

Artigo Científico

Resumo

A disponibilidade térmica tem influência direta sobre o desenvolvimento fenológico das plantas, de tal forma que locais ou períodos com temperaturas mais elevadas determinam aceleração em seu desenvolvimento. O objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento climático visando estabelecer a duração provável das fases fenológicas e do ciclo total de desenvolvimento da cultura do milho para a

região de Guarapuava-PR, baseado na soma térmica acumulada. O estudo foi desenvolvido tendo como base uma série histórica de dados meteorológicos médios diários para o período de 1984 a 2008 compilados do acervo da estação meteorológica da Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO em Guarapuava-PR. Considerou-se para o estudo o Zoneamento Agrícola do Estado do Paraná, recomendado pelo Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, onde se considera como recomendado para a semeadura da cultura do milho o período de semeadura de 21 de setembro a 10 de novembro. Os tratamentos constaram de previsão de semeadura nas datas de 1) 21/09, 2) 01/10, 3) 11/10, 4) 21/10, 5) 31/10 e 6) 10/11. O cálculo da soma térmica em graus-dia (GD) foi realizado a partir da temperatura média do ar subtraída da temperatura base. Assumiu-se que o desenvolvimento das plantas foi constante entre a temperatura base inferior 10°C e temperatura base superior 32° conforme. O uso da soma térmica é uma metodologia prática que pode ser utilizada para previsão de duração de fases fenológicas e do ciclo de desenvolvimento da cultura do milho. Quando o cultivo do milho for realizado dentro do período recomendado conforme zoneamento agrícola do Paraná, o ciclo de desenvolvimento da cultura entre semeadura e maturação fisiológica varia entre aproximadamente 114 e 122 dias.

Palavras-chave: déficit hídrico, clima Cfb, balanço hídrico.

Avaliação do ciclo fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava, Sul do Brasil¹

Marcus Vinicius Wagner²

Sidnei Osmar Jadoski³

Adenilson dos Santos Lima³

Marcio Furlan Maggi⁴

Cristiano André Pott⁵

Adriano Suchoronzek⁶

Evaluación del ciclo fenológico de los cultivos de maíz debido a lo tempo térmico en Guarapuava, Sur de Brasil

Resumen

La disponibilidad térmica tiene una influencia directa en el desarrollo fenológico de las plantas, en que los locales o períodos de temperaturas más altas determinan la aceleración de su desarrollo. El objetivo de este estudio fue evaluar el clima para establecer la probable duración de las fases fenológicas y el ciclo total de desarrollo de lo cultivo de maíz en la región de Guarapuava-PR, teniendo por base el tiempo térmico acumulado. Se ha utilizado una serie histórica de datos diarios meteorológicos para el periodo de 1984 a

Recebido em: 18 /11/2010

Aceito para publicação em: 25/03/2011

1 - Parte da dissertação de Mestrado do primeiro autor no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal - UNICENTRO.

2 - Engº Agrº MSc. Produção vegetal, UNICENTRO. E-mail: marcaowagner@yao.com.br.

3 - Engº Agrº DR. Professor Adj., Deptº. Agronomia Univ. Estadual do Centro Oeste-UNICENTRO, Campus Cedeteg, Av. Simeão Camargo Varela de Sá, nº3, Guarapuava-PR. E-mail: sjadoski@unicentro.br.

4 - Engº Agric. Dr. Prof. Adj., Engº Sist. Agroindustriais, Univ. Estadual do Oeste-PR/UNIOESTE. E-mail: mmaggi@unioeste.br.

5 - Engº Agrº. MSc. Professor Ass., Deptº. Agronomia Univ. Estadual do Centro Oeste-UNICENTRO. E-mail: cpott@unicentro.br.

6 - Acadêmico de Graduação em Agronomia, Campus Cedeteg - UNICENTRO. Guarapuava-PR. E-mail: adrianos@unicentro.br.

2008, compilados de la colección de la estación meteorológica de la Universidad Estadual do Centro Oeste/UNICENTRO en Guarapuava-PR. Se consideró para el estudio la zonificación agrícola del Estado de Paraná, recomendado por el Instituto Agronómico de Paraná - IAPAR, donde se recomienda para la siembra de maíz el período de 21 de septiembre hasta 10 de noviembre. Los tratamientos consistieron en la predicción de siembra en diferentes fechas 1) 21 sep., 2) 01 oct., 3) 11 oct., 4) 21 oct., 5) 31 oct. y 6) 10 nov. El cálculo de lo tiempo térmico en grados-día (GD) se ha realizado a partir de la temperatura media del aire menos la temperatura base. Se ha considerado que el desarrollo de las plantas fue constante entre la temperatura base de 10 °C y la temperatura superior hasta 32 °C. El uso de lo tiempo térmico es una metodología práctica que puede ser utilizado para predecir la duración de las fases fenológicas y el ciclo de desarrollo de la cultura de maíz. Cuando el cultivo de maíz se realiza durante el período recomendado para el Paraná, el ciclo de desarrollo entre la siembra y madurez fisiológica varía aproximadamente entre 114 y 122 días.

Palabras clave: la sequía, el clima Cfb, balance hídrico.

Introdução

O efeito da temperatura sobre o desenvolvimento vegetal tem sido descrito usando-se a concepção de unidades de calor, como os graus-dia, assumindo-se que o desenvolvimento é constante em uma faixa térmica entre um valor mínimo ou temperatura base e uma temperatura máxima (STEWART et al., 1998), abaixo e acima das quais a planta não se desenvolve e, se o fizer, será em taxas muito reduzidas.

Durante as últimas décadas a agricultura passou por expressivas transformações, tendo a produção e a produtividade alcançado níveis cada vez mais elevados. Contudo, Ayoade (1998) descreve que apesar dos avanços tecnológicos e científicos, o clima ainda é a variável mais importante na produção agrícola, devido ao potencial de limitar os rendimentos das culturas e pelas influências que exerce sobre todos os estágios da cadeia de produção agrícola, incluindo colheita, armazenagem, transporte e comercialização.

Deve-se levar sempre em conta que uma variável climática pode se modificar mediante outra variável. OMETO (1981) salienta que as variáveis climáticas estão inter-relacionadas na influência que exercem sobre a lavoura, com expressão as variáveis diárias, sazonais e anuais. Para o autor a escolha da cultura a ser desenvolvida começa pelas características locais climáticas, uma vez que cada cultura depende do solo, da radiação solar, precipitação, umidade relativa, além da sazonalidade.

Com relação ao clima sobre a cultura do milho, é de se considerar que a influência relativa dos fatores que afetam a estação de crescimento varia

conforme as características específicas de cada região. DOORENBOS e KASSAN (1994) recomendam estudos regionalizados sobre as relações entre queda de rendimento relativo e o déficit relativo de evapotranspiração, com teste dos fatores de resposta da produção ao déficit hídrico, já que as condições de produção durante o ciclo da cultura são específicas do local e da variedade utilizada.

Os estádios fenológicos surgiram visando facilitar o detalhamento das etapas de desenvolvimento das plantas. Para BERGAMASCHI (2006) são as transformações que ocorrerão nos processos de crescimento e de desenvolvimento das plantas, como a germinação, brotação, florescimento, espigamento, maturação e os seus conhecimentos que ajudam a melhorar a descrição do ciclo da cultura. O autor acrescenta que dentro dos estádios fenológicas pode haver as suas subdivisões (subperíodos). O subperíodo é definido como o tempo decorrido entre duas fases consecutivas, considerando-se que, ao longo destes, as necessidades e as estruturas da planta são praticamente constantes. Alguns subperíodos são facilmente observados, com o aparecimento ou desaparecimento de órgãos, enquanto que outros, por serem invisíveis (órgãos), são somente perceptíveis através de exames detalhados, como microscopia ou análises químicas.

Conforme MATZENAUER (1997) a previsão dos estádios fenológicos é importante no planejamento das melhores épocas de semeaduras e também nos estudos de adaptação de cultivares. Para BERGAMASCHI (2006) as aplicações da

fenologia seriam para se determinar os períodos críticos das culturas à deficiência hídrica, auxiliar nos períodos em que há maior demanda de necessidade de água, na elaboração dos zoneamentos agrícolas, para épocas de melhor aplicação de fertilizantes, para a classificação de cultivares quanto à precocidade manejo de pragas.

FANCELLI e DOURADO NETO (2000), adaptaram a escala de Hanway (1966) em conformidade com o

ciclo de desenvolvimento em geral apresentado pela cultura do milho, subdividindo-se em cinco períodos: (1) germinação e emergência; (2) crescimento vegetativo; (3) floração; (4) frutificação e; (5) maturação fisiológica.

Na tabela 1, são apresentados os diferentes estádios fenológicos apresentados pela cultura do milho, de acordo com adaptação a partir de RITCHIE et al. (1993).

Tabela 1. Estádios Fenológicos de uma planta de milho. Guarapuava-PR, 2011.

Estádios vegetativos	Estádios reprodutivos
VE- emergência	A- antese
V1- primeira folha	R1- florescimento e fecundação
V2- segunda folha	R2- grão leitoso
V3- terceira folha	R3- grão pastoso
V6- sexta folha	R4- grão farináceo
V9- nona folha	R5- grão farináceo-duro
V12- décima segunda folha	R6- maturidade fisiológica (MF)
V15- décima quinta folha	
V18- décima oitava folha	
VT- pendoamento	

Fonte: adaptado de Ritchie et al. (1993).

O conceito de graus-dia (GD) e graus-dia acumulados (GDA) foi introduzido para superar inadequações no calendário para prever eventos fenológicos, bem como para o zoneamento agroclimático das culturas, uma vez que esses independem da época e local de cultivo da planta. A disponibilidade térmica tem influência direta sobre o desenvolvimento fenológico das plantas, de tal forma que locais ou períodos mais quentes determinam desenvolvimento mais rápido destas. Logo, em regiões ou mesmo épocas mais quentes, há maior precocidade no desenvolvimento (BERGAMASCHI, 2006). Entretanto, GADIOLI et al. (2000) destacam que no desenvolvimento do milho, a duração do ciclo em dias é inconsistente, devido ao fato da duração de subperíodos e ciclos da planta estarem associados as variações das condições ambientais, e não ao número de dias.

A temperatura apresenta-se como o elemento climático mais importante para prever os eventos

fenológicos da cultura, desde que não haja deficiência hídrica. Com relação à temperatura-base BERLATO e MATZENAUER (1986) enfatizam que em geral se deve considerar a temperatura base inferior a 10 °C para o cálculo da soma térmica da cultura do milho. Para MALUF et al, (2000) as exigências térmicas da maioria dos genótipos de milho podem variar para os processos de germinação e crescimento, porém poucas desenvolvem com temperaturas inferiores a 10°C. RITCHIE e NESMITH (1991) consideram que estimativas do limiar superior ou temperatura máxima para o milho estão na ordem de 19 a 34°C.

O objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento climático visando estabelecer a duração provável das fases fenológicas e do ciclo total de desenvolvimento da cultura do milho para a região de Guarapuava (PR), baseado na soma térmica acumulada.

Material e métodos

O estudo foi desenvolvido tendo como base uma série histórica de dados meteorológicos médios diários para o período de 1984 a 2008 compilados do acervo da estação meteorológica da

Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO em Guarapuava (PR), localizado a 25°23'02" S, 51° 29'43" W, com altitude de 1026 metros. Considerou-se para o estudo o

Zoneamento Agrícola do Estado do Paraná, recomendado pelo Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR. CARAMORI (2003) considera como recomendado para a semeadura da cultura o período de 21 de setembro a 10 de novembro.

Os tratamentos constaram de previsão de semeadura nas datas de 1) 21/09, 2) 01/10, 3) 11/10, 4) 21/10, 5) 31/10 e 6) 10/11. Após a determinação das épocas de semeadura, estas foram subdivididas e caracterizadas os seus estádios fenológicos, seguindo a classificação adaptada e recomendada por FANCELLI (1986): 1)VE-V6, 2)V7-V10, 3)V10-VT, 4)VT, 5)A-F(R1), 6)R2, 7)R3, 8)R4 e 9)R6, sendo resumidamente os sub períodos (V) correspondentes ao número de folhas completamente desenvolvidas presentes na planta, VT (pendoamento), A-F (antese e fecundação) e R (período reprodutivos com fases de desenvolvimento de grãos, sendo R4 - grão pastoso) e R6 maturação fisiológica.

O cálculo da soma térmica em graus-dia (GD) foi realizado a partir da temperatura média do ar subtraída da temperatura base. Assumiu-se que o desenvolvimento das plantas foi constante entre a temperatura base inferior 10°C e temperatura base superior 32°C conforme MONTEITH e ELSTON (1996).

Considerou-se a equação 1:

$$UTD = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(T_{\max} + T_{\min})}{2} - T_b \right] \quad (1)$$

em que: UTD = Unidade térmica diária (°C); T_{máx} = Temperatura máxima do dia considerado (°C); T_{mín} = Temperatura mínima do dia considerado (°C); T_b = Temperatura base inferior.

Resultados e discussão

Os resultados da avaliação da soma térmica para a caracterização fenológica da cultura do milho em Guarapuava-PR, determinados a partir de valores médios climáticos de 24 anos são apresentados na tabela 2 e a representação gráfica da duração temporal das diferentes fases fenológicas é apresentada na Figura 1.

Para totalizar a duração do ciclo de desenvolvimento até a maturação fisiológica foi adicionado o período de seis dias a partir da data de semeadura, necessários para a germinação.

Os dados referentes ao ciclo vegetativo apresentados na tabela 2 se estendem até a maturação fisiológica. Sendo assim, a elaboração de

A soma térmica média necessária no subperíodo entre a emergência (E) e a Antese (A) utilizada para a cultura do milho grupo precoce foi 857 Unidades Térmicas Diárias (UTD), em geral aplicada para cultivares de ciclo normal a partir da antese (sendo que, neste caso, a duração de ciclo aumenta na sequência para cultivar precoce, normal e tardio, respectivamente).

Utilizou-se um acúmulo de 293 UTD e 835 UTD para estimar a data final do subperíodo com a ocorrência de Maturação Leitosa (ML) e Maturação Fisiológica (MF), respectivamente, considerando resultados preconizados por NIED (2003), para os subperíodos emergência a estádio V6 (seis folhas), estádio V7 ao pré-pendoamento, estádio VT (pendoamento) e estádio R2 (grão leitoso), foi considerada um acúmulo de 0 a 295 UTD, 295 a 470 UTD, 470 a 660 UTD e 1010 UTD, respectivamente, considerando resultados (GADIOLI, 2000). Os resultados foram submetidos à análise estatística de variância e teste de comparação de médias.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o software Sisvar. Efetuou-se análise de variância e teste de Tukey para comparação de médias com probabilidade 95%. As análises descritivas foram realizadas pelo agrupamento em Quartis de percentagem conforme metodologia apresentada por PIMENTEL GOMES (1990).

A avaliação estatística dos dados foi realizada por análise de variância e teste de comparação de médias pelo método de Tukey em nível 5% de probabilidade utilizando-se o software estatístico ASSISTAT versão 7.5 beta.

inferências considerando o ciclo semeadura - colheita deve considerar que a partir da maturação fisiológica a cultura ainda necessita de tempo no campo para a redução do teor de umidade do grão, neste caso, conforme MATZENAUER (1997) para aproximadamente 20 a 25%, o que em condições climáticas normais para a região sul do Brasil ocorre em período aproximado de 15 dias após a maturação fisiológica da.

Verifica-se que o ciclo vegetativo total estimado varia entre 114 e 122 dias aproximadamente, com sequencial encurtamento para semeaduras mais tardias em relação ao início do período recomendado a partir de 21 de setembro.

O encurtamento total do ciclo entre as datas extremas de semeadura foi de aproximadamente 8 dias. Esta diferença pode ser maior em regiões com características climáticas diferentes, conforme salientado por autores como FORSTHOFER (2004) e GADIOLI et al. (2000). Entretanto, as

características climáticas da região de Guarapuava (PR), com clima Cfb mesotérmico úmido, não apresentam amplitudes térmicas com valores de extrema variação durante o cultivo que possam ocasionar grandes variações no acúmulo de soma térmica e maior aceleração do ciclo da cultura.

Tabela 2. Estádios Fenológicos de uma planta de milho. Guarapuava-PR, 2011

Datas de Semeadura	Duração dos estádios Fenológicos (dias)*								Ciclo total (dias)
	VE-V6	V7	V10	VT	A-F(R1)	R2	R3	R4-MF	
21 set	22,33a	12,66a	12,95a	12,70a	9,50a	7,37	11,70a	22,45ab	121,91a
01 out	21,33b	12,08ab	12,08b	12,37ab	9,70a	7,41	11,37a	22,45ab	119,50b
11 out	20,66bc	11,95abc	12,33ab	12,16ab	9,75a	7,16	11,16a	22,50ab	117,50c
21 out	20,04cd	11,66bc	11,70b	12,29ab	9,58a	7,08	11,08a	22,41b	115,87d
31 out	19,37de	11,33bc	11,79b	11,95b	9,29a	7,04	11,33a	22,58ab	114,70e
10 nov	18,87e	11,16c	11,58b	11,70b	9,25a	7,04	11,04a	23,16a	113,83e
Média	20,43	11,81	12,07	12,20	9,54	7,18	11,28	22,59	117,25
Dms	0,97	0,85	0,79	0,73	0,52	0,57	0,68	0,74	0,94
C.V. %	5,70	8,61	7,87	7,22	6,59	9,51	7,28	3,94	1,01

* Na coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey com probabilidade de 95%.

Ao se analisar a duração total das fases fenológicas do período vegetativo (VE a VT) nota-se que estas se estenderam por período que variou entre, aproximadamente, 60 e 53 dias para as semeaduras realizadas em 21 de setembro e 10 de novembro, respectivamente.

Esses resultados podem ser considerados como diretamente relacionados com a ocorrência das diferenças verificadas na duração do ciclo vegetativo total, já que para os estádios do período reprodutivo as diferenças são pouco expressivas e sem significância estatística.

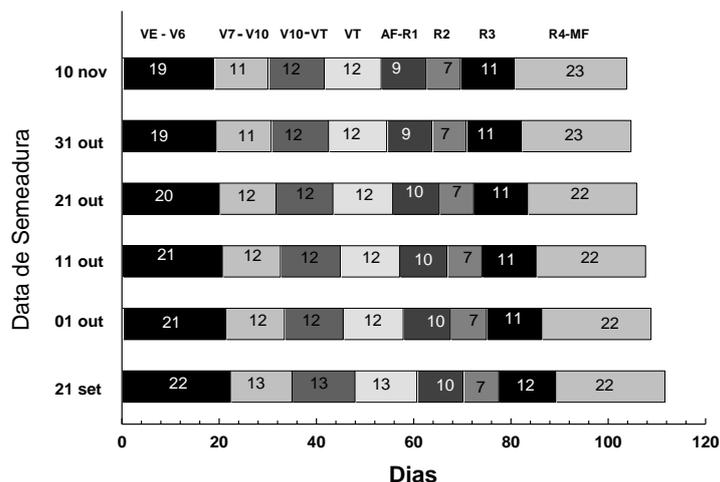


Figura 1. Duração das fases fenológicas da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava-PR. (Média 1984 -2008).

Na figura 2 são apresentados os dados sobre o comportamento das temperaturas máximas e mínimas com o respectivo desvio padrão em relação à média. Verifica-se um comportamento crescente da temperatura até aproximadamente o final do mês de novembro. Pode-se observar que as unidades térmicas diárias (UTD) se apresentaram com valores menores para as semeaduras mais precoces e, conforme as semeaduras avançaram no

decorrer das datas, as UTD se elevaram em conformidade com o aumento das temperaturas, o que ocasionou o encurtamento do período necessário para completar o acúmulo da soma térmica das fases do período vegetativo. Resultados similares são descritos por BRUNINI et al. (2006), onde o aumento da temperatura média acelerou o desenvolvimento fenológico de plantas de milho.

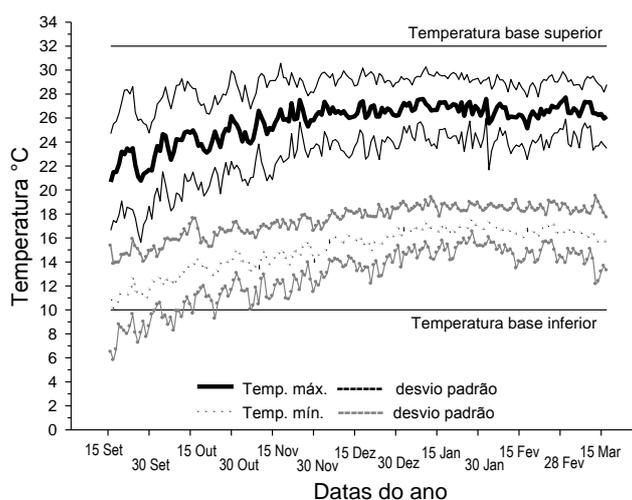


Figura 2. Temperatura média do ar máxima (Máx.) e mínima (Mín.) com desvio padrão da média, ao longo do período de cultivo da cultura do milho em Guarapuava-PR. (Média 1984 -2008).

Com análise da figura 2 pode-se notar que a variação da temperatura tende a concentrar os valores dentro da faixa de desenvolvimento da cultura do milho, sendo que somente até próximo a 15 de outubro a linha que determina o desvio padrão da média mínima apresenta valores fora do limite da temperatura base inferior.

Estas determinações consideram dados climáticos de vários anos para a composição dos valores médios, assim, é esperado que a amplitude das temperaturas alcance valores mais extremos em anos específicos. Neste sentido, se pode inferir que a região apresenta verões amenos, contudo, as mínimas de alguns dias do inverno e inclusive primavera, atingem comumente valores negativos, neste caso, possivelmente o desenvolvimento fenológico da cultura na região seja mais frequentemente afetado por temperaturas abaixo da base inferior do que acima da base superior. Este comportamento é determinado pelas condições climáticas da região Sul, onde

predominam o clima subtropical e temperado, conforme descrevem VILLA NOVA e PEREIRA (2006).

Este processo fica mais evidente para as fases fenológicas do período vegetativo para as semeaduras até 21 de outubro, reduzindo-se as proporções das diferenças em relação às semeaduras de 31 de outubro e 10 de novembro, por estas se desenvolverem já em período que tende a estabilização das médias diárias. Já para o período reprodutivo, a cultura semeada em 21 de setembro chegará à antese aproximadamente em 30 de novembro (70 dias após a semeadura) demonstrando que independente da data de semeadura, as fenológicas do período reprodutivo tenderão a variar menos sua extensão porque ocorrem em condições térmicas mais estáveis.

Desta forma, apesar de as datas extremas de semeadura estarem separadas em 53 dias no tempo, as variações climáticas médias a partir do mês de dezembro não são tão expressivas quanto

as que ocorrem nos meses de setembro, outubro e novembro.

Na região de Ponta Grossa-PR, situada geograficamente próxima à Guarapuava e apresentando condições térmicas aproximadamente similares à Guarapuava (PR), QUIRRENBACH (2007) concluiu que o desenvolvimento fenológico no período reprodutivo do milho é menos sensível à soma térmica em relação ao período vegetativo. Sendo assim, possivelmente, mesmo que a tendência de incremento da temperatura se mantivesse a partir de dezembro, possivelmente as respostas em relação à duração do ciclo vegetativo total manteriam aproximadamente o mesmo comportamento.

Com relação aos resultados da avaliação estatística nota-se na tabela 2 que os coeficientes de variação para a duração das fases fenológicas apresentaram valores inferiores a 10%, o que além de proporcionar a expressão de diferenças estatísticas significativas também demonstra que a soma térmica no período recomendado para o

cultivo do milho na região é um parâmetro que apresenta consistência ao longo dos anos, indicando ser esta uma ferramenta de elevada precisão para o planejamento das lavouras de milho.

Pelos resultados se pode inferir que com a utilização da avaliação da soma térmica é possível se prever a duração do ciclo da cultura do milho, entretanto, diversos resultados de pesquisas, como os apresentados por GADIOLI (2000) e NIED et al. (2005) têm demonstrado que outros fatores de origem climática, principalmente a ocorrência de período de deficiência hídrica podem afetar o desenvolvimento fenológico e o ciclo total da cultura do milho.

Sendo assim, as características climáticas regionais devem ser bem definidas para o estabelecimento de estimativas confiáveis sobre a duração do ciclo completo e especialmente para a separação das diferentes fases fenológicas da cultura do milho, sendo esta metodologia uma ferramenta importante para o manejo da cultura e estudos de aprimoramento das técnicas de cultivo.

Conclusões

Considerando as condições climáticas ocorridas no período entre 1984 e 2008 na região de Guarapuava (PR) conclui-se que:

A utilização da soma térmica é metodologia prática que pode ser utilizada para previsão de duração de fases fenológicas e do ciclo de desenvolvimento da cultura do milho.

Quando o cultivo do milho for realizado dentro do período recomendado conforme

zoneamento agrícola do Paraná, o ciclo de desenvolvimento da cultura entre semeadura e maturação fisiológica varia entre aproximadamente 114 e 122 dias.

As variações mais expressivas na duração temporal das diferentes fases fenológicas do milho ocorrem durante o período de desenvolvimento vegetativo e menos marcadamente no período reprodutivo do ciclo da cultura.

Referencias

- AYOADE, J. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: DIFEL, 1985. 332p.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F. et al. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.243-249. 2006.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R. Teste de um modelo de estimativa do espigamento do milho com base na temperatura do ar. **Agronomia Sulriograndense**, v.22, p. 243-259. 1986.

- BRUNINI, O.; ABRAMIDES, P.L.G.; BRUNINI, A.P.C. et al. Características macroclimáticas, agrometeorológicas e restrições ambientais para o cultivo de milho em regiões tropicais baixas. **Infobios**, Campinas, vol. 1, 2006. Artigo em hipertexto disponível em <http://www.infobios.com/Artigos/2006_3/ambientemilho/index.htm>. Acesso em: 20/1/2011.
- CARAMORI, P.H. **Zoneamento agrícola no Estado do Paraná**. Corporativo: Instituto Agrônomo do Paraná, Londrina: PR, 2003. 76p.
- DOORENBOS, J. ; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem 33, Tradução de *Yield response to water* por: H.R. Gheyi; A.A. Souza; F. A. Damasceno; J.F. de Medeiros). Campina Grande: UFPB, 1994. 306p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba; Porto Alegre: Agropecuária, 2000. 360p.
- FANCELLI, A.L. **Plantas Alimentícias**: guia para estudos e discussão. Piracicaba: CALQ, 1986. 131p.
- FORSTHOFER, E.L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G. et al. Desenvolvimento fenológico e agrônomico de três híbridos de milho em três épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1341-1348, 2004
- GADIOLI, J.L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A.G. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agrícola**, v.57, n.3, p.377-383, 2000.
- MALUF, J.R.T.; CUNHA, G.R. da; EVANGELISTA, B.A. Zoneamento: períodos de semeadura. Safra 2000/2001. **In: Indicações técnicas para a cultura de milho no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, Embrapa Trigo, Emater/RS, Fecoagro/RS, 2001. 135p. (Boletim Técnico, 7).
- MATZENAUER, R. Caracterização fenológica de cultivares de milho em avaliação no Estado do Rio Grande do Sul. **In: Anais da Reunião Técnica Anual do Milho, 42 e Reunião Técnica do Sorgo, 25, 1997, Erechim**. 1997, p.334-341.
- MONTEITH, J.L., ELSTON, J. Climatic constraints on crop production, In: Fowden, L., Mansfield, T., Stoddart, J. (Eds.). **Plant adaptation to environmental stress**. London: Chapman e Hall, 1996. p.3-18.
- NIED A.H.; HELDWEIN, A.B.; ESTEFANEL, V. et al. Épocas de semeadura de milho com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica no município de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, v.35, n.5, p.995-1002, 2005.
- NIED, A.H. **Balanco hídrico diário do solo simulado para diferentes épocas de semeadura do milho em Santa Maria, RS**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria. 2003. 91f.
- OMETTO, J.T.C. **Bioclimatologia Vegetal**. Ed. Agronômica Ceres. São Paulo, 1981, 440 p.
- QUIRRENBACH, I. **Espaçamento entre fileiras e população de plantas em milho**. Dissertação (mestrado em agronomia) - Curso de Pós-graduação em agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR, 2007. 118f.
- RITCHIE, J.T.; D.S.; NeSMITH, Temperature and Crop Development. In: **Modeling Plant and Soil Systems**. Hanks and Ritchie (Eds.). ASA, CSSSA, SSSA, Madison, WI. 1991. 289p.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. How a Corn Plant Develops, Special Report no 48, **Iowa State University of Science and Technology**, Ames, Iowa, 1993. *n.pag.*
- STEWART, D.W.; DWYER, L.M.; CARRIGAN, L.L. Phenological Temperature Response of Maize. **Agronomy Journal**, v.90, p.73-79, 1998.
- VILLA NOVA, N.A.; PEREIRA, A. B. Ajuste do método de Priestley-Taylor às condições climáticas locais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v.26, n.2, p.395-405. 2006.