

VARIABILIDADE E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE TEMPERATURAS MÁXIMAS DECENDIAIS DO AR NO ESTADO DE SANTA CATARINA

VARIABILITY AND PROBABILITY OF MAXIMUM AIR TEMPERATURE FOR TEN DAYS PERIODS IN THE STATE OF SANTA CATARINA

Angelo Mendes Massignam¹, Cristina Pandolfo², Luiz Albano Hammes³, Emanuela Salum Pereira⁴

Recebido em 19/12/2005; aprovado em 07/04/2006.

RESUMO

O estudo da probabilidade de ocorrência da média das temperaturas máximas decendiais é importante para a determinação das melhores épocas de semeadura das culturas anuais, entre outras aplicações. Os objetivos deste estudo foram desenvolver equações para estimativas do desvio padrão das médias das temperaturas máximas decendiais (parâmetro da distribuição normal) e elaborar mapas com as probabilidades de ocorrência da média das temperaturas máximas decendiais para o Estado de Santa Catarina. As probabilidades de ocorrência da média das temperaturas máximas decendiais podem ser estimadas em função da altitude, da latitude e da longitude no Estado de Santa Catarina. O Estado apresenta diferenças significativas na probabilidade de ocorrência da média das temperaturas máximas decendiais.

PALAVRAS CHAVE: Temperatura máxima, longitude, latitude, altitude, probabilidade, distribuição normal.

SUMMARY

The study of probability of maximum air temperature for ten days periods is very useful to determine the better sowing times for annual crops. The objectives of this study were to develop

equations to estimate annual standard deviation (parameter of normal distribution) and to generate maps with the probability of maximum air temperature for ten days periods in Santa Catarina State, Brazil. The probability of maximum air temperature for ten days periods can be estimated according to the altitude, latitude and longitude in Santa Catarina. There were significant differences in the probability of maximum air temperature for ten days periods in different regions of the State.

KEY WORDS: probability, maximum air temperature, longitude, latitude, altitude, normal distribution.

INTRODUÇÃO

A temperatura é um dos fatores ambientais mais importante no crescimento, desenvolvimento e rendimento das culturas. Todos os processos biológicos respondem à temperatura (HUNT et al., 2001). Porém, existem poucos estudos do efeito das temperaturas máximas do ar no rendimento das culturas (RITCHIE e NESMITH, 1991; ESTEFANEL et al., 1994). As altas temperaturas reduzem a taxa de fotossíntese (WHITE e REYNOLDS, 2001, CRAFTS-BRANDNER e SALVUCCI, 2004) e a duração da atividade fotossintética e, como consequência, diminui o rendimento das culturas (AL KHATIB e PAULSEN,

¹Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agrometeorologia, Ph D em Fisiologia Vegetal da Produção. EPAGRI, EECN. CP.116, Fone/Fax (049) 541-0748. 89.620-000 — Campos Novos — SC. Email: massigna@epagri.rct-sc.br.

²Engenheira Agrônoma, Mestre em Fitotecnia - A.C. Agrometeorologia, AGROCONSULT/ MAPA/EPAGRI/CIRAM, Fone (048) 239-8005. 88.034-901 — Florianópolis — SC. Email: cristina@epagri.rct-sc.br.

³Engenheiro Agrônomo, AGROCONSULT/ MAPA/EPAGRI/CIRAM, Fone (048) 239-8005. 88.034-901 — Florianópolis — SC. Email: hammes@epagri.rct-sc.br.

⁴Analista de Sistemas, AGROCONSULT/ MAPA/EPAGRI/CIRAM, Fone (048) 239-8005. 88.034-901 — Florianópolis — SC. Email: manu@epagri.rct-sc.br.

1990). Alguns estudos demonstraram que altas temperaturas reduzem os rendimentos do arroz (MORITA et al., 2005), feijão (MASSIGNAM et al., 1998) e milho (COMMURI e JONES, 2001). Esta redução no rendimento está relacionada com a redução do peso de grãos (COMMURI e JONES, 2001; MORITA et al., 2005 e da taxa de polinização (COMMURI e JONES, 2001). A explicação da redução do rendimento das culturas anuais às altas temperaturas está na redução do ciclo, especialmente o sub-período de enchimento de grãos e o não aumento compensatório da taxa de enchimento de grãos (CANTARERO et al., 1999, WILHELM et al., 1999 e WHITE e REYNOLDS, 2001). Além destes efeitos restritivos das altas temperaturas nas culturas anuais de verão, tanto no crescimento como no desenvolvimento, nos meses de inverno as altas temperaturas têm ação desvernalizante sobre as criófitas (ESTEFANEL et al., 1994). Temperaturas acima de 21°C durante o outono e inverno anulam os efeitos das baixas temperaturas na quebra de dormência (PETRI et al, 1996).

A deficiência de estações meteorológicas com séries longas e também a falta de estações levou vários autores a desenvolver equações para a estimativa de algumas variáveis meteorológicas em função da latitude, da longitude e da altitude nos Estados brasileiros (FERREIRA et al., 1971 e LUIZ e SILVA, 1995) e em Santa Catarina (BRAGA et al., 1987; FERREIRA et al., 1974; MASSIGNAM e DITTRICH, 1998; MASSIGNAM e PANDOLFO, 2006a b).

Estudos da probabilidade de ocorrência de altas temperaturas e a sua espacialização, tais como, Gonçalves et al. (1997) e Mota et al. (1999) são importantes na definição das melhores épocas de semeadura e na determinação do risco de produção para cada região. O objetivo geral deste estudo foi gerar informações da probabilidade de ocorrência das temperaturas máximas decendiais para a elaboração do zoneamento agrícola das culturas, considerando os riscos associados à variabilidade climática. Os objetivos específicos foram avaliar e aplicar o modelo "distribuição normal" para estimativas das probabilidades da ocorrência da

média das temperaturas máximas decendiais, elaborar equações para a estimativa do desvio padrão da média das temperaturas máximas decendiais (parâmetro da distribuição normal), em função da latitude, longitude e altitude e elaborar a espacialização das probabilidades de ocorrência da média das temperaturas máximas decendiais para o Estado de Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas as temperatura máximas médias decendiais do ar de 28 locais do Estado de Santa Catarina, provenientes de séries históricas de períodos não uniformes, apresentando no mínimo nove anos de registros (Tabela 1).

Ao ajustar uma distribuição de probabilidade a um conjunto de dados, considera-se a hipótese de que a distribuição pode representar adequadamente o conjunto de informações e a qualidade do ajuste pode ser conhecido estatisticamente. Foi usado o teste χ^2 para verificar a aderência da distribuição da média das temperaturas máximas do ar decendiais com a distribuição normal.

A probabilidade de ocorrência média das temperaturas máximas decendiais foi estimada utilizando a distribuição normal, a qual utiliza dois parâmetros: média e desvio padrão. Foram utilizadas as equações que estimam a média das temperaturas máximas decendiais em função da altitude, da latitude e da longitude no Estado de Santa Catarina (MASSIGNAM e PANDOLFO, 2006a). O desvio padrão foi estimado utilizando as equações estabelecidas neste estudo. Para determinar o conjunto das variáveis independentes (altitude, latitude e longitude) que melhor explicam a variável dependente (desvio padrão da média das temperaturas máximas decendiais) foi aplicado o método de regressão "stepwise" (regressão passo a passo) com probabilidade de erro igual a 5% ($\alpha = 0,05$) para a variável entrar ou sair do modelo, segundo a expressão geral:

$$DP = a + b \times alt + c \times lon + d \times lat$$

onde: DP é o desvio padrão da média das temperaturas máximas decendiais, *alt* é a altitude em metros,

Tabela 1- Local, altitude, latitude e longitude das estações meteorológicas, período e número de anos utilizados e fonte das séries históricas.

Local	Altitude	Lat	Long	Período	Número de anos	Fonte
Caçador	960	-26°46'	-51°01'	1961 - 2004	44	Epagri
Campo Erê	900	-26°26'	-53°04'	1987 - 2004	9	Epagri
Campos Novos	947	-27°24'	-51°12'	1931 - 2004	56	Epagri /INMET
Chapecó	679	-27°07'	-52°37'	1974 - 2004	31	Epagri /INMET
Curitibanos	1040	-27°17'	-50°34'	1915 - 2002	41	Epagri /INMET
Itajaí	5	-26°54'	-48°39'	1981 - 2004	23	Epagri
Itapiranga	200	-27°11'	-53°39'	1987 - 2004	15	Epagri
Ituporanga	475	-27°22'	-49°35'	1986 - 2004	19	Epagri
Lages	937	-27°49'	-50°20'	1928 - 2004	56	Epagri /INMET
Lebon Regis	1040	-26°59'	-50°52'	1991 - 2004	13	Ass. de fruticultores
Major Vieira	765	-26°21'	-50°20'	1988 - 2004	16	Epagri
Ponte Serrada	1100	-26°52'	-52°01'	1987 - 2004	18	Epagri
São Joaquim	1415	-28°18'	-49°56'	1955 - 2004	50	Epagri /INMET
São Miguel	700	-26°47'	-53°30'	1988 - 2004		Epagri
D'Oeste					17	
Urussanga	48	-28°31'	-49°19'	1924 - 2004	25	Epagri
Videira	779	-27°00'	-51°09'	1971 - 2004	34	Epagri
Xanxerê	841	-26°51'	-52°24'	1983 - 1999	15	Epagri /INMET

lon é a longitude em graus e décimo positivo, *lat* é a latitude em graus e décimo positivo e *a*, *b*, *c* e *d* são os coeficientes do modelo.

Para a elaboração dos mapas foi gerada uma grade homogênea de pontos (eqüidistantes em 1,5 km) para todo o Estado. Esta grade de pontos foi cruzada com o mapa hipsométrico do Estado, obtido por sensoriamento remoto com resolução de 90 m, obtendo-se uma grade de pontos georreferenciados com suas latitudes, longitude e altitudes correspondentes. Este processo foi realizado utilizando o programa ArcGis 9.0. Para cada ponto da grade foram estimados os valores de probabilidade de ocorrência média das temperaturas máximas decendiais através da distribuição normal.

Foi utilizado o programa ILWIS 3.2 Academic para a elaboração das isolinhas das probabilidades das médias das temperaturas máxima decendiais. O método de interpolação utilizado foi da "média móvel". Os mapas das probabilidades foram agrupados em cinco classes e o mapa final das probabilidades foi exportado para o formato "shape" para a criação do "layout" do mapa utilizando o software ArcGis 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste χ^2 mostrou que a média das temperaturas máximas decendiais ajustou-se satisfatoriamente à distribuição normal para todos os decêndios e para todas as estações estudadas. A Figura 1 apresenta

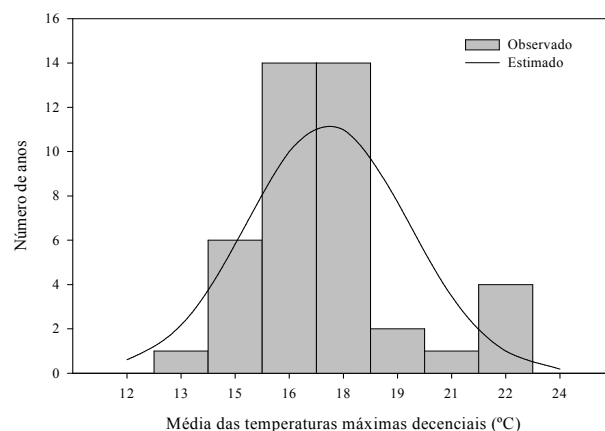


Figura 1- Histograma de frequência e distribuição normal da média das temperaturas máximas decendiais para a estação meteorológica de Campos Novos para o primeiro decêndio de janeiro.

Tabela 2- Média das temperaturas máximas decendiais (°) para as estações meteorológicas de Santa Catarina.

Estações Meteorológicas	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril			Maio			Junho		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Araranguá	29,0	28,8	29,4	29,3	28,7	28,9	28,8	27,4	27,3	26,4	25,8	24,6	23,5	23,4	22,4	22,1	20,9	21,2
Caçador	26,5	26,5	26,7	26,7	26,3	26,2	26,1	25,5	24,6	23,5	22,8	21,8	20,6	20,1	19,2	18,5	18,1	19,0
Campo Erê	27,9	28,0	27,2	26,3	27,3	27,3	28,1	27,8	27,5	25,2	25,1	24,1	22,9	21,2	20,8	20,2	19,1	18,9
Campos Novos	26,9	26,8	27,3	26,9	26,5	26,6	26,6	25,6	24,9	23,5	22,8	21,9	20,7	19,9	18,7	18,0	17,9	18,3
Chapecó	29,2	28,9	29,1	28,6	28,4	28,4	28,6	27,8	27,0	25,7	24,6	24,0	22,6	21,6	20,3	19,3	19,8	19,8
Curitibanos	26,3	26,1	26,5	25,8	25,4	26,4	26,1	25,3	24,6	23,4	22,2	22,1	20,0	19,0	17,7	18,4	17,2	17,5
Florianópolis	28,0	28,5	28,8	29,0	28,7	28,8	28,6	28,0	27,3	26,3	26,0	25,2	24,2	23,7	22,6	21,8	21,2	20,9
Fraiburgo	26,4	26,6	26,9	26,6	26,8	26,1	25,6	25,1	24,3	22,9	22,6	21,1	19,5	19,4	18,3	17,3	17,3	17,8
Indaial	31,2	31,7	31,9	32,3	31,1	31,7	31,6	31,1	30,0	28,6	28,3	27,6	26,2	25,1	23,4	23,0	22,1	23,0
Ita	31,9	32,3	31,9	31,4	31,1	31,1	31,6	29,8	30,4	28,2	27,2	25,6	23,9	23,4	22,1	19,4	20,8	20,8
Itajaí	29,3	29,8	30,0	30,1	29,7	30,3	29,7	29,3	28,6	27,7	26,9	26,3	25,3	24,5	23,4	22,5	21,9	21,9
Itapiranga	31,3	30,6	32,5	30,7	31,4	31,2	32,3	31,3	30,0	28,9	27,7	26,7	24,2	23,3	22,5	22,1	21,5	20,7
Ituporanga	28,5	29,2	29,2	29,5	28,8	29,5	29,1	28,8	27,7	25,9	25,0	24,2	22,6	21,9	20,2	19,6	19,1	19,0
Lages	26,3	26,4	26,3	26,4	26,0	26,1	25,8	25,0	24,0	22,6	21,9	20,8	19,8	19,0	18,0	17,4	16,8	17,3
Laguna	27,4	28,3	28,1	28,2	28,2	27,9	27,4	26,9	26,3	25,5	24,9	24,2	23,3	22,5	22,1	20,5	20,3	20,2
Lebon Régis	26,4	25,7	26,1	25,7	25,1	25,6	25,1	25,0	23,8	23,2	22,0	22,1	20,5	19,1	18,2	17,9	18,1	17,5
Major Vieira	27,2	26,2	27,8	27,5	26,6	27,3	27,0	26,5	25,4	24,7	23,7	23,4	20,6	20,2	18,9	19,3	18,3	19,0
Massaranduba	29,2	30,1	30,5	29,8	29,8	30,9	29,8	29,3	29,0	27,9	27,2	26,4	25,4	24,6	23,1	22,6	21,8	21,6
Matos Costa	24,8	24,7	25,1	24,9	24,2	24,9	24,5	23,9	22,7	21,9	20,8	20,4	19,2	17,9	16,6	16,7	16,4	16,5
Ponte Serrada	26,9	26,2	26,4	26,0	25,6	25,9	26,7	26,0	24,8	24,3	22,7	22,8	20,8	19,5	18,3	18,5	18,0	18,1
Porto União	29,1	28,9	29,2	29,2	29,1	28,6	28,6	27,5	26,7	25,0	24,7	23,0	22,1	21,2	20,3	18,8	18,2	19,1
Rio do Campo	28,6	29,1	29,5	29,9	26,6	29,3	28,1	27,5	26,1	26,3	24,2	23,8	22,9	20,9	19,9	18,8	19,2	18,6
Rio Negrinho	26,9	26,9	26,8	26,9	26,1	27,3	26,3	25,5	24,8	23,6	23,2	23,2	20,5	20,4	19,4	18,7	19,2	18,8
São Joaquim	22,8	23,0	23,3	23,1	22,6	22,7	22,5	21,6	20,8	19,7	18,8	17,8	16,7	16,2	15,2	14,5	14,3	14,7
São Miguel d' Oeste	29,4	28,6	28,8	28,3	27,7	28,2	28,5	27,8	26,1	26,2	24,1	24,4	22,4	21,1	20,1	19,8	19,5	19,0
Urussanga	30,4	30,3	30,7	30,7	29,9	30,3	30,1	29,1	28,6	27,5	27,0	26,1	25,0	24,5	23,6	22,7	22,0	22,4
Videira	28,0	28,2	28,7	28,4	28,1	28,1	28,1	27,4	26,6	25,4	24,4	23,8	22,4	21,7	20,3	19,9	19,8	20,1
Xanxerê	28,8	28,3	28,5	27,8	27,7	27,8	28,6	26,7	26,8	26,0	24,4	24,0	22,8	22,0	20,9	19,4	20,6	20,8

um exemplo deste ajuste entre a distribuição de frequência observada e a estimada pela distribuição normal da média das temperaturas máximas decendiais para a estação meteorológica de Campos Novos no primeiro decêndio de janeiro.

As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores obtidos dos parâmetros "média" e "desvio padrão" da média das temperaturas máximas decendiais. Com estes parâmetros, foi possível determinar a probabilidades de ocorrência da média das temperaturas máximas decendiais abaixo ou acima de qualquer valor

para as estações meteorológicas estudadas do Estado de Santa Catarina.

De forma geral, a média das temperaturas máximas decendiais apresentaram um ajuste adequado entre os valores observados e estimados, usando as equações publicadas por Massignam e Pandolfo (2006a). Os coeficientes de determinação (r^2) da regressão entre a média das temperaturas máximas decendiais observadas e estimadas variaram de 0,69 a 0,92. Estes valores de coeficientes de determinação não diferiram dos publicados pelos autores. Por-

Tabela 2- Média das temperaturas máximas decendiais para as estações meteorológicas de Santa Catarina (continuação).

Estações Meteorológicas	Julho			Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Araranguá	20,3	21,5	21,0	21,0	22,0	22,1	21,7	21,5	22,5	23,6	23,7	24,2	25,3	25,7	26,8	27,6	28,4	28,7
Caçador	17,9	18,5	19,1	19,9	19,6	20,9	20,6	20,8	20,9	22,0	22,6	23,5	24,1	24,7	25,3	25,6	26,2	26,0
Campo Erê	18,8	19,4	19,7	20,7	21,8	24,0	22,8	22,3	23,7	24,8	24,0	25,7	26,1	26,9	27,2	27,7	27,6	27,9
Campos Novos	17,5	18,2	18,8	19,0	19,3	20,7	20,1	20,6	21,4	22,0	22,6	23,5	23,9	24,9	25,4	26,0	26,4	26,7
Chapecó	19,6	19,6	20,3	21,2	21,0	23,1	22,3	22,7	23,2	24,5	25,1	26,2	26,1	27,1	27,6	28,1	28,3	28,7
Curitibanos	17,5	17,6	17,9	18,4	19,5	21,2	20,1	19,2	19,7	20,9	22,0	22,8	23,5	24,4	24,7	25,9	26,0	26,1
Florianópolis	20,5	20,6	20,5	20,8	20,9	21,2	21,1	21,4	21,9	22,6	23,1	24,1	24,6	25,3	25,9	26,6	27,5	27,5
Fraiburgo	17,1	17,2	17,7	19,5	17,8	19,8	18,7	20,4	21,1	21,4	21,9	23,9	23,0	24,6	25,2	25,1	26,0	25,8
Indaial	21,2	21,4	22,1	22,4	23,7	25,2	23,9	23,9	23,9	25,2	26,9	27,4	27,6	29,2	29,7	30,3	31,2	30,8
Itá	20,7	21,4	21,0	22,2	22,8	24,6	24,6	24,5	24,5	27,0	27,7	29,1	28,5	30,3	30,6	31,5	31,7	31,5
Itajaí	21,2	21,5	21,4	22,0	22,1	22,9	22,7	22,6	22,8	24,1	24,5	25,4	26,0	26,6	27,5	27,9	29,1	28,9
Itapiranga	21,3	21,1	22,1	22,1	24,4	25,7	25,2	24,1	24,1	26,9	26,6	27,9	29,7	30,7	31,2	32,5	32,4	32,4
Ituporanga	18,2	18,9	19,2	20,1	20,5	21,8	21,2	21,1	21,6	23,1	23,9	25,0	25,9	27,4	27,3	28,6	28,9	28,8
Lages	16,5	17,2	17,5	17,7	18,1	19,4	19,0	18,7	19,8	20,7	20,8	22,2	22,9	23,6	24,3	25,0	25,7	25,8
Laguna	19,8	19,9	20,0	20,3	19,6	19,8	19,0	20,8	21,2	21,6	21,7	23,2	23,8	24,0	24,6	25,7	26,7	26,6
Lebon Régis	17,5	17,9	18,4	18,8	19,8	21,8	20,4	20,1	19,9	20,5	22,5	22,5	23,7	24,0	24,7	25,5	25,8	26,1
Major Vieira	18,1	17,6	19,1	19,1	20,2	22,1	21,4	20,7	20,7	21,4	23,0	23,8	25,3	25,9	26,2	26,9	26,7	26,7
Massaranduba	21,6	22,4	22,1	21,5	23,0	23,5	22,6	22,9	21,3	23,4	24,5	25,7	26,4	27,1	27,8	28,6	29,6	28,8
Matos Costa	16,1	16,4	16,9	16,9	18,6	20,0	18,7	18,5	18,4	19,4	21,1	21,2	22,4	22,9	23,5	24,3	24,5	24,5
Ponte Serrada	17,6	17,7	18,1	19,1	20,5	22,0	21,1	20,6	20,9	22,0	22,8	23,7	24,4	25,3	25,3	26,0	25,9	26,3
Porto União	18,6	19,4	19,8	20,9	20,6	21,5	21,5	22,4	23,3	24,0	24,9	25,3	26,3	26,9	27,8	28,2	28,6	28,4
Rio do Campo	18,3	19,3	20,0	19,5	20,7	23,1	23,0	21,0	21,2	22,2	23,0	23,1	25,8	25,2	26,4	27,6	28,9	29,5
Rio Negrinho	18,4	18,4	18,5	19,3	20,2	21,2	20,6	19,9	20,1	22,0	23,6	23,0	24,2	24,7	25,7	26,3	26,4	26,4
São Joaquim	14,1	14,7	15,0	15,7	15,8	16,9	16,8	17,0	17,2	18,4	18,5	19,3	19,7	20,5	21,1	21,7	22,5	22,4
São Miguel d' Oeste	18,7	19,1	20,3	20,7	22,2	23,9	22,7	22,3	22,6	24,2	25,3	25,9	26,2	27,1	27,8	28,7	28,4	28,7
Urussanga	21,9	22,7	22,4	22,5	22,9	23,6	23,3	23,6	24,5	25,1	25,4	26,5	27,1	27,7	28,6	29,1	30,1	29,8
Videira	19,8	19,7	20,7	21,4	20,8	22,5	21,8	22,4	22,7	23,6	24,4	25,6	25,6	26,8	26,9	27,4	27,9	28,1
Xanxerê	20,4	20,4	20,4	20,6	21,6	23,5	22,6	22,5	22,8	24,2	26,0	26,1	26,1	27,9	27,4	29,0	28,3	28,3

tanto, para a estimativa da média das temperaturas máximas decendiais foram usadas às equações publicadas.

Os valores de desvio padrão apresentaram variação temporal, sendo que os maiores valores foram obtidos nos meses de junho a setembro e os menores nos meses de verão. Portanto, a variabilidade da média das temperaturas máximas decendiais foi maior no inverno provavelmente devido à entrada de frentes frias. Segundo Pedro Júnior et al. (1991), no

inverno existe maior predomínio de massas polares e o efeito dos fatores climáticos locais se faz sentir de modo mais acentuado. Dentre esses fatores, destacam-se certas particularidades da configuração do relevo que, ao permitirem a acumulação do ar frio, criam condições topoclimáticas muito individualizadas, afetando a intensidade do resfriamento e as temperaturas resultantes.

O método de regressão "stepwise" selecionou a variável longitude como significativa em 22

Tabela 3 - Desvio padrão da média das temperaturas máximas decendiais (°C) para estações meteorológicas de Santa Catarina.

Estações Meteorológicas	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril			Maio			Junho		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Araranguá	1,4	1,4	1,7	2,3	1,5	1,6	2,1	2,3	1,7	1,5	1,7		3,0	2,4	2,2	2,3	2,0	2,6
Caçador	1,6	1,3	1,4	1,7	1,6	1,9	1,6	1,8	1,6	1,7	1,7	2,1	2,0	1,7	2,2	2,7	2,3	2,1
Campo Erê	2,1	2,5	2,0	2,3	1,7	2,1	2,0	1,9	2,5	2,8	3,3	2,3	3,8	3,5	3,1	3,4	2,8	2,6
Campos Novos	1,9	1,5	1,6	2,0	1,8	1,9	1,5	1,6	1,7	1,8	2,1	2,0	2,3	2,3	2,4	2,8	2,0	2,2
Chapecó	1,5	1,4	1,4	1,9	1,3	1,7	1,4	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,6	2,3	2,5	3,1	2,4	2,5
Curitibanos	1,6	1,4	1,0	1,7	1,4	1,6	1,7	2,0	1,6	1,1	2,4	1,9	2,5	2,3	2,6	2,5	2,3	2,1
Florianópolis	1,4	1,4	1,4	1,5	1,0	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,4	1,4	1,7	1,4	1,8	2,1	1,6	1,6
Fraiburgo	2,0	1,9	2,1	2,5	2,3	1,9	2,1	1,2	1,8	2,2	1,6	1,9	2,3	1,9	2,8	2,5	2,4	2,5
Indaial	2,1	1,3	2,0	2,0	1,5	1,8	2,4	2,4	2,0	1,1	2,2	1,5	1,7	2,0	1,8	2,9	1,6	1,9
Ita	1,8	1,6	1,5	2,0	1,5	1,8	1,3	1,7	2,2	1,8	1,2	1,4	2,4	2,2	3,1	2,8	3,1	2,2
Itajaí	1,7	1,4	1,4	1,7	1,3	1,4	1,7	1,6	1,7	1,2	1,5	1,3	1,8	1,5	2,0	2,3	1,6	1,9
Itapiranga			1,9		1,1	1,8	1,7	1,9	2,4	1,8	2,4	2,3	3,0	3,1	2,7	3,1	2,7	3,4
Ituporanga	2,6	2,0	1,6	2,0	1,4	1,5	2,0	1,8	1,8	2,3	2,5	2,6	2,0	2,2	2,2	2,2	1,9	2,3
Lages	1,9	1,3		1,7	1,5	1,9	1,5	1,9	1,7	1,5	1,8	2,0	1,9	2,0	2,3	2,4	2,0	2,2
Laguna	1,1	1,3	1,1	1,2	0,9	1,3	1,9	1,0	0,9	1,5	0,8	1,9	1,7	1,9	1,6	2,4	1,9	1,6
Lebon Régis	1,3	1,2	1,2	1,5	1,3	1,7	2,2	1,8	1,1	1,3	2,5	1,9	2,0	1,9	1,9	3,1	1,9	2,7
Major Vieira	2,3		1,2	2,1	1,9	1,7	1,8	2,9	2,4	1,5	2,3	1,8	2,4	1,8	2,2	2,7	2,4	2,5
Massaranduba	1,8	1,4	1,9	2,4	1,4	1,6	2,2	1,1	1,7	1,9	1,8	1,0	1,7	1,2	1,9	2,3	1,7	2,0
Matos Costa	1,5	1,2	1,2	1,6	1,4	2,1	2,0	1,8	1,2	1,7	2,4	1,9	1,9	2,0	2,0	2,6	2,3	2,4
Ponte Serrada	1,3	1,5	1,0	1,4	0,8	2,4	1,5	1,7	1,9	1,3	2,9	1,7	2,3	2,0	1,7	2,4	2,0	2,5
Porto União	1,8	1,5	2,1	2,0	2,1	2,2	1,4	1,9	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	2,1	2,0	2,2	2,2	2,0
Rio do Campo	1,9	2,0	1,5	2,8	2,7	2,2	2,2	2,7	2,0	1,7	2,2	2,2	1,4	1,0	1,3	1,7	2,0	2,9
Rio Negrinho	1,8	1,2	1,9	1,9	2,5	1,6	2,3	3,2	1,7	2,3	2,0	2,3	2,4	1,9	1,5		2,0	2,0
São Joaquim	1,8	1,2	1,5	1,7	1,7	1,8	1,5	1,7	1,6	1,6	1,7	2,0	2,3	2,2	2,4	2,5	2,1	2,0
São Miguel d' Oeste	1,4	1,5	1,2	1,6	0,9	1,5	1,9	1,9	1,5	1,5	2,8	2,3	3,1	2,6	2,3	2,7	2,5	3,1
Urussanga	1,9	1,6	1,7	2,1	2,0	2,2	1,9	2,0	1,7	1,6	1,6	2,1	2,1	2,3	2,5	2,2	2,0	2,4
Videira	1,6	1,5	1,3	1,6	1,6	2,0	1,7	1,7	1,9	1,9	2,0	2,2	2,4	1,9	2,4	2,8	2,3	2,3
Xanxerê	1,7	2,3	1,6	2,3	2,5	2,0	2,3	2,6	1,8	1,8	2,3	2,2	2,9	2,7	2,3	3,4	2,6	2,3

decêndios (82% das regressões), a variável latitude em quatro regressões (18%) e a variável altitude em três regressões (13%). Os coeficientes de determinação da regressão entre as variáveis independentes (altitude, latitude e longitude) e o desvio padrão da média das temperaturas máximas decendiais foram baixos (0,17 a 0,67) e em alguns decêndios nenhuma variável independente estudada foi significativa no modelo de regressão linear múltipla (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Estafanel et al. (1978). A latitude, longitude e altitude tiveram pouca influência no desvio padrão das tem-

peraturas mínimas absolutas mensais e anuais no Rio Grande do Sul. Em contraste, Massignam et al. (2005) observaram que os desvios padrões do total de horas de frio anual tenderam aumentar com o aumento da altitude sendo que o coeficiente de determinação da regressão do desvio padrão com a altitude foi igual a 54% ($r^2=0,54$). Os valores dos desvios padrões da média das temperaturas máximas decendiais nas estações estudadas de Santa Catarina dentro dos decêndios apresentaram certa variabilidade (Tabela 3). Estas variações foram devidas principalmente a longitude. Houve um aumento do desvio padrão com

Tabela 3 - Desvio padrão da média das temperaturas máximas decendiais (°C) para estações meteorológicas de Santa Catarina (continuação).

Estações Meteorológicas	Julho			Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Araranguá	2,9	2,6	2,2	2,5	2,1	2,3	2,2	1,2	2,9	2,1	1,8	2,1	2,3	1,5	1,3	1,4	1,6	1,6
Caçador	2,2	2,6	2,5	2,4	2,2	3,2	2,7	2,6	2,3	2,3	2,1	1,7	1,7	1,7	1,4	1,3	1,4	1,5
Campo Erê	2,7	3,3	3,3	3,1	2,6	3,1	2,8	2,2	2,9	2,2	2,3	1,5	1,8	1,5	2,0	1,1	2,4	2,6
Campos Novos	2,8	2,8	3,0	2,7	2,3	3,2	2,6	2,6	2,4	2,3	1,9	1,7	1,5	1,8	1,2	1,4	1,3	1,5
Chapecó	2,8	2,7	3,0	2,9	2,8	3,0	3,0	2,6	2,5	2,1	2,2	1,6	1,7	2,0	1,4	1,7	1,4	1,1
Curitibanos	2,5	3,2	3,1	2,9	2,5	2,8	2,7	1,8	2,5	2,7	2,2	1,5	1,7	1,4	1,5	1,6	1,5	1,3
Florianópolis	1,7	1,8	1,7	1,6	1,4	1,7	1,6	1,1	1,3	1,4	1,5	1,1	1,2	1,6	1,4	1,2	1,5	1,4
Fraiburgo	2,8	3,2	3,5	3,0	2,0	3,2	2,7	3,0	3,2	2,5	2,5	1,9	2,0	2,2	2,0	1,7	1,6	1,7
Indaial	2,3	2,4	1,6	2,7	2,3	1,8	2,6	1,4	2,5	2,9	2,4	1,9	1,7	1,9	1,9	1,4	2,1	1,9
Itá	2,3	2,6	2,6	3,3	2,6	3,1	2,6	2,5		2,1	2,7	2,0	1,7	3,4	1,6	2,4	1,8	1,5
Itajaí	1,7	2,1	2,0	2,0	1,4	2,1	1,8	1,5	1,7	1,7	1,4	1,5	1,7	1,8	1,4	1,2	1,5	1,5
Itapiranga	3,2	3,9	3,3	3,2	2,5	3,1	3,0	3,1	3,2	1,8	3,6	2,8	2,1	1,1	1,3	1,3	1,9	1,5
Ituporanga	1,6	2,1	2,4	2,9	2,4	2,3	2,8	1,9	2,2	2,5	2,4	1,6	1,6	1,8	1,6	1,4	1,9	1,5
Lages	2,5	2,4	2,5	2,8	2,0	2,8	2,8	2,2	2,2	2,2	3,1	1,6	1,7	1,8	1,5	1,4	1,5	1,6
Laguna	2,0	1,6	1,6	1,7	1,4	2,0	3,1	1,4	1,7	1,1	0,9	0,8	1,1	1,5	0,8	0,7	1,2	1,1
Lebon Régis	2,5	2,3	2,5	3,2	2,4	2,9	3,4	1,8	2,8	2,3	1,8	1,6	1,7	1,5	1,8	1,4	1,4	1,4
Major Vieira	2,4	3,1	2,9	2,4	1,9	2,9	2,9	1,8	2,7	3,1	2,2	1,5	1,8	2,1	2,0	1,2	2,9	2,9
Massaranduba	2,3	3,0	2,4	1,1	1,5	2,9	2,4	1,3	2,4	1,7	1,9	1,4	1,7	2,3	1,9	1,4	1,8	2,8
Matos Costa	2,6	2,1	2,4	2,8	2,9	2,5	3,0	2,0	3,1	2,5	1,8	1,5	1,6	1,6	2,0	1,2	1,6	1,7
Ponte Serrada	2,4	3,1	3,0	2,6	1,9	2,9	2,6	1,6	2,5	2,4	2,0	1,4	1,7	1,1	1,3	1,3	1,3	1,4
Porto União	2,8	2,2	2,0	2,6	1,9	2,7	2,4	2,9	2,1	2,4	2,0	2,2	1,9	2,1	1,6	1,5	1,6	1,5
Rio do Campo	2,4	3,0	2,4	1,8	2,6	2,0	3,6	1,2	3,0	3,5	1,7	1,5	2,0	1,9	1,7	1,9	1,1	0,9
Rio Negrinho	2,1	2,9	3,4	2,2	3,0		3,8	2,7	3,1	2,7	2,2	2,1	2,1	2,3	1,9	1,4	1,6	1,8
São Joaquim	2,4	2,3	2,8	2,4	2,2	2,8	2,6	2,5	2,3	2,4	2,0	1,5	1,8	1,8	1,4	1,3	1,6	1,4
São Miguel d' Oeste	3,6	3,5	3,4	3,0	2,5	3,3	3,3	2,0	2,6	2,6	2,0	1,4	1,9	1,4	1,4	1,2	1,4	1,1
Urussanga	2,6	2,4	2,7	2,8	2,2	2,6	2,4	2,3	2,4	2,4	2,1	1,7	1,9	2,2	1,5	1,4	1,8	2,0
Videira	2,7	2,9	2,9	2,8	2,8	3,7	2,9	2,6	2,5	2,2	2,1	1,7	1,7	1,9	1,5	1,4	1,4	1,4
Xanxerê	2,5	3,7	3,3	2,4	2,3	3,4	3,0	2,4	3,0	2,0	2,8	1,7	2,0	3,1	1,3	1,5	1,5	1,4

Obs: Alguns valores de desvio padrão foram eliminados devido apresentarem valores discrepantes.

o aumento da longitude de 48°W a 51°W. Estes resultados contrastam com os resultados de outros estudos para o Estado de Santa Catarina. As variações do número médio mensal e a da probabilidade mensal de ocorrência de geada (MASSIGNAM e DITTRICH, 1998), das médias das temperaturas máximas, das médias e das mínimas do ar (MASSIGNAM e PANDOLFO, 2006a) e a evapotranspiração de referência (MASSIGNAM e PANDOLFO, 2006b) foram devidas principalmente a variações da altitude. Entretanto, a amplitude térmica anual (diferença entre a temperatura máxima e a

mínima anual) teve efeito com longitude (MASSIGNAM e PANDOLFO, 2006a e ESTEFANEL et al., 1974). A amplitude térmica aumentou com o aumento da longitude até aproximadamente -51°W. Além desta longitude, a amplitude térmica praticamente não se alterou. Em Santa Catarina a longitude coincide com o afastamento do litoral, isto é, com a continentalidade, que tem influência na amplitude térmica.

De forma geral, as probabilidades de ocorrência da média das temperaturas máximas decendiais apresentaram um adequado ajuste entre valores ob-

Tabela 4- Coeficientes das equações de regressão da estimativa do desvio padrão das temperaturas máximas decendiais em função da altitude, latitude e longitude no Estado de Santa Catarina.

Decêndio	intercepto	Longitude	Latitude	Altitude	r ²
1	1,74				
2	1,53				
3	1,53				
4	1,91				
5	1,58				
6	1,66			0,0002	0,17
7	1,83				
8	1,91				
9	-3,79	0,11			0,19
10	1,70				
11	0,39	0,17	-0,26		0,44
12	-3,46	0,11			0,18
13	-10,89	0,26			0,48
14	-19,69	0,28	0,27		0,56
15	-6,09	0,16			0,30
16	-6,58	0,18			0,45
17	-8,16	0,20			0,67
18	-7,52	0,19			0,49
19	-8,07	0,21			0,49
20	-10,33	0,26			0,45
21	-8,04	0,21		0,0004	0,56
22	-9,56	0,24			0,43
23	-6,02	0,16			0,29
24	-10,00	0,25			0,55
25	2,47			0,0004	0,17
26	-9,23	0,22			0,31
27	-6,00	0,17			0,28
28	1,96			0,0005	0,21
29	-7,72	0,19			0,31
30	1,66				
31	1,76				
32	1,87				
33	8,31		-0,25		0,36
34	1,41				
35	1,63				
36	1,61				

servados e estimados, usando a distribuição normal. Os coeficientes de determinação (r²) da regressão entre a probabilidade da média das temperaturas máximas decendiais observadas e estimadas variaram de 0,59 a 0,97, dependendo do decêndio e da probabilidade usada de 10 a 90%. A média das tem-

peraturas máximas decendiais foram satisfatoriamente estimadas pelas equações publicadas por Massignam e Pandolfo (2006a) e o desvio padrão pelas equações apresentadas na Tabela 4. Portanto, as probabilidades de ocorrência da média das temperaturas máximas decendiais podem ser estimadas para

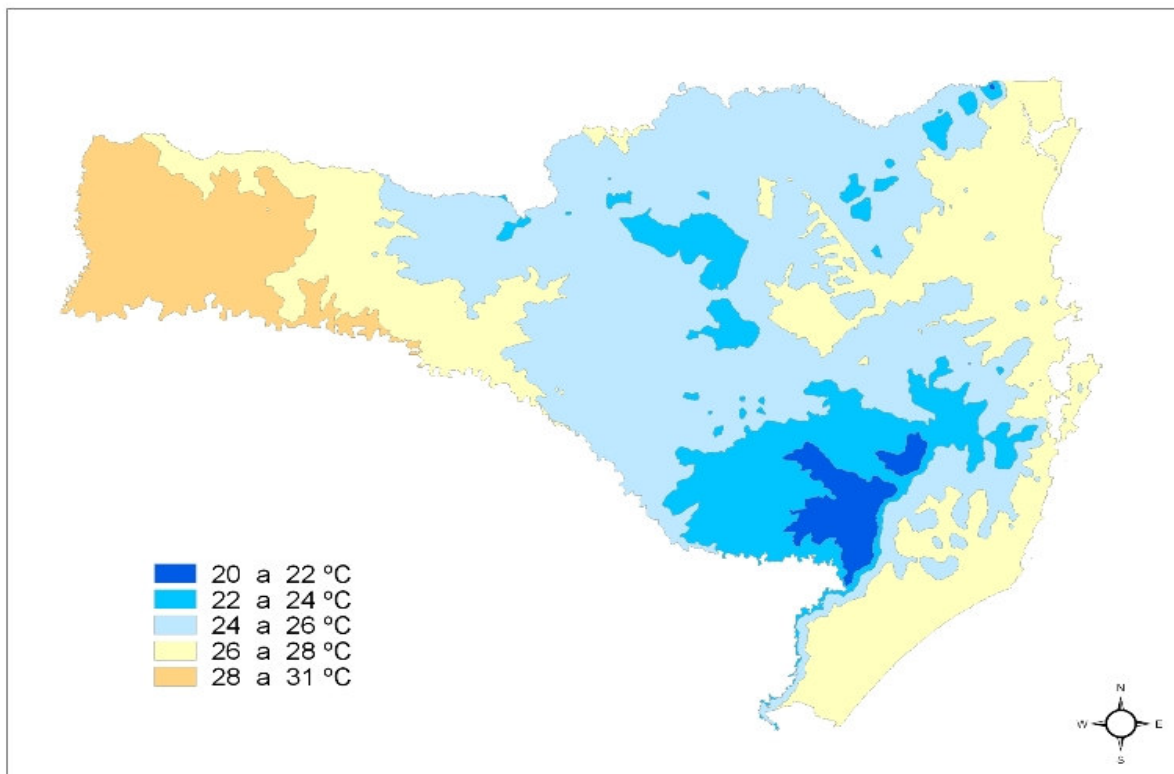


Figura 2- Probabilidade de ocorrência da média das temperaturas máximas maiores ou igual a 80% para o primeiro decêndio de janeiro para o Estado de Santa Catarina.

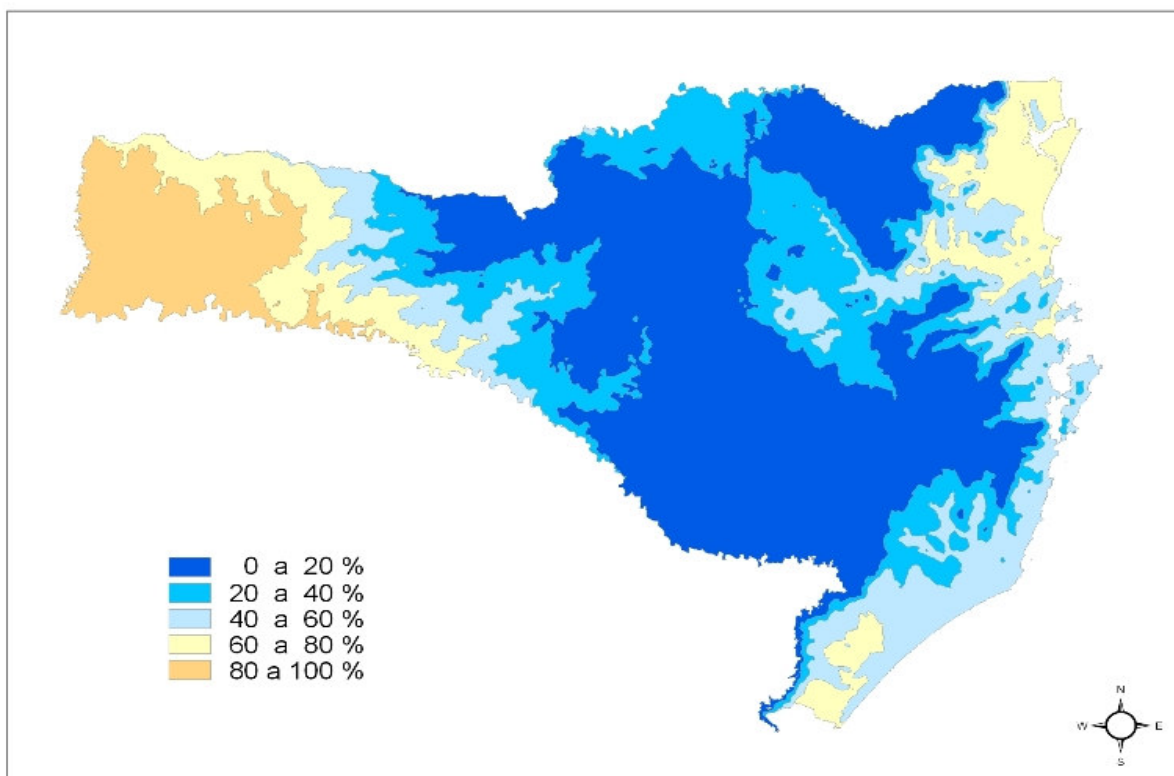


Figura 3- Probabilidade de ocorrência da média das temperaturas máximas maiores que 28°C no primeiro decêndio de janeiro para o Estado de Santa Catarina.

os locais do Estado de Santa Catarina carentes de informações meteorológicas, necessitando apenas as coordenadas geográficas do respectivo local.

Nas Figura 2 e 3 são apresentados exemplos de mapas das probabilidades de ocorrência da média das temperaturas máximas. Os resultados permitem concluir que no Estado de Santa Catarina existem, de uma forma geral, regiões diferenciadas quanto à probabilidade de ocorrência média das temperaturas máximas. Os menores valores da média das temperaturas máximas com a probabilidade maiores ou igual a 80% foram obtidas no Planalto de Santa Catarina (São Joaquim) e os maiores valores nas regiões do Litoral e Oeste Catarinense.

CONCLUSÕES

As probabilidades da média das temperaturas máximas decendiais podem ser estimadas em função das coordenadas geográficas para as regiões do Estado de Santa Catarina.

As variações do desvio padrão da média das temperaturas máximas decendiais em Santa Catarina são devidas, principalmente, às variações da longitude. Há um aumento do desvio padrão com o aumento da longitude de 48°W a 51°W.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL KHATIB, K.; PAULSEN, G.M. Photosynthesis and productivity during high temperature stress of wheat genotypes from major world regions. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 5, p. 1127-1132. 1990.

BRAGA, H.J., SILVA, L.M. da, KICHEL, N. **Normais de temperaturas máximas, médias e mínimas estimadas em função das latitudes, longitude e altitude para os 199 municípios catarinenses**. Florianópolis: EMPASC, 1987. 44p. EMPASC. Documentos, 86.

CANTARERO, M.G.; CIRILO, A.G.; ANDRADE, F.H. Night temperature at silking affects kernel set in maize. **Crop Science**, Madison, v. 39, n.3, p. 703-710, 1999.

COMMURI, P.D.; JONES, R. J. High temperature

during endosperm cell division in maize: a genotypic comparison under in vitro and field conditions. **Crop Science**, Madison, v.41, p1122-1130, 2001.

CRAFTS-BRANDNER, S.J.; SALVUCCI, M.E. Analyzing the impact of high temperature and CO₂ on net photosynthesis: biochemical mechanisms, models and genomics. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 90, n. 1, p. 75-85, 2004.

ESTEFANEL, V.; BURIOL, G.A.; SACCOL, A.V.; ROMANI, L.B. Variabilidade e probabilidade de ocorrência de temperaturas absolutas do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 8, n. 4, p. 363-384, 1978.

ESTEFANEL, V.; SCHNEIDER, F.M. BURIOL, G.A. Probabilidade de ocorrência de temperaturas máximas do ar prejudiciais aos cultivos agrícolas em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, p. 57-63, 1994.

FERREIRA, M., BURIOL, G.A. ESTEFANEL, V. et al Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.1, n.4, p.21-52, 1971.

FERREIRA, M., BURIOL, G.A. PIGNATARO, I.A.B. et al. Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais do Estado de Santa Catarina. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.4, n.1, p.19-38, 1974.

HUNT, L.A.; YAN, W.; McMASTER, G.S. Simulating response to temperature. In: WHITE, J.W. **Modeling temperature response in wheat and maize**. Proceeding of a Workshop. El Batán, México : CIMMYT, 2001. p. 23-29.

GONÇALVES, S.L., WREGE, M.S., CARAMORI, P.H., MARIOT, E.J., ABUCARUB NETO, M. Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30°C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado na safra das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p. 99-107, 1997.

LUIZ, A. J. B.; SILVA, F.A.M. da Temperaturas decendiais máximas, mínimas e média, como função da latitude e altitude, em Goiás. In: CONGRESSO

- BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. **Anais...** Campina Grande, 1995. p.234-235.
- MASSIGNAM, A.M.; DITTRICH, R.C. Estimativa do número médio e da probabilidade mensal de ocorrência de geadas para o Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p. 213-220, 1998.
- MASSIGNAM, A.M.; VIEIRA, H.J.; HEMP, S.; FLESCHE, R.D. Ecofisiologia do feijoeiro. II - Redução do rendimento pela ocorrência de altas temperaturas no florescimento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 41-45, 1998.
- MASSIGNAM, A.M.; PANDOLFO, C. **Estimativa das médias das temperaturas máximas, médias e mínimas do ar decendiais e anuais no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 2006a. 26p. EPAGRI. Documentos, 224.
- MASSIGNAM, A.M.; PANDOLFO, C. **Estimativa da evapotranspiração de referência mensal e anual no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 2006b. 24p. EPAGRI, Documentos, 225.
- MASSIGNAM, A.M.; PANDOLFO, C.; HAMMES, L.A. et al. Probabilidade de número de horas de frio ($HF=7,2^{\circ}$ C) em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14, 2005, Campinas-SP. **Anais...** Campinas, 2005. CD-Rom.
- MORITA, S.; YONEMARU, J.; TAKANASHI, J. Grain growth and endosperm cell size under high night temperature in rice (*Oryza sativa* L.). **Annals of Botany**, London, v.95, n.4, p. 695-701, 2005.
- MOTA, F.S., ROSSKOFF, J.L.C., SILVA, J.B. da Probabilidade de ocorrência de dias com temperaturas iguais ou superiores a 35°C no florescimento do arroz no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p. 147-149, 1999.
- PEDRO JÚNIOR, M., MELLO, M.H. de A., ORTOLANI, A.A. et al. **Estimativa das temperaturas médias, das máximas e das mínimas para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1991. 9p. IAC. Boletim técnico, 142.
- PETRI, J.L.; PALLADINI, L.A.; SCHUCK, E.; et al. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 110p. Boletim técnico, 75.
- RITCHIE, J.T.; NESMITH, D.S. Temperature and crop development. In: HANKS, J.; RITCHIE, J.T. **Modeling plant and soil systems**. Madison : [s.n.], 1991. p. 5-29.
- WHITE, J.W.; REYNOLDS, M.P. A physiological perspective on modeling temperature response in wheat and maize crops. In: WHITE, J.W. **Modeling temperature response in wheat and maize**. Proceeding of a Workshop, CIMMYT, El Batán, Mexico, 2001. 61p. p. 8-17.
- WILHELM, E.P.; MULLEN, R.E.; KEELING, P.L.; SINGLETARY, G.W. Heat stress during grain filling in maize: effects on kernel growth and metabolism. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1733-1741, 1999.