

OCORRÊNCIA DE ONDAS DE FRIO INVERNAIS EM SÃO JOAQUIM – SANTA CATARINA – BRASIL

MAIKON PASSOS AMILTON ALVES¹
ALBERTO ELVINO FRANKE²
RAFAEL BRITO SILVEIRA³

RESUMO: Este trabalho analisou o período invernal entre os anos de 1984 a 2013 no município de São Joaquim, objetivando detectar a ocorrência de ondas de frio ao longo de toda série histórica da estação meteorológica. Utilizou-se como critério para classificar uma onda de frio o evento no qual a temperatura média diária do ar na superfície estava pelo menos dois desvios padrão abaixo do valor da média durante dois dias consecutivos ou mais. O desvio padrão (S) usado é o valor médio dos 92 desvios padrões diário de temperatura do ar interanuais durante o inverno (1º de junho a 31 de agosto). Foram encontradas 24 ondas de frio, demonstrando que a área de estudo sofre a atuação de fenômenos climáticos extremos, notadamente o frio. Constatou-se que há correlação entre a ocorrência de ondas de frio e a fase fria da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). O mesmo não pode se dito em relação ao El Niño-Oscilação Sul (ENOS).

PALAVRAS-CHAVE: São Joaquim; ondas de frio; ODP; ENOS.

ABSTRACT: This paper analyzed the winter period between the years 1984 to 2013 in São Joaquim, aiming to detect the occurrence of cold waves over the entire time series of the meteorological station. Was used as a criterion to classify a cold wave event in which the average daily air temperature at the surface was at least two standard deviations below the mean value for two consecutive days or more. The standard deviation (S) used is the average of the 92 daily standard deviations of interannual air temperature during winter (June 1 to August 31). Twenty four cold waves were found, demonstrating that the study area suffers the action of extreme climatic phenomena, notably the cold. It was found that there is a correlation between the occurrence of cold waves and the cold phase of the Pacific Decadal Oscillation (PDO). The same cannot be said for the El Niño-Southern Oscillation (ENSO).

KEYWORDS: São Joaquim; cold waves; PDO; ENSO.

1. INTRODUÇÃO

¹ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil (maiconpassos@gmail.com);

² Professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil (alberto.franke@ufsc.br);

³ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, bolsista do CNPq (rafaelbritosilveira@hotmail.com).

O Estado de Santa Catarina está localizado numa região de fortes contrastes de massas de ar tropicais e polares, e de diferentes tipos de tempo. Os diferentes tipos de tempo são características peculiares que definem as condições climáticas do Estado catarinense.

As incursões de ar frio na região sul do Brasil, particularmente em Santa Catarina, atuam reduzindo ainda mais as temperaturas mínimas, às vezes com valores próximos de 0°C e até negativos (NIMER, 1979). Durante os meses frios de inverno, é comum a temperatura mínima do ar ficar abaixo da normal climatológica por alguns dias seguidos, configurando assim uma onda de frio (FIRPO, 2008).

O inverno em Santa Catarina é caracterizado pelos meses de junho, julho e agosto. Nesse trimestre invernal as massas de ar polar, em passagem pelo território catarinense, influenciam as condições de tempo. Os anticiclones em aproximação com Santa Catarina trazem consigo o ar frio, ocasionando tempo estável, céu claro predominante e importante declínio da temperatura do ar. O vento frio contribui para aumentar a sensação de desconforto térmico (MONTEIRO, 2001).

Para Sartori (2003) as ondas de frio representam períodos de duração variável (de 3 a 9 dias) com fortes quedas de temperatura, embora, na maioria dos casos, não ultrapassem 4 dias.

O domínio do anticiclone polar acaba contribuindo para a perda de calor noturno por resfriamento radioativo, associado à baixa umidade e céu claro, fazendo com que as temperaturas caiam a seus níveis mais baixos devido à intensa perda de radiação noturna (NIMER, 1979; ESCOBAR, 2007). São nestas circunstâncias que ocorrem as condições favoráveis às geadas, quando produzem vários impactos na sociedade, tanto de ordem social como econômica. O ar resfriado, por ser mais denso, acumula-se nas camadas atmosféricas próximas da superfície e as altas pressões resultantes fornecem a energia necessária ao deslocamento das mesmas, no sentido sul-norte.

As ondas de frios diferem das geadas ou esfriamentos locais, pois abrangem grandes porções da atmosfera. A atmosfera nas ondas de frio caracteriza-se por pressões atmosféricas anormalmente altas, céu claro, redução ou substituição da precipitação líquida e período de geadas e temperaturas anormalmente baixas (MENDONÇA; ROMERO, 2013).

Mendonça e Romero (2013) ao estudarem os impactos socioambientais das ondas de frio, associadas aos índices de oscilação das variabilidades de baixa frequência na América do Sul constataram que as ondas de frio intercontinentais por vezes provocam enfermidades e mortes de pessoas e perdas econômicas, o que acaba impactando o desenvolvimento das atividades na cidade e no campo, danificando paisagens e culturas em diversos países da América do Sul.

Além dos fatores geográficos como latitude, relevo, altitude, continentalidade e maritimidade, que acabam influenciando as temperaturas em Santa Catarina (AGUIAR; MENDONÇA, 2004), há também o impacto das variações nos padrões atmosféricos, como as variabilidades climáticas de baixa frequência, na escala interanual o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e na escala decadal a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

Grimm e Togatliam (2002) estudaram a relação do ENOS com as ondas de frio e calor no Cone Sul da América do Sul, em uma de suas considerações demonstraram o aumento da frequência de eventos severos frios durante a La Niña e diminuição em anos de El Niño.

O município de São Joaquim, localizado no Planalto Sul de Santa Catarina (Figura 1) com altitude média de 1360 m acima do nível do mar, possui uma área total de 1.892.256 km², aproximadamente 1,97% da área total do Estado (IBGE, 2014). No ano de 2010 o contingente populacional era 24.812 habitantes, para o ano de 2014 a estimativa populacional é de 26.045, o que representa um crescimento médio de 4,7% (IBGE, 2014). Este município está inserido na região denominado por Souza (1997) como “Planalto da Neve”. Segundo Schmitz (2007), o mesmo, apresenta a maior frequência de precipitação nival da região, com média anual de 2,7 dias.

Conhecer a variabilidade das ondas de frio em São Joaquim pode auxiliar no melhor entendimento do clima da região, tendo em vista a dependência econômica do Estado em relação às atividades agrícolas, pecuária e industrial. Estas atividades para que tenham êxito necessitam de condições climáticas favoráveis ou de planejamento para o enfrentamento das adversidades. Por outro lado, o frio tem sido subestimado como um desastre sicionatural, pois nem toda a população é atingida igualmente, e as atividades agropecuárias e urbanas de comércio e serviços muitas vezes se beneficiam das quedas de temperatura.

O frio ao atingir populações carentes, pode significar problemas para a saúde, incluindo, por exemplo, problemas respiratórios e cardiovasculares (CARSON et al., 2006). Medidas substanciais e conjunturais devem ser pensadas pelos administradores públicos com o intuito de diminuir as ações negativas do frio sob a saúde da população. Tais medidas incluem, por exemplo, melhoramentos nas habitações; com isolamento, aquecedores, acabamentos em geral; o acesso à energia; construção de abrigos adequados para os desprovidos de habitação; campanhas para informar sobre o comportamento correto durante os frios extremos; não praticar atividades longas ao ar livre, usar roupas adequadas, ajustar a medicação aos que necessitam (LAAIDI et al., 2011).

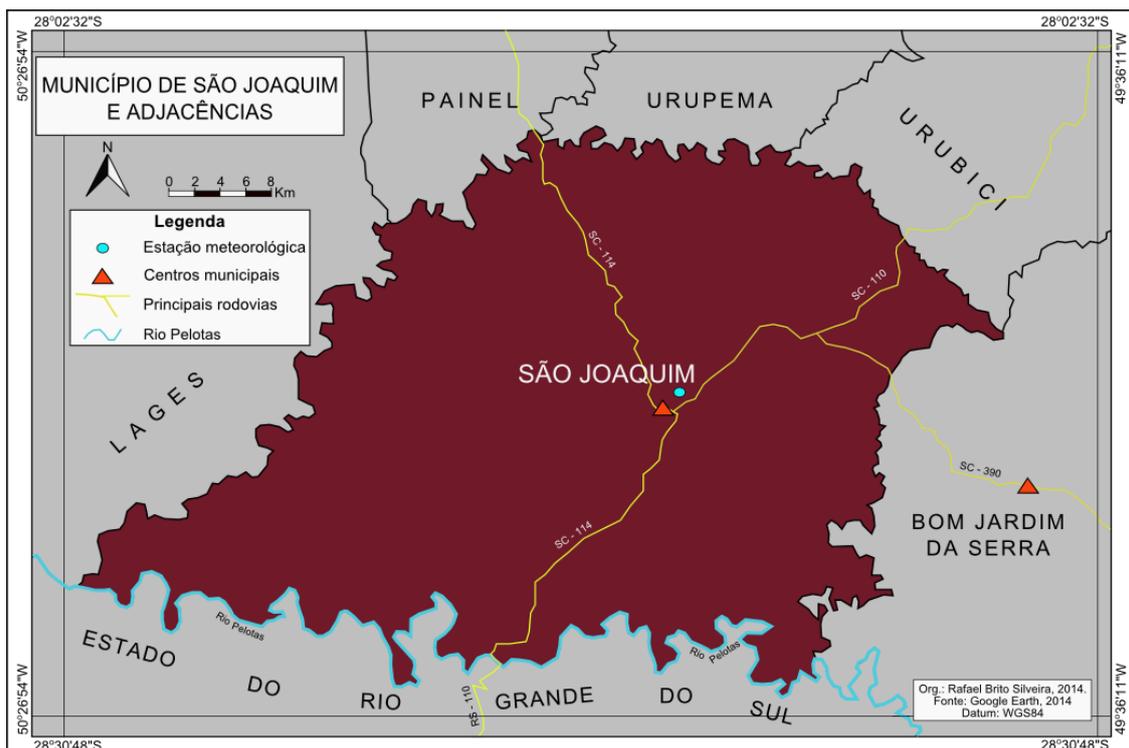


Figura 1 – Mapa de localização do município de São Joaquim e a da estação meteorológica. Confecção utilizando o software QGIS 2.0.1 e o editor gráfico Inkscape. Fonte: Epagri/Ciram – *Google Earth*, 2014. Elaborado por Rafael Brito Silveira, 2014.

O Ministério da Integração Nacional brasileiro documenta o frio extremo como um desastre natural – mesmo que as medidas para tal não sejam notáveis – atribuindo maior vulnerabilidade as populações constituídas por idosos, enfermos e crianças, principalmente quando estes, são pertencentes a populações de baixa renda, ou quando desabrigados e desprovidos de agasalhos. Além de possíveis mortes, as ondas de frio provocam o incremento de morbidades, como por exemplo, a gripe (influenza), infecções respiratórias agudas inespecíficas (IRA), coqueluche, difteria, pneumonia, sarampo e meningite meningocócica (CASTRO et al., 2003).

Considerando-se a importância de conhecer a ocorrência das ondas, realizou-se este trabalho, cujo objetivo foi identificar as ondas de frio em São Joaquim no período de 1984 a 2013, podendo subsidiar pesquisas futuras relacionadas ao tema.

2. MÉTODOS E TÉCNICAS

Foram analisados os dados da estação de superfície convencional de São Joaquim (Figura 1), monitorada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural/Centro de Informações e Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Epagri/Ciram). A série temporal utilizada com dados diários de temperaturas médias diárias do ar, medida em graus Celsius (°C), compreende o período de 1984 a 2013, totalizando 29 anos de dados.

Não há consenso na definição de onda de frio. Encontram-se várias formas de definir ondas de frio como, por exemplo, nos trabalhos de Boyle, 1986; Konrad, 1996; Walsh et al., 2001; Escobar et al., 2004; Vavrus et. al., 2006; Firpo, 2008. Neste estudo foi considerado como onda de frio o evento no qual a temperatura média diária do ar na superfície estava pelo menos dois desvios padrão abaixo do valor da média durante dois dias consecutivos ou mais, no período de 1984 a 2013, conforme empregada por (VAVRUS et al., 2006). O desvio padrão (S) usado é o valor médio dos 92 desvios padrões diário de temperatura do ar interanuais durante o inverno (1º de junho a 31 de agosto). Conforme Vavrus et. al. (2006), esta definição de onda de frio identifica apenas ondas extremas; mesmo assim, pode fornecer uma quantidade razoavelmente grande de eventos extremos.

Os dados do ENOS e da ODP foram obtidos através do *National Weather Service – Climate Prediction Center* do *National Oceanic and Atmospheric Administration (NWS/NOAA)* e do *Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean (JISAO)*, respectivamente.

Os dados coletados foram organizados e tratados em planilha eletrônica do Microsoft Excel.

3. RESULTADOS

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos com a aplicação da metodologia de detecção de ondas de frio invernal empregadas neste estudo. Percebe-se, ao analisar a Figura 2, que no período de 1984 a 2013 vários invernos não apresentaram ondas de frio. O período mais longo sem onda de frio foi de 2005 a 2009. Por outro lado, o ano de 2000 apresentou quatro ondas, sendo três no mês de julho e uma no mês de agosto.

Tabela 1 – Anos com ocorrência de ondas de frio inverniais, em São Joaquim – SC, no período de 1984 a 2013.

Ano	Nº Ondas	Mês	Período de ocorrência
1984	1	Agosto	25 a 26
1985	1	Junho	6 a 7
1987	1	Junho	23 a 24
1988	1	Junho	4 a 5
1989	1	Julho	5 a 6
1990	3	Julho/Agosto	20 a 22; 27 a 30/07; 28 a 29/08
1993	2	Julho	13 a 14/07; 31/07 a 01/08
1994	2	Junho/Julho	25 a 26/06; 08 a 09/07
1996	1	Junho	28 a 29
1999	1	Agosto	14 a 15
2000	4	Julho/Agosto	12 a 13/07; 16 a 17/07; 19 a 20/07; 11 a 12/08
2001	1	Junho	20 a 21
2003	1	Agosto	25 a 30
2004	1	Junho	12 a 13
2010	1	Agosto	3 a 4
2011	1	Julho	3 a 4
2013	1	Agosto	26 a 27
Total	24		

Ao total, entre os 30 invernos analisados, 17 deles apresentaram ondas de frio, correspondendo a 58,6% do período analisado. Entre todos os anos constataram-se 24 ondas de frio. A mais extensa onda de frio ocorreu ao longo de seis dias, em agosto de 2013. De todas as ondas de frio encontradas, 41,6% ocorreram no mês de julho, 29,2% em junho e os mesmos 29,2% em agosto. Observa-se que 87,5% das ondas de frio registradas abrangeram dois dias, número consecutivo mínimo de dias para se considerar uma onda, de acordo com o método empregado nessa pesquisa; os outros 12,5% ficaram divididos igualmente nas ondas de frio que abrangeram três, quatro e seis dias.

A onda de frio que apresentou a menor temperatura média diária, na série estudada, ocorreu nos dias 12 e 13 de julho de 2000, alcançando $-4,7^{\circ}\text{C}$. E a que registrou a temperatura média diária mais alta, ocorreu nos dias 25 a 30 de agosto de 2003, atingindo no dia 30/08, $3,7^{\circ}\text{C}$. Os intervalos de temperatura críticas para caracterizar uma onda de frio, conforme metodologia adotada oscilou entre $-1,6$ a $3,9^{\circ}\text{C}$. Esses valores demonstram que o município de São Joaquim apresenta temperaturas baixas ao longo dos invernos e suas ondas de frio caracterizam-se por serem extremas, principalmente por se tratar de um clima subtropical, dentro de um país em grande parte tropical.

Não se consegue identificar claramente correlação entre o ENOS e as ondas de frio ocorridas em São Joaquim, SC (Figura 2). Porém, parece haver uma maior ocorrência de ondas de frio quando o ENOS estava em fase neutra ou negativa (La Niña). Estes resultados concordam

com os encontrados por Vavrus et al. (2006) para o hemisfério norte e de Spinelli e Alves (2014) para Santa Catarina.

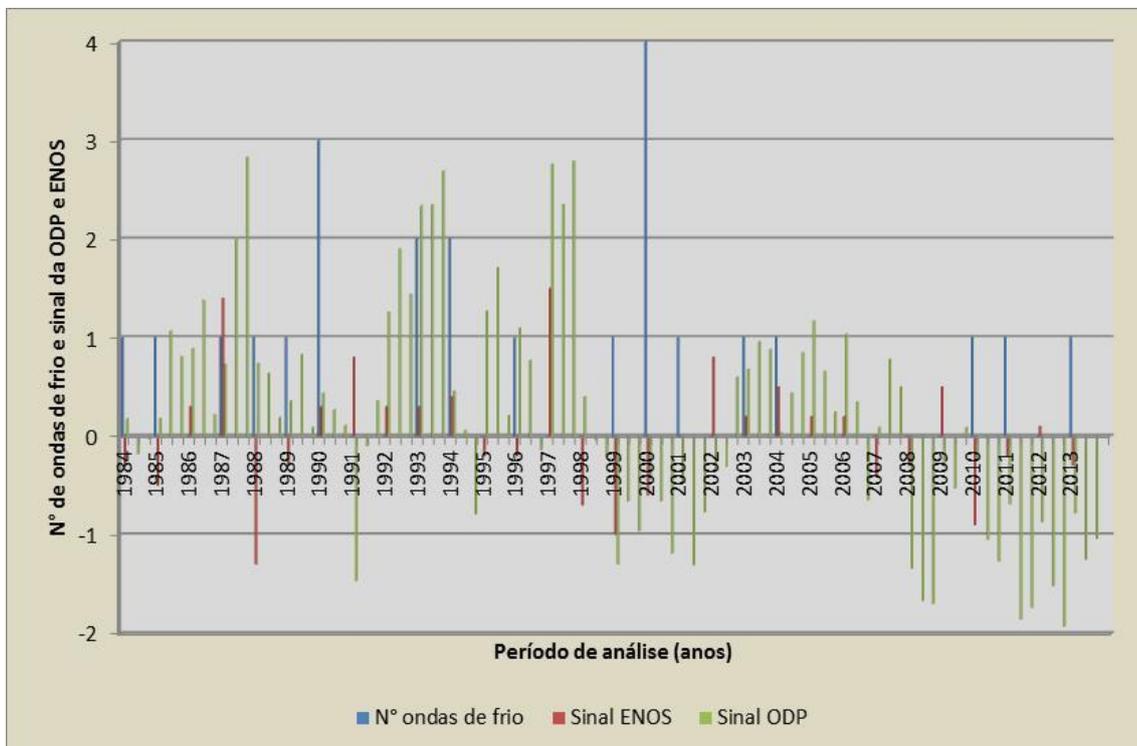


Figura 2 – Ondas de frio inverniais detectadas em São Joaquim – SC e intensidade do sinal do ENOS e ODP, no período de 1984 a 2013. Fonte: EPAGRI/CIRAM; NWS/NOAA, JISAO. Organizado pelos autores, 2014.

Quando se compara as ondas de frio com o sinal da ODP (Figura 2) percebe-se maior ocorrência de ondas de frio durante a fase fria indicando correlação entre a fase fria da ODP e a ocorrência de ondas de frios inverniais em São Joaquim. No período de 2005 a 2009 onde não foram detectadas ondas de frio predominou o sinal neutro ou positivo da ODP. O trabalho de Spinelli e Alves (2014) apresentou relação entre a fase negativa da ODP com ocorrência de geadas extremas em Santa Catarina. Os mesmos afirmam ainda, que o maior registro de geada ocorreu em 1999 e 2000, durante o fenômeno de La Niña e fase fria da ODP.

4. CONCLUSÕES

Em função da metodologia adotada para o período de estudo, conclui-se que ocorreram 24 ondas de frio demonstrando que a área de estudo sofre a atuação de fenômenos climáticos extremos de frio, principalmente para os padrões brasileiros. Constatou-se que há correlação entre a ocorrência de ondas de frio e a fase fria da ODP. O mesmo não pode ser dito em relação ao ENOS.

Recomenda-se, tendo em vista a adequação da metodologia, a aplicação desta em outras regiões do sul do Brasil e até mesmo a nível sul-americano.

Agradecimentos



“RIESGOS, VULNERABILIDADES Y RESILIENCIA SOCIOAMBIENTAL PARA ENFRENTAR LOS CAMBIOS GLOBALES”

Santiago (Chile), 03 al 05 de Diciembre 2014

Eje 7 – Otros
p.1355 – 1363

Agradecemos a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural/Centro de Informações e Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Epagri/Ciram) pelos dados meteorológicos; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), instituição concedente da bolsa de um dos autores; ao Laboratório de Climatologia Aplicada (LabClima) e ao Grupo de Estudos de Desastres Socionaturais (GEDN) da Universidade Federal de Santa Catarina, ao qual todos os autores fazem parte.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, D.; MENDONÇA, M. Climatologia das geadas em Santa Catarina. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS**, 1, Florianópolis: GEDN/UFSC, p. 762-773, (CD-ROM), 2004.
- BOYLE, J. S. Comparison of the synoptic conditions in midlatitudes accompanying cold surges over eastern Asia for the months of December 1974 and 1978. Part I: Monthly mean fields and individual events. **Monthly Weather Review**, n. 114 p. 903–930, 1986.
- CARSON, C.; HAJAT, S.; ARMSTRONG, B; WILKINSON, P. Declining vulnerability to temperature-related mortality in London over the 20th century. **American Journal of Epidemiology**, v. 164, n. 1, p. 77-84, 2006.
- CASTRO, A. L. C.; CAVALHEIROS, L. B.; CUNHA, M. I. R; BRINGEL, M. I. N. C. Manual de Desastres – Desastres Naturais. **Ministério da Integração Nacional** – MI, Brasília, v. 1, 2003.
- ESCOBAR, G. C. J. Padrões sinóticos associados a ondas de frio na cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.2, 241-254, 2007.
- ESCOBAR, G.; COMPAGNUCCI, R. H.; BISCHOFF, S. A. Sequence Patterns of 1000 hPa and 500 hPa geopotential height fields associated with cold surges in Buenos Aires. **Atmosfera**, v. 12, n. 2, p. 69-89, 2004.
- FIRPO, M. A. F. **Climatologia das ondas de frio e calor para o Rio Grande do Sul e sua Relação com o El Niño e La Niña**. Dissertação apresentada na Pós-Graduação da Faculdade de Meteorologia da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 120p. 2008.
- GRIMM, A.M.; TOGATLIAN, I.M. Relação entre eventos El Nino /La Nina e frequência de extremos frios e quentes de temperatura no Cone Sul da America do Sul. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 12, 2002, Foz do Iguaçu. Anais do... Foz do Iguaçu: SBMET, CD-ROM, 2002.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@ - Santa Catarina>São Joaquim**. 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=421650&search=santa-catarina|sao-joaquim>>. Acesso: 10 set. 2014.
- JISAO - Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean. **PDO Index**. Disponível em: <<http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>> Acesso: 14 set. 2014.
- KONRAD, C. E. Relationships between the intensity of cold-air outbreaks and the evolution of synoptic and planetary-scale features over North America. **Monthly Weather Review**, n. 124, p. 1067–1083, 1996.



**“RIESGOS, VULNERABILIDADES Y RESILIENCIA SOCIOAMBIENTAL
PARA ENFRENTAR LOS CAMBIOS GLOBALES”**

Santiago (Chile), 03 al 05 de Diciembre 2014

Eje 7 – Otros
p.1355 – 1363

LAIDI, K.; ECONOMOPOULOU, A.; WAGNER, V.; PASCAL, M.; EMPEREUR-BISSONNET, P.; VERRIER, A.; BEAUDEAU, P. Vagues de froid et santé en France métropolitaine. Impact, prévention, opportunité d'un système d'alerte. **Bulletin épidémiologique hebdomadaire**, n. 7, p. 61-66, 2011.

MENDONÇA, M.; ROMERO, H. Ondas de frio, índices de oscilação e impactos socioambientais das variabilidades climáticas de baixa frequência na América do Sul. Edição Especial - "Climatologia Geográfica", **Revista Acta Geográfica** (UFRR), v.2, p.185 - 185, 2012.

MONTEIRO, M. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**. Revista do Departamento de Geociências da UFSC, Florianópolis, v. 16, nº 31, p 69-78. 2001.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 422 p., 1979.

NWS/NOAA - National Weather Service - Climate Prediction Center do National Oceanic and Atmospheric Administration (NWS/NOAA). **Changes to the Oceanic Niño Index (ONI)**.

Disponível em:

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml> Acesso: 14 set. 2014.

SARTORI, M. G. B. A circulação atmosférica regional e os principais tipos de sucessão do tempo no inverno do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.15, p.69-93, 1993.

SCHMITZ, C. M. **A precipitação de neve no Brasil meridional**. 2007. 67f. Dissertação (Mestrado) – Geografia, Departamento de Geografia, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

SOUZA, R. O. **A ocorrência de neve em Planaltos subtropicais: o caso do sul do Brasil**. 1997. São Paulo: USP, FFLCH. Dissertação de Mestrado. 144 p. 1997.

SPINELLI, K.; ALVES, D. B. Geada. In: HERMANN, M. L. P. (org). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina: Período de 1980 a 2010**. 2 ed. Florianópolis: IHGSC, GCN/UFSC. 2014, 217 p.

VAVRUS, S.; WALSH, J. E.; CHAPMAN, W. L.; PORTIS, D. The behavior of extreme cold air outbreaks under greenhouse warming. **Int. J. Climatol.**, n. 26, p. 1133–1147, 2006.

WALSH, J. E.; PHILLIPS, A. S.; PORTIS, D. H.; CHAPMAN, W. L. Extreme cold outbreaks in the United States and Europe, 1948–99. **Journal of Climate**, n. 14, p. 2642–2658, 2001.