corn (ZEA MAYS L.).Iowa State Jour. of Science, 46:435-442. 1972.
- 6 SMITH,P.J.; BOOTSMA,A. and GATES,A.D. Heat Units in Relation to Corn Maturity in the Atlantic Region of Canada. Agricul. Meteorology,26:201-213. 1981.
- 7 FELCH,R.E.; SHAW,R.H. and DUNCAN,E.R. The Climatology of Growing Degree in Iowa. Iowa State Jour. of Science, 46: 443-461. 1972.
- 8 ARNOLD,C.Y. The Determination and Significance of the Base Temperature in a Linear Heat Unit System. American Society for Horticultural Science, 74:430-445. 1959.