

SOMAS TÉRMICAS NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO (*Oryza sativa* L.)

Valdira de Caldas Brito VIEIRA¹, José Ricardo MACHADO,²

RESUMO

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar sete métodos de cálculo de Graus-Dia Acumulados na cultura do arroz na região de Botucatu. O experimento foi realizado no ano agrícola de 1992/93 na Fazenda Edgardia, latitude 22°51'S, longitude 48°27' W Grw. e altitude 477m em Botucatu,SP. Utilizou-se os cultivares IAC 100, IAC 101 e IAC 4440. Comparou-se os métodos de cálculo dos graus-dia acumulados com os dias do calendário, para a previsão dos períodos emergência ao florescimento, florescimento a maturação e emergência a maturação. Os métodos de cálculo dos graus-dia acumulados mostraram-se mais adequados para a previsão do período emergência ao florescimento do que a contagem do número de dias do calendário mas não mostraram consistência para a previsão dos períodos florescimento a maturação e emergência a maturação. Os métodos que levam em consideração as temperaturas base inferior e superior e suas correções apresentaram melhores resultados destacando-se para o período emergência ao florescimento os métodos Residual, USWB 30/10 e o método da temperatura mínima corrigida e para o período emergência a maturação os métodos Direto modificado e o método proposto por BROWN (1960).

INTRODUÇÃO

Os métodos de graus-dia foram desenvolvidos para superar as inadequações do calendário diário para prever eventos fenológicos das culturas. Muitos métodos foram desenvolvidos, como USWB 30/10 Gilmore Jr & Rogers (1958); Brown (1960); Villa Nova (1972); Ometto (1981).

O método das somas térmicas ou graus-dia acumulados foi definido como sendo a soma das temperaturas acima da condição mínima e abaixo da máxima necessária para que a planta atinja uma determinada fase do seu desenvolvimento. Depois de se realizar esta contabilização para uma cultura em um ou dois anos, a previsão da marcha dos valores de graus-dia, nos anos subsequentes, possibilita prever a data da maturação ou colheita (Ometto, 1981).

¹ Enga. -Agrônoma Dra. - Departamento de Hidrometeorologia da Secretaria da Agricultura do Estado do Piauí

² Prof. Dr. - FCA/UNESP Campus de Botucatu, Departamento de Agricultura

Gilmore Jr & Rogers (1958) por acharem que os graus-dia calculados como a diferença entre a temperatura média e a temperatura base, não representariam as unidades térmicas efetivas sob temperaturas abaixo da mínima e acima da ótima para o desenvolvimento da cultura, introduziram uma modificação nesse método. No método USWB 30/10, Gilmore Jr & Rogers (1958) atribuíram para temperatura base inferior e superior os valores 10°C e 30°C respectivamente, considerando que abaixo de 10°C pouco ou nenhum crescimento ocorre e que acima de 30°C o desenvolvimento é prejudicado, não sendo utilizados valores fora desses limites.

Lozada & Angelocci (1997) em trabalho para determinação da temperatura-base e graus-dia na estimativa da duração dos períodos de desenvolvimento do milho observaram que o uso dos graus-dia para estimativa da duração dos períodos de desenvolvimento do milho, mostrou-se adequado somente para o período da semeadura ao florescimento; para o período do florescimento a colheita e para todo o ciclo, não se mostrou adequada pela baixa correlação entre o desenvolvimento relativo e a temperatura média do ar.

Aspiazu (1971) comparou seis métodos de cálculos de graus-dia para a cultura do milho e dentre os métodos utilizados o método de Brown (1969), que estabelece uma relação entre a taxa diária de desenvolvimento e as temperaturas diurnas e noturnas do ar, foi o que apresentou melhor resultado.

Cross & Zuber (1972) valeram-se de análise de regressão e seus coeficientes para identificar a precisão de 22 métodos. Os métodos que levam em consideração as temperaturas bases inferior e superior e suas correções tem apresentado os melhores resultados. Allison (1963), não encontrou diferença entre os métodos USWB 30/10 e o residual em experimento usando a cultura do milho. Estes dois métodos apresentaram a mesma precisão, uma vez que a ocorrência de temperaturas fora dos limites de 10 e 30°C ocorreram na minoria dos dias para o período semeadura ao pendoamento.

Nesse trabalho foram comparados sete métodos de cálculo dos graus-dia, para determinação daquele que apresenta menor variabilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o cálculo dos graus-dia acumulados (GDA) para cada fase fenológica da cultura foram utilizados os métodos: Método Direto (Mota, 1975), Direto modificado (Berlato, 1973), Residual (Berlato, 1973), USWB 30/10 (Gilmore Jr & Rogers, 1958), Mínima corrigida (Cardoso, 1978), Máxima corrigida (Cardoso, 1978), Brown (1960). Todos os métodos foram comparados entre si e com os dias do calendário.

O componente estatístico utilizado para a avaliação da menor variabilidade foi o coeficiente de variação devido aos tratamentos. Para isso procedeu-se o somatório dos graus-dia de cada método, época de semeadura e fase fenológica. A partir das médias do somatório dos graus-dia das quatro épocas de cada cultivar, foram calculados os coeficientes de variação (CV) para os períodos de emergência ao florescimento, florescimento a maturação e da emergência a maturação. Em seguida procedeu-se a análise conjunta dos dados de todos os cultivares utilizados para todos os períodos analisados.

RESULTADOS DE DISCUSSÃO

No Quadro 1, são apresentados os resultados de graus-dia, obtidos pelos sete métodos estudados e número de dias referentes ao período da emergência até o florescimento dos três cultivares utilizados no experimento e respectivos valores de coeficientes de variação (CV).

Nos referidos Quadros, pode-se constatar que os métodos que apresentaram menor coeficiente de variação (CV), foram M3 (Residual) e M5 (mínima corrigida) seguidos do M4 (USWB 30/10), Esses três métodos tem em comum o fato de subtrair o valor da temperatura base da média de temperatura, no caso 10°C, além de corrigir a temperatura mínima (M4 e M5), considerando-se 10°C, quando esta for menor que 10°C.

Esses resultados corroboram a afirmação de Allison (1963) de que os métodos que levam em consideração as temperaturas bases inferior e superior e suas correções têm apresentado os melhores resultados para esta fase do ciclo da planta.

Da mesma forma, Gilmore Jr & Rogers (1958); Uitdewilligen (1971) e Cross & Zuber (1972) obtiveram melhores resultados através de métodos que consideram os limites de temperaturas 10°C e 30°C.

Os maiores valores de CV foram apresentados pelo M7, que corresponde aos dias do calendário.

Para o período do florescimento até a maturação, os resultados foram bastante variados. Como podemos observar no Quadro 2, os métodos M1 (direto), M2 (Direto modificado 30/10) e M7 (Brown, 1960) apresentaram CV bastante inferiores em relação aos demais métodos. O método M(2) apresentou o menor valor para os cultivares IAC 100 e IAC 101. Para o cultivar IAC 4440 o método que considera os dias do calendário M7, apresentou o menor valor. De modo geral todos os métodos de somas térmicas apresentaram valores de CV bastante elevados para este cultivar, nesta época de semeadura.

QUADRO 1. Graus-Dia Acumulados pelos métodos utilizados para o cálculo das somas térmicas e número de dias, do período da emergência ao florescimento.

IAC 100								
ÉPOCAS/MÉTODOS	MI	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
E1 - 03/11/92	2873,40	2847,95	1593,40	1567,95	1593,40	1542,10	3417,41	123
E2 - 20/11/92	2944,60	2900,85	1704,60	1660,85	1704,60	1615,30	3581,89	123
E3 - 24/12/92	2547,90	2497,45	1507,90	1457,45	1507,90	1406,80	3070,22	103
E4 - 25/01/93	2819,15	2773,80	1609,15	1563,80	1611,40	1517,20	3392,08	119
MÉDIA	2796,3	2755,0	1603,8	1562,5	1604,3	1520,3	3365,40	117,0
CV	6,2	6,5	5,0	5,3	5,0	5,7	6,4	8,1
IAC 101								
E1 - 03/11/92	2873,40	2847,95	1593,40	1612,95	1593,40	1542,10	3417,41	123
E2 - 20/11/92	2873,60	2828,45	1663,60	1618,45	1663,60	1573,30	3491,07	120
E3 - 24/12/92	2497,10	2446,55	1477,10	1426,55	1477,10	1376,00	3015,62	101
E4 - 25/01/93	2819,15	2773,55	1609,15	1563,55	1611,40	1514,45	3392,08	119
MÉDIA	2765,8	2724,1	1585,8	1555,4	1586,4	1501,5	3329,0	115,7
CV	6,5	6,9	4,9	5,7	5,0	5,8	6,4	8,6
IAC 4440								
E1 - 03/11/92	3150,30	3106,85	1760,30	1716,85	1760,30	1673,00	3708,21	133
E2 - 20/11/92	3127,50	3074,85	1817,50	1764,85	1817,50	1722,20	3793,07	130
E3 - 24/12/92	2801,40	2746,85	1651,40	1596,85	1651,40	1552,30	3380,98	114
E4 - 25/01/93	3134,60	3092,00	1744,60	1702,00	1749,60	1657,90	3766,15	138
MÉDIA	3053,4	3005,1	1743,4	1695,1	1744,7	1651,3	3662,1	128,7
CV	5,5	5,7	3,9	4,2	3,9	4,3	5,2	8,1

QUADRO 2. Graus-Dia Acumulados pelos métodos utilizados para o cálculo das somas térmicas e número de dias do período do florescimento a maturação.

IAC 100								
ÉPOCAS/MÉTODOS	MI	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
E1 - 03/11/92	1124,75	1089,75	654,75	619,75	654,75	583,75	1284,71	45
E2 - 20/11/92	1243,75	1228,25	693,75	678,25	693,75	662,75	1496,35	55
E3 - 24/12/92	1141,25	1138,00	591,25	588,00	595,75	581,75	1370,12	54
E4 - 25/01/93	1107,25	1123,10	487,25	503,10	503,10	503,10	1328,30	62
MÉDIA	1154,2	1144,8	606,7	597,3	611,8	582,8	1369,9	54
CV	5,3	5,2	14,9	12,2	13,5	11,2	6,4	12,9
IAC 101								
E1 - 03/11/92	1124,75	1089,75	654,75	641,00	654,75	584,75	1284,71	45
E2 - 20/11/92	1176,45	1160,75	666,45	650,70	666,45	634,95	1419,94	51
E3 - 24/12/92	1192,05	1188,80	622,05	625,80	626,55	606,55	1432,72	57
E4 - 25/01/93	1107,25	1123,10	487,25	503,10	503,10	487,25	1328,30	62
MÉDIA	1150,13	1140,60	607,63	605,15	612,71	578,38	1366,42	54
CV	3,5	3,8	13,6	11,4	12,2	11,1	5,2	13,7
IAC 4440								
E1 - 03/11/92	1178,60	1159,35	668,60	649,35	668,60	630,10	1395,79	50
E2 - 20/11/92	1060,85	1052,60	580,85	572,60	580,85	564,35	1285,17	48
E3 - 24/12/92	1016,05	1017,05	506,05	507,05	510,55	498,55	1493,55	51
E4 - 25/01/93	863,70	877,20	387,70	397,20	397,20	387,70	1042,47	43
MÉDIA	1090,3	1026,5	552,1	531,5	539,3	536,5	1304,2	48
CV	12,6	11,3	22,2	20,1	21,3	19,9	14,9	7,8

A análise para o período da emergência a maturação mostrou que os CVs referentes ao M8 apresentaram-se superiores aos CVs de todos os métodos de somas térmicas para os cultivares IAC 100 e IAC 101. Para o cultivar IAC 4440 o M3 foi superior a todos os métodos e o método M7 foi o que apresentou menor valor, como pode ser observado no Quadro 3.

QUADRO 3. Graus-Dia Acumulados pelos métodos utilizados para o cálculo das somas térmicas e número de dias do período da emergência a maturação.

IAC 100								
ÉPOCAS/MÉTODOS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
E1 – 03/11/92	3998,15	3937,70	2248,15	2187,70	2248,15	2125,85	4702,12	168
E2 – 20/11/92	4188,35	4129,10	2398,35	2339,10	2398,35	2278,05	5078,24	179
E3 – 24/12/92	3689,15	3635,45	2099,15	2045,45	2103,65	1988,55	4448,35	158
E4 – 25/01/93	3926,40	3986,90	2096,40	2066,90	2114,50	2020,30	4720,38	185
MÉDIA	3950,5	3922,3	2210,5	2159,8	2216,2	2103,2	4737,27	172
CV	5,2	5,3	6,5	6,2	6,2	6,2	5,5	6,9
IAC 101								
ÉPOCAS/MÉTODOS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
E1 – 03/11/92	3998,15	3937,70	2248,15	2253,95	2248,15	2126,85	4702,12	168
E2 - 20/11/92	4050,05	3989,15	2230,05	2269,15	2330,05	2208,25	4911,02	172
E3 - 24/12/92	3689,15	3635,35	2099,15	2052,35	2103,65	1982,55	4448,35	158
E4 - 25/01/93	3926,40	3896,65	2096,40	2066,65	2141,50	2001,70	4720,38	182
MÉDIA	3915,9	3864,7	2168,4	2160,5	2205,8	2079,8	4695,5	170
CV	4,1	4,1	3,8	5,4	4,7	5,1	4,0	5,8
IAC 4440								
ÉPOCAS/MÉTODOS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
E1 – 03/11/92	4328,90	4266,20	2428,90	2366,20	2428,90	2303,10	5104,01	184
E2 - 20/11/92	4188,35	4127,45	2398,35	2337,45	2398,35	2286,55	5078,24	178
E3 - 24/12/92	3817,45	3763,90	2157,45	2103,90	2161,95	2050,85	4604,12	165
E4 - 25/01/93	3998,30	3969,20	2128,30	2099,20	2146,80	2041,70	4808,62	183
MÉDIA	4083,2	4031,7	2278,2	2226,7	2284,0	2170,5	4898,7	177
CV	5,5	5,4	6,9	6,5	6,6	6,6	4,8	4,9

As análises realizadas conjuntamente para os três cultivares e para todo ciclo (Quadro 4), mostraram que os métodos M1 (Direto), (M2 (Direto modificado 30/10) e (M7) Brown (1960) foram mais eficientes que o método que se baseia na contagem dos dias do calendário (M8). O menor CV foi apresentado pelo método de Brown (1960). Esta constatação implica na importância de se considerar a variação das temperaturas diurnas/noturnas. A eficiência deste método já foi constatada por Aspiazu (1971).

QUADRO 4. Graus-Dia Acumulados pelos métodos utilizados para o cálculo das somas térmicas e número de dias do período da semeadura a maturação, dos três cultivares.

ÉPOCAS/MÉTODOS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
IAC 100 03.11.92	3998,15	3937,70	2248,15	2187,70	2248,15	2125,85	4702,12	168
IAC 100 20.11.92	4188,35	4129,10	2398,35	2339,10	2398,35	2278,05	5078,24	179
IAC 100 24.12.92	3689,15	3635,45	2099,15	2045,45	2103,65	1988,55	4448,35	158
IAC 100 25.01.93	3926,40	3986,90	2096,40	2066,90	2114,50	2020,30	4720,38	185
IAC 101 03.11.92	3998,15	3937,70	2248,15	2253,95	2248,15	2126,85	4702,12	168
IAC 101 20.11.92	4050,05	3989,15	2230,05	2269,15	2330,05	2208,25	4911,02	172
IAC 101 24.12.92	3689,15	3635,35	2099,15	2052,35	2103,65	1982,55	4448,35	158
IAC 101 25.01.93	3926,40	3896,65	2096,40	2066,65	2141,50	2001,70	4720,38	182
IAC 4440 03.11.92	4328,90	4266,20	2428,90	2366,20	2428,90	2303,10	5104,01	184
IAC 4440 20.11.92	4188,35	4127,45	2398,35	2337,45	2398,35	2286,55	5078,24	178
IAC 4440 24.12.92	3817,45	3763,90	2157,45	2103,90	2161,95	2050,85	4604,12	165
MÉDIA	4014,7	3963,2	2247,0	2201,9	2262,1	2131,0	4804,4	173,8
CV	5,4	5,1	7,1	6,3	6,8	5,9	5,0	5,5

CONCLUSÕES

Os métodos de Graus-Dia Acumulados (GDA) mostraram-se mais adequados para a previsão do período emergência ao florescimento do que o método que se baseia na contagem dos dias do calendário. Os métodos que levam em consideração as temperaturas base inferior e superior e suas correções foram os mais eficientes, destacando-se os métodos M3-Residual, M4-USWB 30/10 e M5-mínima corrigida.

Os métodos de Graus-Dia Acumulados (GDA) não mostraram consistência para a previsão dos períodos florescimento a maturação e emergência a maturação. Os métodos mais eficazes para a previsão destes períodos foram os métodos Direto, Direto modificado e o método proposto por BROWN (1960).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLISON, J.C.S. Use of the day-degree summation technique for specifying flowering times of maize varieties at different localities in Southern Africa. *Rhod. J. Agric. Res.*, v.1, p.22-8, 1963.

- ASPIAZU, C. Prognóstico de fases en cultivos de maiz dentado mediante sumas de temperaturas. *Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Ayres*, v.19, p. 61-69, 1971.
- BERLATO, M., SUTILI, V., CASTRO, A. O. Comparação de de 03 métodos de cálculo da exigências térmicas para o espigamento do milho (*Zea mays* L.). *Agron. Sulriog*. v. 10, p. 87-94, 1973.
- BROWN, D.M. Soybean ecology. I. Development - temperature relationships from controled environment studies. *Agron. J.*, v.52, p.493-6, 1960.
- BROWN, D.M. *Heat units for corn in Southein Ontário*. Ontário. Department of Agriculture and Food. AGDEX, 1969. 4p. (Information leaflet AGDEX III/31)
- CARDOSO, M.J. *Efeitos da época de semeadura sobre o desenvolvimento de dois híbridos de milho (Zea mays L.) e métodos de cálculo de suas exigências térmicas*. Porto Alegre, 1978. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CROSS, H.Z., ZUBER, M.S. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. *Agron. J.* v. 64, p. 351-5, 1972.
- GILMORE JUNIOR, E.C., ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agron. J.*, v.50, p.611-5, 1958.
- LOZADA, B., ANGELOCCI, L.B. Determinação da temperatura-base e de graus-dia na estimativa da duração dos sub-períodos de desenvolvimento do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBA/ESALQ-USP, 1997. p. 9-11.
- MOTA, F.S. *Meteorologia Agrícola*. São Paulo: Nobel, 1975. 457p.
- OMETTO, J.C. *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo: Ceres, 1981. 425p.
- VILLA NOVA, N.A., PEDRO JUNIOR, M.J., PEREIRA, A.R. et al. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima. *Caderno de Ciências da Terra*, São Paulo, v.30, p.1-8, 1972.