

## Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas*) no Estado do Paraná

Agroclimatic zoning of the oil seed plant *Jatropha curcas* in Paraná State, Brazil

Giselly Aparecida Andrade<sup>1</sup>, Paulo Henrique Caramori<sup>2</sup>, João Henrique Caviglione<sup>3</sup>, Dalziza de Oliveira<sup>4</sup>, Ana Maria de Arruda Ribeiro<sup>5</sup>

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi identificar as zonas agroclimáticas adequadas para o cultivo do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) no estado do Paraná, por meio da caracterização de regiões que apresentam menores riscos climáticos para esta cultura. Foi definida a temperatura mínima crítica de 0°C no abrigo meteorológico como limitante ao cultivo. Séries históricas de temperaturas mínimas do Instituto Agrônomo do Paraná foram analisadas para ajustar os dados à distribuição de eventos extremos. Os dados de riscos foram transferidos para um Sistema de Informação Geográfica para realizar as análises de espacialização dos dados. Os parâmetros alfa e beta da distribuição de eventos extremos foram correlacionados com a altitude e a latitude, utilizando uma base altimétrica com valores a cada 900 m x 900 m, aproximadamente. Foram gerados mapas de probabilidade de ocorrência de geadas com riscos de 10 e 20%, correspondendo a uma geada a cada 10 e 5 anos em média, respectivamente. Grande parte do Norte, Litoral e partes das regiões Oeste e do Alto Ribeira apresentaram-se com baixo risco de perdas por geadas. Esses resultados dão suporte para definir as regiões aptas para a expansão da cultura do pinhão-manso no estado do Paraná.

**Palavras-chave:** risco climático, geada, biodiesel, Sistema de Informação Geográfica.

**Abstract:** The objective of this paper was to identify the agroclimatic zones suitable to grow the oil seed plant *Jatropha curcas* L. in the state of Paraná, southern Brazil, through the characterization of regions with low climatic risk for this crop. Based on experimentation in controlled environment, the minimum screen temperature of 0°C was assumed as limiting to this crop. Historical series of minimum screen temperatures from the Agronomic Institute of Paraná (IAPAR) were analyzed to fit the data to the distribution of extreme events. Next, the data were transferred to a Geographic Information System to proceed with the analyses of spatialization. The parameters alpha and beta of the distribution of extreme events were correlated with altitude and latitude, using an altimetric basis with values at each 900 m x 900 m, approximately. Through this procedure, two maps of frost risk were generated to show the regions with probabilities of occurrence of frosts at the levels of 10 and 20%, corresponding to one frost event expected each 10 and 5 years, respectively. These results give support to the expansion of the oil seed plant of *Jatropha curcas* in the state of Paraná in areas with low risk of loss due to frost occurrence.

**Keywords:** climatic risk, frost, biofuel, Geographic Information System.

### Introdução

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie provavelmente originária da América do Sul (CORTESÃO, 1956), pertencente à família das Euforbiáceas. É adaptável a uma vasta gama de ambientes e condições edafoclimáticas (SATURNINO et al., 2005). Sua distribuição geográfica é bastante vasta, podendo ser encontrada, em condições naturais,

desde o Nordeste brasileiro até os estados de São Paulo e Paraná (CORTESÃO, 1956).

É uma espécie oleaginosa que apresenta um rendimento anual de 3,0 a 4,0 t de óleo por hectare, em espaçamento 3 m x 3 m (BRASIL, 1985). Segundo CARNIELLI (2003), essa cultura produz anualmente, no mínimo, 2 t de óleo por hectare, variando de acordo com a região de plantio, método de cultivo e tratamentos culturais, idade da cultura, quantidade de chuva e fertilidade do solo.

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, Mestre em Agronomia, Bolsista CNP&D Café, IAPAR, e-mail: [giselly@iapar.br](mailto:giselly@iapar.br), CP 481, 86001-970, Londrina, PR, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, PhD, Pesquisador, e-mail: [caramori@iapar.br](mailto:caramori@iapar.br), IAPAR, CP. 481, 86001-970, Londrina, PR.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Geografia, Pesquisador, e-mail: [caviglione@iapar.br](mailto:caviglione@iapar.br), IAPAR, CP. 481, 86001-970, Londrina, PR.

<sup>4</sup> Engenheira Agrônoma, PhD, Pesquisadora, e-mail: [dalziza@iapar.br](mailto:dalziza@iapar.br), IAPAR, CP. 481, 86001-970, Londrina, PR.

<sup>5</sup> Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia, e-mail: [arruda@uel.br](mailto:arruda@uel.br), UEL, CP. 6001, 86051-990, Londrina, PR.

Apesar de sua fácil adaptabilidade a variadas condições, não tolera geadas fortes (temperaturas de abrigo abaixo de 0°C) e pode sobreviver a geadas fracas (temperaturas de abrigo acima de 2°C), perdendo, entretanto todas as folhas, o que provavelmente reduzirá a produção de sementes (SATURNINO et al., 2005). Portanto, este fator pode ser limitante para o cultivo em regiões de ocorrência freqüente de geadas, como é o caso de uma grande área do estado do Paraná.

As geadas no sul do Brasil ocorrem em função do deslocamento de massas de ar polar que alteram o balanço de energia, propiciando a queda da temperatura até o ponto de congelamento interno dos tecidos vegetais. Em noites com geadas, ocorre um gradiente térmico próximo à superfície do solo, denominado de inversão térmica, de maneira que a diferença média de temperatura entre o abrigo da estação meteorológica e a superfície do solo possa atingir 3 a 4°C (GRODZKI et al., 1996; SILVA & SENTELHAS, 2001). Assim, quando a temperatura mínima medida no interior do abrigo meteorológico atinge 4°C, pode haver o congelamento do orvalho na superfície das plantas, ocorrendo as geadas.

A ocorrência de danos às plantas depende da sensibilidade de cada espécie e da condição fisiológica e nutricional da planta. Em cafeeiros, os danos foliares ocorrem com temperaturas em torno de -3,4°C (CAMARGO & SALATI, 1967; FERRAZ, 1968), mas dependendo do tempo de exposição podem ocorrer a temperaturas mais elevadas (MANETTI e CARAMORI, 1986).

Séries históricas de temperatura mínima de abrigo têm sido usadas para caracterizar o risco de ocorrência de geadas ao longo do ano. Os exemplos mais conhecidos são os trabalhos que levaram ao zoneamento dos riscos climáticos das culturas anuais e perenes em áreas onde a ocorrência de geadas é provável, podendo destacar-se CARAMORI et al. (2001) em cafeeiros e WREGGE et al. (2005) em cana-de-açúcar. Nesses estudos, determinou-se a probabilidade de ocorrerem temperaturas mínimas abaixo de um limite crítico para a cultura analisada, considerando que há um gradiente médio de 3°C entre o abrigo meteorológico e a superfície (GRODZKI et al., 1996).

A temperatura tem uma estreita relação com a altitude e a latitude. De uma maneira geral, a cada 100 metros de elevação a temperatura decresce, em média, 0,65°C.

Essa relação de decréscimo é denominada gradiente adiabático úmido e é frequentemente utilizada como critério para estimar temperaturas médias para locais onde não se dispõe de estações meteorológicas. Da mesma forma, em latitudes mais elevadas há um decréscimo na radiação solar incidente, com conseqüente diminuição da temperatura. Portanto, é possível estimar a temperatura de um local com base em equações de regressão baseadas na altitude e latitude (CARAMORI et al., 2001; WREGGE et al., 2005).

Observa-se, no estado do Paraná, uma grande variação de altitude desde o nível do mar, até próximo de 1300 m nas regiões sul e sudoeste, entre os municípios de Palmas e Guarapuava. No norte do estado as altitudes situam-se a 300 m no vale do Paranapanema, enquanto que no vale do rio Paraná atingem valores aproximados de 200 m, condicionando temperaturas elevadas no verão. A combinação de altitude e latitude provoca variações no clima e no regime de geadas. A medida que as altitudes atingem valores superiores a 800 m em latitudes maiores que 24°S os riscos de geada se acentuam, condicionando climas mais temperados (CAVIGLIONE et al., 2000; CARAMORI et al., 2001).

ANDRADE (2007) determinou -3°C como sendo a temperatura mínima crítica em que se iniciam os danos na planta do pinhão-mansão. A exposição às temperaturas mínimas entre +1°C e -2°C não causaram danos às plantas em ambiente controlado. Temperaturas mínimas de -3°C causaram a morte das folhas, enquanto que a -4°C ocorreram mortes de plantas. Embora as plantas expostas a -3°C tenham se recuperado após o teste, emitindo novas brotações, ocorreu estresse, com redução da taxa fotossintética decorrente dos danos foliares. O objetivo deste trabalho foi realizar o zoneamento agroclimático do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) no estado do Paraná, por meio da identificação de regiões que apresentam menores riscos de perdas por geadas, com a finalidade de viabilizar o seu cultivo visando à produção de biodiesel.

## Material e Métodos

Para a definição e mapeamento das regiões aptas ao cultivo do pinhão-mansão no estado do Paraná, foi utilizado o banco de dados meteorológicos do Instituto Agrônomo do Paraná. Séries históricas de temperaturas mínimas diárias de 32 estações meteorológicas (Tabela 1) foram organizadas em uma planilha para se proceder as análises de riscos.

**Tabela 1.** Latitude, longitude, altitude e ano de início da série histórica de dados das 32 estações do IAPAR no estado do Paraná.

Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Ano do início da série de dados
BELA VISTA DO PARAISO	22°57'	51°12'	600	1971
JOAQUIM TÁVORA	23°30'	49°57'	512	1971
CAMBARÁ	23°	50°2'	450	1971
BANDEIRANTES	23°6'	50°21'	440	1974
LONDRINA	23°22'	51°10'	585	1976
APUCARANA	23°30'	51°32'	746	1961
IBIPORÃ	23°16'	51°1'	484	1971
PARANAVAÍ	23°5'	52°26'	480	1971
CIANORTE	23°40'	52°35'	530	1971
UMUARAMA	23°44'	53°17'	480	1971
CERRO AZUL	24°49'	49°15'	360	1972
TELÊMACO BORBA	24°20'	50°37'	768	1971
CÂNDIDO DE ABREU	24°38'	51°15'	645	1988
NOVA CANTU	24°40'	52°34'	540	1972
PALOTINA	24°18'	53°55'	310	1972
CASCABEL	24°53'	53°33'	660	1989
MORRETES	25°30'	48°49'	59	1966
GUARAQUEÇABA	25°16'	48°32'	40	1977
ANTONINA	25°13'	48°48'	60	1977
PINHAIS	25°25'	49°8'	930	1970
LAPA	25°47'	49°46'	910	1988
PONTA GROSSA	25°13'	50°1'	880	1954
FERNANDES PINHEIRO	25°27'	50°35'	893	1963
GUARAPUAVA	25°21'	51°30'	1058	1972
LARANJEIRAS DO SUL	25°25'	52°25'	880	1972
PLANALTO	25°42'	53°47'	400	1973
QUEDAS DO IGUAÇU	25°31'	53°1'	513	1972
SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	25°26'	54°22'	260	1982
PALMAS	26°29'	51°59'	1100	1978
CLEVELÂNDIA	26°25'	52°21'	930	1972
PATO BRANCO	26°7'	52°41'	700	1978
FRANCISCO BELTRÃO	26°5'	53°4'	650	1973

Considerando que existe um gradiente médio de 3 a 4°C entre a temperatura medida no abrigo meteorológico e a relva (GRODZKI et al., 1996), utilizaram-se as temperaturas de abrigo inferiores a 0°C para estimar os riscos de geadas. As probabilidades de ocorrência de geada em cada estação meteorológica foram ajustadas à distribuição de eventos extremos, utilizando o método de Lieblein. O ajuste dos dados à distribuição de valores extremos foi realizado por meio do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, conforme descrito por ASSIS et al. (1996).

Todas as análises de espacialização dos riscos climáticos foram realizadas em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando-se o software ArcGis versão 9.1. As constantes alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ) da distribuição de valores extremos foram espacializadas, gerando-se mapas. A constante  $\alpha$  apresentou elevada correlação com a altitude e latitude, enquanto que o mesmo não ocorreu com a constante  $\beta$ . Utilizando-se destas informações, foi obtida uma equação de regressão entre os valores de  $\alpha$  e altitude e latitude de cada estação meteorológica. O mapa das estimativas de  $\alpha$  foi gerado com base nos dados de altitude do "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM), na resolução de 30", equivalente a 900 metros por pixel para o estado do Paraná. A constante  $\beta$  foi interpolada utilizando o método de krigagem simples.

Os riscos climáticos foram estimados, utilizando-se álgebra de mapas entre  $\alpha$  e  $\beta$ . Foi construído o mapa de ocorrência de temperaturas mínimas de abrigo superiores e inferiores a 0°C, com riscos de ocorrência de 10 ou 20%, por meio da expressão:

$$F(X) = \text{EXP} \{- \text{EXP} [-(X - \alpha) / \beta]\} \quad (1)$$

na qual  $F(X)$  é a função cumulativa de probabilidade de ocorrência de uma temperatura menor que um valor crítico;  $X$  é o valor crítico de temperatura, no caso igual a 0°C; e  $\alpha$  e  $\beta$  são parâmetros da distribuição de extremos.

## Resultados e Discussão

A equação do parâmetro  $\alpha$  da distribuição de valores extremos é apresentada a seguir:

$$\alpha = 5,2822 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Altitude} + 9,5883 \cdot 10^{-6} \cdot \text{Latitude} - 66,4434$$

$$R^2 = 0,93$$

Os valores de altitude e latitude são em metros, na projeção "Universal Transverse Mercator" (UTM). As Figuras 1 e 2 apresentam a variação espacial dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  no estado do Paraná.

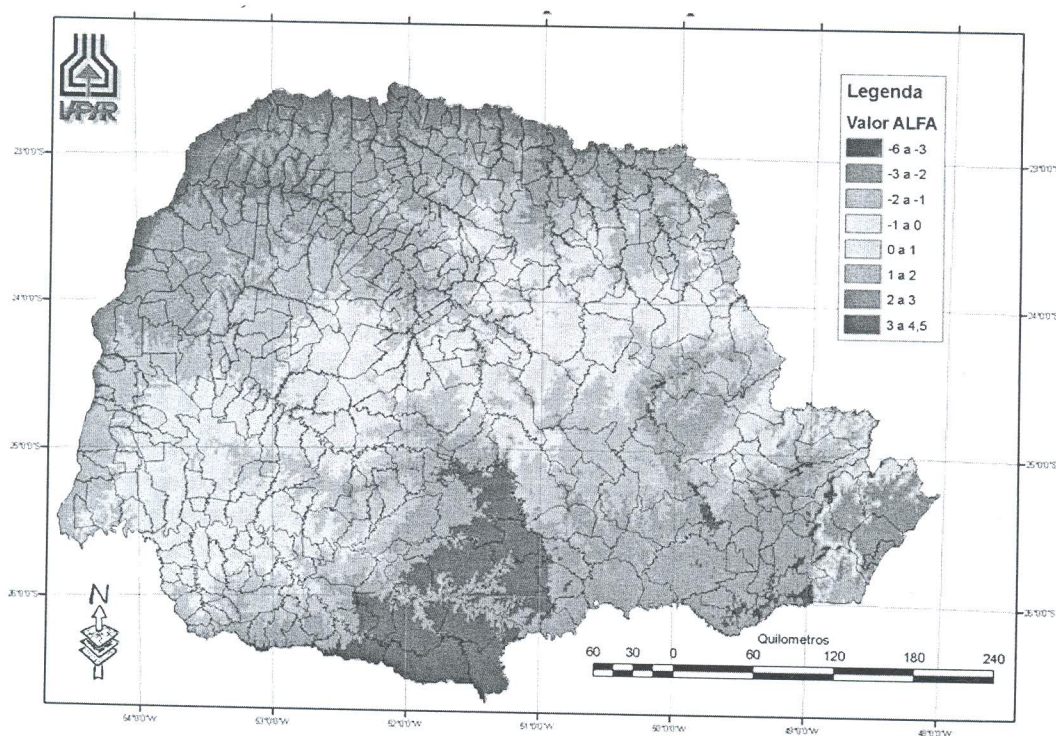
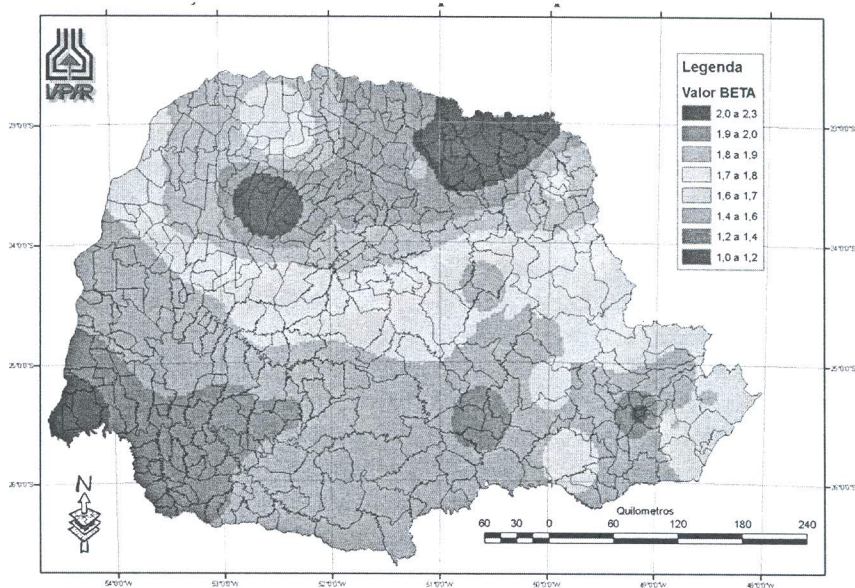
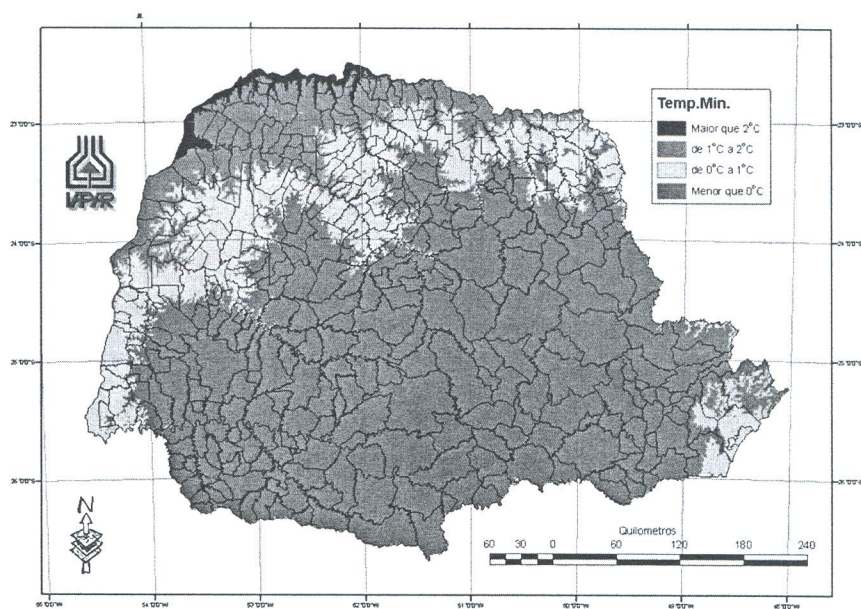


Figura 1. Variação espacial do parâmetro  $\alpha$  da distribuição de valores extremos para estimativa de temperaturas mínimas anuais no estado do Paraná.



**Figura 2.** Variação espacial do parâmetro  $\beta$  da distribuição de valores extremos para estimativa de temperaturas mínimas anuais no estado do Paraná.



**Figura 3.** Riscos de ocorrerem temperaturas mínimas acima e abaixo de 0°C no abrigo meteorológico, com probabilidade de 10%.

Utilizando-se álgebra de mapas em ambiente SIG, foram gerados os riscos de ocorrerem temperaturas mínimas acima e abaixo de 0°C, no abrigo meteorológico, com probabilidades de 10 e 20%, respectivamente, os quais são apresentados nas Figuras 3 e 4. As áreas em coloração amarelo, laranja e marrom são aquelas que têm condições para o cultivo do pinhão manso com baixo risco de perdas por geadas.

Os resultados obtidos para o pinhão-manso indicam que esta espécie possui comportamento semelhante ao cafeeiro arábica (CARAMORI et al., 2001). O fato da morte das plantas jovens ocorrerem sob

temperaturas mínimas entre -3 e -4°C, dentro da mesma faixa letal para os cafeeiros (CAMARGO & SALATI, 1967; FERRAZ, 1968) sugere que as áreas cultivadas com café podem ser recomendadas para o cultivo do pinhão-manso com baixo risco de perdas por geadas. O pinhão manso ainda apresenta-se com uma vantagem adicional, que é a dormência e perda das folhas durante o período de inverno, em que ocorre concentração do suco celular, podendo haver maior tolerância a baixas temperaturas. Deve-se ressaltar que ainda é necessário realizar testes com plantas adultas, com a finalidade de verificar os efeitos das baixas temperaturas sobre os frutos e a produtividade da cultura.

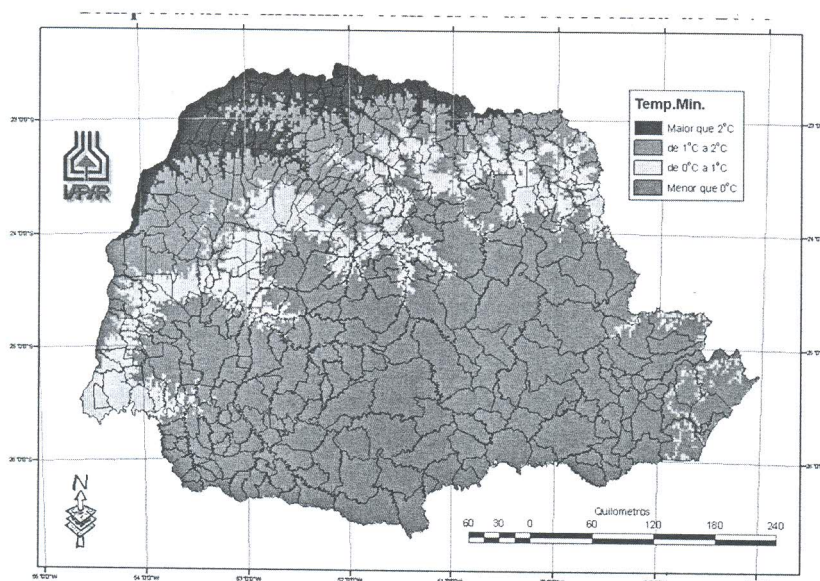


Figura 4. Riscos de ocorrerem temperaturas mínimas acima e abaixo de 0°C no abrigo meteorológico, com probabilidade de 20%.

### Conclusões

Por meio da utilização de análises baseadas em um Sistema de Informações Geográficas, ficou evidente que grande parte do Norte, Litoral e partes das regiões Oeste e do Alto Ribeira apresentam-se com baixo risco de perdas por geadas e têm potencial para a implantação e expansão da cultura do pinhão-manso no estado do Paraná.

### Referências Bibliográficas

ANDRADE, G. A. **Temperatura mínima letal e delimitação das áreas de baixo risco de geadas para o cultivo do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) no estado do Paraná.** 2007. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, 2007.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática.** Pelotas: Editora UFPEL, 1996. 161p.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais.** Brasília: STI/CIT, 1985.

CAMARGO, A.P.; SALATI, E. Determinación de la temperatura letal para hojas de café en noches de heladas. **Café**, Lima, v. 8, n. 3, p. 12-15, 1967.

CARAMORI, P.H. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de café (*Coffea arabica* L.) no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p. 486-494, 2001.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro.** 2003. Disponível em: <[www.ufmg.br/boletim/bol1413](http://www.ufmg.br/boletim/bol1413)>. Acesso em: 19 jun. 2006.

CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná.** Londrina, 2000. IAPAR. (CD-room).

CORTESÃO, M. **Culturas tropicais: plantas oleaginosas.** Lisboa: Clássica, 1956. 231p.

FERRAZ, E. C. **Estudos sobre o momento em que a geada danifica as folhas do cafeeiro.** 1968. Tese. (Doutorado em Agronomia) – Universidade Superior Luiz de Queirós, USP, Piracicaba.

GRODZKI, L. et al. Riscos de ocorrência de geadas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.4, n.1, p.93 - 99, 1996.

MANETTI FILHO, J.; CARAMORI, P.H. Desenvolvimento de uma câmara para simulação de temperaturas baixas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 10, p. 1005-8, 1986.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; NAGASHI, T.; GONÇALVES, N. P. **Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.26, n. 229, p.44-78, 2005.

SILVA, J. G.; SENTELHAS, P. C.; Diferença de temperatura mínima do ar medida no abrigo e na relva e probabilidade de sua ocorrência em eventos de geada no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.9, n.1, p. 9-15, 2001.

WREGGE, M. S. et al. Regiões potenciais para cultivo da cana-de-açúcar no Paraná, com base na análise do risco de geadas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 113-122, 2005.