

ISSN 0104-1347

## Geadas severas na região cafeeira de Campinas-SP de 1890-2001 e sua relação com o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS)

Severe frosts on coffee plantations of the region of Campinas, São Paulo State, Brazil, from 1890 to 2001, and their relationship to the El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon

Marcelo Bento Paes de Camargo<sup>(1,2)</sup>, Rogério Remo Alfonsi<sup>(1,2)</sup>, Angelo Paes de Camargo<sup>(3)</sup>, Maria Helena de Almeida Mello<sup>(3)</sup> e Fabiane Astolpho<sup>(4)</sup>

**Resumo** - Admite-se que fenômenos relacionados à oscilações sul (OS) provocam alterações anômalas no padrão de temperatura do ar durante o inverno na região sudeste do Brasil, incluindo o Estado de São Paulo. A presença dos fenômenos El Niño e La Niña foi relacionada com a ocorrência de geadas severas na cafeicultura paulista, com base na série histórica de dados do IAC, de temperaturas mínimas absolutas anuais de Campinas-SP, durante 112 anos, de 1890 a 2001. A ocorrência de geadas severas na cafeicultura paulista não se mostrou associada aos fenômenos El Niño ou La Niña. Embora muitas geadas severas tenham ocorrido em anos com influência do fenômeno La Niña, verifica-se que não houve relacionamento entre eles. Geadas severas também ocorreram em vários anos com El Niño ou com ausência desse fenômeno.

**Palavras-chave:** temperatura mínima absoluta, geadas severas, cafeicultura, El Niño, La Niña.

**Abstract** – According to the literature the El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon can cause anomalous alterations in the air temperature pattern during the winter season in the Southeast region of Brazil, including the State of São Paulo. Changes in the atmosphere during La Niña events are associated with increasing probability of occurrence of severe frosts. This paper related the ENSO phenomenon with the occurrence of severe frosts in coffee crops in São Paulo State, based on a 112 years historical series of absolute minimum air temperature for Campinas from 1890 to 2001. There was no relationship between frost event and ENSO phenomenon. Severe frosts occurred in years preceded by La Niña or El Niño, as well as in their absence.

**Key Words:** minimum air temperature, severe frosts, coffee crop, El Niño, La Niña

### Introdução

O Estado de São Paulo tem na cafeicultura uma importante fonte de divisas, estando seu parque cafeeiro localizado em região tropical, entre 20 e 23° de latitude sul, com altitudes entre 500 e 1.200m. Esta condição favorece a ocorrência de geadas severas eventuais, constituindo assim atividade de risco, com significativo prejuízo à economia do Estado.

Em estudo de ocorrência de temperaturas baixas verificadas em Campinas (SP), no período de 1890 a 1975, CAMARGO (1977) considerou temperaturas de abrigo meteorológico abaixo de 2,5°C como representativas de ocorrência de geadas prejudiciais à cafeicultura. Posteriormente, alguns trabalhos baseados em modelos estatísticos, determinaram as probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas obtidas em abrigo

<sup>1</sup> Pesquisador Científico. Centro de Ecofisiologia e Biofísica, IAC. Caixa Postal 28, 13.001-970, Campinas, SP. E-mail: [mcamargo@iac.br](mailto:mcamargo@iac.br)

<sup>2</sup> Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Pesquisador Científico aposentado, IAC. E-mail: [mcamargo@iac.br](mailto:mcamargo@iac.br); [mello.h@terra.com.br](mailto:mello.h@terra.com.br)

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Estudante do curso de pós-graduação (Mestrado) em Agricultura Tropical e Subtropical, área de Concentração de Tecnologia da Produção Agrícola, IAC.

meteorológico, inferiores a 2°C (ARRUDA et al., 1981; ORTOLANI et al., 1981; CAMARGO et al., 1993; PINTO et al., 2000). A adoção do limite de 2°C se fundamenta na constatação de que em noites com ocorrência de geada, a diferença média entre as temperaturas mínimas do ar observadas em abrigo meteorológico e as temperaturas mínimas obtidas nas folhas do cafeeiro, é da ordem de 5,6°C (FAGNANI & PINTO, 1981). Assim, quando a temperatura mínima do ar é de 2°C, tem-se na folha exposta uma temperatura de -3,6°C, próxima do valor encontrado por CAMARGO & SALATI (1967) e PINTO et al. (1978) como limite para o aparecimento de danos em cafeeiros. Quanto maior for a queda de temperatura abaixo desse limite, mais graves e extensos serão os danos (VOLPE & ANDRÉ, 1984).

O clima tropical do Estado de São Paulo sofre alterações moderadas no curso do ano, alternando períodos quentes e frios, úmidos e secos. Em certos anos, ocorre substancial intensificação nessas variações. Uma das causas desse efeito estaria relacionada ao aquecimento anormal das águas superficiais do oceano Pacífico equatorial, próximo à costa ocidental da América do Sul. Este fenômeno, conhecido como El Niño, pode estender-se para o Oeste até aproximadamente o meridiano de 180°W. Em geral, o fenômeno El Niño se associa à variações nos campos da pressão atmosférica ao nível do mar, entre as regiões do Tahiti e Austrália, que consistem nas chamadas oscilações sul (OS), propiciando o uso do termo ENOS para designar a associação El Niño/OS. Quando persiste durante vários meses, provoca alterações no padrão da circulação atmosférica, alterando a direção dos ventos alísios, causando conseqüentemente alterações substanciais nas distribuições de chuvas e de temperaturas do ar, sobretudo nas regiões tropicais da América do Sul. O fenômeno inverso, La Niña, também associado com a oscilação sul (La Niña/OS), consiste no resfriamento anormal da superfície das águas equatoriais do oceano Pacífico, interferindo também no padrão climático (ROPELEWSKY & JONES, 1987).

Diversos trabalhos (ROPELEWSKY & HALPERT, 1987, 1989; GALVANI & PEREIRA, 1997; FONTANA & BERLATO, 1997; MELLO et al., 1999a, 1999b; CAMARGO et al., 1999; CUNHA et al., 1999; 2001) procuraram relacionar o fenômeno ENOS e a variabilidade de elementos meteorológicos, especialmente a precipitação pluviométrica e temperatura do ar, utilizando como indicador da magnitude do fenômeno o índice de oscilação sul

(IOS). Apesar dos efeitos dos fenômenos ENOS não se fazerem notar com uma frequência elevada na região Sudeste do Brasil, em particular no Estado de São Paulo, admite-se que esses fenômenos provocam alterações anômalas no padrão de temperatura do ar e da chuva nessa região. O fenômeno El Niño provocaria temperaturas mais elevadas e períodos secos durante o verão, e o inverno do ano seguinte mais ameno. O fenômeno La Niña provocaria o inverso, verão mais frio e chuvoso que o normal e inverno mais rigoroso e conseqüentemente com maior risco de geadas.

Este trabalho tem como objetivo principal relacionar as ocorrências das geadas severas verificadas na cafeicultura paulista de 1890 a 2001 (112 anos) com os valores consistidos e atualizados de Índices de Oscilação Sul (IOS) que indicam a magnitude de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña.

## Material e Métodos

Foram utilizadas séries de dados de temperaturas mínimas absolutas anuais, observadas no posto meteorológico do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), localizado no município de Campinas - SP (lat. 22° 54'S, long. 47° 05'W, alt. 674m) no período de 112 anos, 1890 a 2001.

As intensidades das geadas foram relacionadas com ocorrências de temperaturas mínimas absolutas obtidas em abrigo meteorológico padrão, inferiores a 2°C que segundo a literatura (CAMARGO & SALATI, 1967; FAGNANI & PINTO, 1981; PINTO et al., 2000) corresponde à temperatura de -3,6°C na folhagem exposta do cafeeiro, considerada como limite para o aparecimento de danos nos cafezais.

Como indicador da amplitude das OS, adotou-se o índice IOS de TROUP (1965). Para a caracterização histórica do índice de oscilação sul (IOS) utilizou-se a diferença de pressão atmosférica de superfície das localidades do Tahiti (Lat. 17°33'S, Long. 149°31'W) e de Darwin (Lat. 12°20'S, Long. 130°52'E) na Austrália, definido mensalmente para o período de 1890 a 2001, conforme divulgado na Internet pela COMMONWEALTH OF AUSTRALIA (2001), Bureau of Meteorology. As anomalias nas diferenças de pressão mensal entre Tahiti e Darwin, foram padronizadas pelo desvio padrão no Tahiti, menos a série de Darwin, da seguinte forma:

$$IOS = \frac{10 * [Pdiff - Pdiff\ ave]}{SD(Pdiff)} \quad (1)$$

onde “Pdiff “ equivale à diferença da pressão média ao nível do mar entre Tahiti e Darwin, “Pdiff ave” é a média de longo período de Pdiff, para um dado mês, “SD (Pdiff)” é o desvio padrão das diferenças entre as pressões médias para um dado mês. Os valores do IOS de Troup foram transformados em Z(IOS/mês) para compatibilizá-los com os desvios padronizados dos dados climáticos analisados, da seguinte forma:

$$Z\left(\frac{IOS}{mês}\right) = \frac{(IOS_i - IOS_{ave})}{SD(IOS)} \quad (2)$$

A constatação de anos com ocorrências dos fenômenos El Niño (fase quente ou extremos de anomalias negativas das OS) e La Niña (fase fria ou de extremos de anomalias positivas) foi baseada nos trabalhos de RASSMUSSEN & CARPENTER (1983), FONTANA & BERLATO (1997), GALVANI & PEREIRA (1997) e em informações divulgadas, via Internet, por diferentes entidades e serviços meteorológicos, para anos mais recentes. Os limites adotados como indicadores de anomalias das Oscilações Sul são os relativos a Z (IOS)  $\geq +0,5$  (eventos de IOS considerados como anomalias positivas) e Z (IOS)  $\geq -0,5$  (eventos considerados anomalias negativas), e são os mesmos adotados por FONTANA & BERLATO (1997). Neste estudo levou-se em consideração o comportamento médio do IOS para os 5 e 12 meses que antecederam os meses de inverno.

## Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os anos com ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña referente a médias de 5 meses com Z(IOS/mês) de maior magnitude e a ocorrência ou não de geadas na região cafeeira de Campinas, Estado de São Paulo. Com exceção de 1942 e 1965, quando houveram geadas severas coincidindo com El Niños fortes, o não sincronismo dos valores elevados de IOS com ocorrências de geadas evidenciam que a maioria dos anos com El Niños intensos não implicaram obrigatoriamente no evento geada. O fenômeno La Niña de maior intensidade ocorreu no biênio 1917/18 com um IOS de +2,6, coincidindo com a geada de julho de 1918, considerada a mais severa do século XX, e que

provocou a maior devastação dos cafezais paulistas. A geada severa ocorrida em 1975, também foi precedida com La Niña intensa, IOS de +2,0. Entretanto, diversas outras ocorrências de La Niña intensa, como nos anos de 1906, 1909/10, 1949/50, 1973/74, 1970/71 não coincidiram com a incidência de geadas na cafeicultura paulista.

A Tabela 2 indica as vinte geadas mais intensas ocorridas na região cafeeira de Campinas, SP entre 1890 e 2001, com prejuízos significativos à cafeicultura paulista. Oito delas ocorreram sob o efeito do fenômeno La Niña, como as geadas de 1892, 1899, 1902, 1904, 1918, 1975, 1985 e 2000. Entretanto, outras oito geadas severas (1895, 1912, 1933, 1942, 1953, 1981, 1988 e 1994) ocorreram concomitante ao fenômeno El Niño.

A segunda geada mais devastadora no Estado de São Paulo ocorreu em julho de 1942, com temperatura mínima absoluta de  $-0,2^{\circ}\text{C}$ , coincidindo com o fenômeno El Niño forte em 1941/42. A última geada severa ocorrida em Campinas foi em julho de 2000, com temperatura mínima absoluta registrada de  $1,6^{\circ}\text{C}$ . O valor de IOS dos 5 meses anteriores foi de +0,9, considerado como La Niña de moderada atuação.

Não se observa sincronismo evidente entre eventos de geadas severas na cafeicultura do Estado de São Paulo e os fenômenos El Niño e La Niña. Por serem fenômenos opostos quanto à forma como afetam a circulação atmosférica, seria de se esperar que os eventos de geadas se associassem com a La Niña, que predispõe um inverno mais rigoroso e consequen-

**Tabela 1.** Relação dos anos com fenômenos El Niño / La Niña de maior magnitude de valores de IOS ( $>1,3$ ) e ocorrência de geadas na região de Campinas, SP, em ordem decrescente da magnitude do IOS.

El Niño		La Niña	
Ano (IOS)	Geada	Ano (IOS)	Geada
1905/06 (-2,9)	Não	1917/18 (+2,6)	Forte
1982/83 (-2,6)	Não	1973/74 (+2,1)	Não
1896/97 (-2,5)	Não	1975/76 (+2,0)	Forte
1997/98 (-2,0)	Não	1988/89 (+1,7)	Média
1940 (-1,9)	Não	1949/50 (+1,6)	Não
1991/92 (-1,8)	Não	1955/56 (+1,6)	Média
1987 (-1,8)	Não	1903/04 (+1,5)	Média
1941/42 (-1,6)	Forte	1906 (+1,5)	Não
1965 (-1,5)	Forte	1909/10 (+1,5)	Fraca
1914/15 (-1,4)	Não	1970/71 (+1,5)	Não

temente com maior risco de geadas. Também, espera-se que geadas severas não viessem a ocorrer na ausência desses eventos. Mas, apenas a metade das ocorrências dessas geadas severas coincidiram com os anos com influência do fenômeno La Niña. Portanto, os fenômenos El Niño e La Niña, quando ocorrem de forma simultânea com outros fatores mais diretamente responsáveis pela ocorrência de geadas, como massa de ar polar de grande intensidade associada a presença da corrente de jato e condições atmosféricas propícias, podem contribuir para interferir nos níveis de severidade das geadas e neste caso, eles representam apenas um dentre outros fatores que afetam a dinâmica da circulação atmosférica regional.

## Conclusões

A ocorrência de geadas severas na cafeicultura paulista não se mostrou associada aos fenômenos El Niño ou La Niña. Embora muitas geadas severas tenham ocorrido em anos com influência do fenômeno La Niña, verifica-se que não houve relacionamento entre eles. Geadas severas também ocorreram em vários anos com El Niño ou com ausência desse fenômeno. Os fenômenos El Niño e La Niña não são responsáveis diretos pela ocorrência de geadas severas na cafeicultura do Estado de São Paulo.

## Referências Bibliográficas

ARRUDA, H.V.; PINTO, H.S.; PENTEADO, R.S. Modelos probabilísticos para a interpretação da ocorrência de temperaturas mínimas na região de Campinas-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1981, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Universidade Federal de Pelotas, 1981. 289 p. p. 143-145.

CAMARGO, A.P. Frequências das geadas excepcionais como as de julho de 1975. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE CLIMATOLOGIA DO HEMISFÉ-

**Tabela 2.** Relação das vinte maiores geadas ocorridas na região de Campinas, SP entre 1890 e 2001, e a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña nos 5 meses anteriores e no ano anterior, em ordem crescente dos valores de temperatura mínima absoluta obtidas em abrigo meteorológico.

Mês / Ano	Temp. Mínima Absoluta (°C)	ENOS (5 Meses Anteriores)	ENOS (Ano Anterior)
JUL / 1918	-1,5	LA NIÑA forte	LA NIÑA forte
JUL / 1942	-0,2	EL NIÑO forte	EL NIÑO forte
AGO / 1902	0,2	LA NIÑA moderada	Ausente
JUN / 1979	0,2	Ausente	EL NIÑO fraco
JUL / 1892	0,2	LA NIÑA moderada	EL NIÑO fraco
JUL / 1981	0,2	EL NIÑO fraco	EL NIÑO fraco
JUN / 1994	0,3	EL NIÑO moderado	EL NIÑO moderado
JUL / 1975	0,6	LA NIÑA forte	LA NIÑA moderada
AGO / 1965	0,6	EL NIÑO moderado	LA NIÑA fraca
JUN / 1895	1,0	EL NIÑO fraco	Ausente
JUL / 1953	1,2	EL NIÑO moderado	EL NIÑO fraco
JUL / 1957	1,2	EL NIÑO fraco	LA NIÑA moderada
JUL / 1933	1,4	EL NIÑO fraco	Ausente
JUN / 1985	1,4	LA NIÑA fraca	Ausente
AGO / 1904	1,5	LA NIÑA forte	LA NIÑA fraca
JUL / 2000	1,6	LA NIÑA moderada	LA NIÑA fraca
JUL / 1972	1,6	EL NIÑO fraco	LA NIÑA moderada
JUN / 1899	1,6	LA NIÑA fraca	LA NIÑA fraca
SET / 1912	1,8	EL NIÑO forte	EL NIÑO fraco
JUN / 1988	1,8	Ausente	EL NIÑO forte

RIO SUL, 1., 1977, Campinas, SP. **Resumos...**, Campinas: Instituto Agrônomo, 1977. 43 p. p. 1-3.

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.

CAMARGO, M.B.P. et al. Probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anual no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 161-168, 1993.

CAMARGO, M.B.P.; ALFONSI, R.R.; MELLO, M.H.A. Relação entre o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a ocorrência de geadas na cafeicultura do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis, SC. **Anais...**, Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ EPAGRI, 1999. 631 p. 7 p. (CD-ROM).

COMMONWEALTH of Australia. Southern Oscillation Index archives 1876 to present. Bureau of Meteorology. Disponível em: <<http://www.bom.gov.au/climate/current/soihtm1.shtml>>, Acesso em: 09/2001.

CUNHA, G.R.; DALMAGO, G.A.; ESTEFANEL, V. Enso influences on wheat crop in Brazil. **Revista**

- Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 127-138, 1999.
- CUNHA, G.R. et al. El Niño – Oscilação do Sul e seus impactos sobre a cultura de cevada no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 137-145, 2001.
- FAGNANI, M.A.; PINTO, H.S. Simulação de temperaturas de folhas de cafeeiros em noites sujeitas a geadas de irradiação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1981, Pelotas, RS. **Anais...**, Pelotas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Universidade Federal de Pelotas, 1981. 289 p. p. 139-142.
- FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 127-132, 1997.
- GALVANI, E.; PEREIRA, A.R. El Niño-Oscilação Sul (ENOS), quantificação e classificação da intensidade do fenômeno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba, SP. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Universidade de São Paulo, 1997. 759 p. p. 104-106.
- MELLO, M.H.; ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P. Oscilações sul e o regime pluvial numa localidade do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis, SC. **Anais...**, Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ EPAGRI, 1999a. 631 p. 7 p. (CD-ROM).
- MELLO, M.H.; CAMARGO, M.B.P.; ALFONSI, R.R. Contribuição ao estudo dos efeitos das oscilações sul no comportamento térmico, em localidades tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis, SC. **Anais...**, Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ EPAGRI, 1999b. 631 p. 6 p. (CD-ROM).
- ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P.; ANGELLOCCI, L.R. Frequência de geadas no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1981, Pelotas, RS. **Anais...**, Pelotas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Universidade Federal de Pelotas, 1981. 289 p. p. 146-148.
- PINTO, H.S. et al. Um sistema computacional para levantamento de prejuízos causados por geadas à cafeicultura do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 6., 1978, Ribeirão Preto, SP. **Resumos...**, Ribeirão Preto: Instituto Brasileiro do Café/ GERCA, 1978. 414 p. p. 145-147.
- PINTO, H.S. et al. Um modelo para estimativa de danos causados por geadas em cafezais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos...**, Poços de Caldas: Embrapa/ Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, 2000. 765 p. p. 120-122.
- RASSMUSSEN, E.M.; CARPENTER, T.H. The relationship between Eastern Equatorial Pacific sea surface temperatures and rainfall over India and Sri Lanka. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 111, n. 3, p. 517-528, 1983.
- ROPELEWSKY C.F.; JONES, P.D. An extension of Thaiti-Darwin Southern Oscillation Index. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 115, n. 9, p. 2161-2165, 1987.
- ROPELEWSKY C.F.; HALPERT, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 115, n. 1, p. 1606-1626, 1987.
- ROPELEWSKY C.F.; HALPERT, M.S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. **Journal of Climate**, Boston, v. 2, p. 268-284, 1989.
- TROUP, A.J. The 'southern oscillation'. **Quarterly Journal Royal Meteorology Society**, Londres, v. 91, p. 490-506, 1965.
- VOLPE, C. A.; ANDRÉ, R.G.B. **Geda: prevenção e combate**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1984. 22 p. (Boletim Técnico 2).