

RELAÇÃO DO FENÔMENO ENOS COM A OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE LAJEADO/RS

Sofia Royer Moraes¹; Grasiela Cristina Both²; Roberta Karinne Mocva Kurek³; Rafael Rodrigo Eckhardt⁴; Claus Haetinger⁵

Resumo – Um dos fatores que afetam a variabilidade da precipitação na Região Sul do Brasil, que por sua vez interferem nas inundações, é o fenômeno climático atmosférico-oceânico de escala global chamado de ENOS (*El Niño* Oscilação Sul): *El Niño* (fase positiva) e *La Niña* (fase negativa). Este trabalho tem como objetivo verificar a influência do fenômeno ENOS na ocorrência e magnitude de inundações no município de Lajeado/RS. Para realização do estudo, foram vinculados os níveis máximos das inundações à ocorrência de ENOS e Neutralidade Climática do período de 1939 a 2012 e, posteriormente, realizou-se análise estatística. Sob análise geral dos resultados deste trabalho, evidencia-se a forte associação do *El Niño* com o risco de inundações em comparação com a Neutralidade Climática e os períodos de *La Niña*. Porém, é durante a intensidade forte dos ENOS, que ocorreram mais inundações. A alta frequência de inundações constatada durante a *La Niña* de intensidade forte pode ser explicada pela distribuição irregular das chuvas nesta situação climática no RS.

Palavras-Chave – ENOS (*El Niño* Oscilação Sul); Inundações; Lajeado/RS.

RELATIONSHIP BETWEEN ENSO PHENOMENON AND THE OCURRENCE OF FLOODING IN LAJEADO CITY/RS

Abstract – One of the reasons who act on the variability of rainfall in southern Brazil, which in turn operate over the floods, is the atmospheric-oceanic climatic phenomenon of global scale named ENSO (*El Niño* Southern Oscillation): *El Niño* (positive phase) and *La Niña* (negative phase). This study aims to investigate the influence of ENSO on the occurrence and intensity of floods in Lajeado/RS town. For the study, the highest levels were linked to the occurrence of floods and ENSO Climate Neutrality of the period from 1939 to 2012 and later statistical analysis was performed. Under general analysis of the results of this work, highlights the strong association with the *El Niño* flood risk compared to Climate Neutrality and periods of *La Niña*. Although, it is during the high intensity of ENSO that occurred more floods. The high frequency of floods observed during *La Niña* strong intensity can be explained by the uneven distribution of rainfall in this climatic situation in Rio Grande do Sul brazilian state (RS).

Keywords – ENSO (*El Niño*-Southern Oscillation); Floods; Lajeado/RS.

¹ Bolsista de Iniciação Científica - Centro Universitário UNIVATES – Lajeado/RS – e-mail: sofia_moraes50@hotmail.com.

² Professora do curso de Engenharia Ambiental, Coordenadora do Centro de Informações Hidrometeorológicas - Centro Universitário UNIVATES – Lajeado/RS – e-mail: gboth@univates.br

³ Engenheira Ambiental - Centro de Informações Hidrometeorológicas - Centro Universitário UNIVATES – Lajeado/RS - e-mail: beta_kurek@hotmail.com

⁴ Professor do curso de Engenharia Ambiental - Centro Universitário UNIVATES – Lajeado/RS – e-mail: rafare@univates.br

⁵ Pesquisador, Professor do programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento- Centro Universitário UNIVATES – Lajeado/RS – e-mail: chaet@univates.br

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de anormalidades climáticas como o fenômeno *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS): *El Niño* e *La Niña* provoca alterações no clima em escalas locais, regionais e até mesmo globais. Estes fenômenos são decorrentes das variações de fluxos de calor e de vapor d'água da superfície do oceano Pacífico Equatorial para a atmosfera (Grimm e Tedeschi 2004).

O *El Niño* é caracterizado pelo enfraquecimento dos ventos alísios, o que permite que as águas do oceano Pacífico Equatorial Central e Leste fiquem mais aquecidas do que o normal, tornando o ar mais quente e úmido. Em fases de *La Niña* ocorre o processo contrário, ou seja, os ventos alísios são mais intensos, o que favorece o ressurgimento das águas mais frias à superfície, conseqüentemente a evaporação diminui (Aragão, 2009; Cavalcanti *et al*, 2009). Os períodos que não apresentam ocorrência destes fenômenos são denominados de neutralidade climática (CPTEC, 2012).

No Brasil, a fonte principal da variabilidade interanual da precipitação é o fenômeno ENOS. O impacto deste fenômeno varia ao longo do seu ciclo de ocorrência e possui forte variabilidade espacial sobre o país (Cavalcanti *et al*, 2009). Na região Sul do Brasil, ressalta-se que os fenômenos *El Niño* e *La Niña* geram precipitação, respectivamente, superior e inferior à média climatológica (Berlato *et al*, 2005). Associadas às fortes precipitações, que ocorrem tanto em fases de ENOS bem como de neutralidade climática, estão as inundações.

Entende-se por inundações, o extravasamento das águas além dos leitos normais de cursos hídricos, em épocas de alta precipitação pluviométrica, nos locais habitualmente não submersos (Pastorino, 1971). As inundações dão o tipo de desastre natural com maior frequência e causam elevados prejuízos econômicos no Brasil (ANA 2010).

O município de Lajeado, considerado município-pólo da região do Vale do Taquari⁶, localiza-se na região inferior da bacia hidrográfica Taquari-Antas. Ferreira e Both (2001) ressaltam que as inundações que ocorrem na região do Vale do Taquari são decorrência de vários fatores naturais, entre eles, o clima. Sendo assim, as ações antrópicas, como o desmatamento, a impermeabilização do solo, as obras no canal fluvial, entre outros, tendem a intensificar o alcance das cotas de inundação, porém não são a causa das mesmas.

Como a maior parte das cidades brasileiras, a evolução da ocupação urbana de Lajeado não foi planejada, desenvolvendo-se de forma espontânea à margem direita do Rio Taquari, tornando as inundações um problema socioeconômico do município (Eckhardt *et al*, 2008). Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a influência do fenômeno ENOS (*El Niño* e *La Niña*) na ocorrência e magnitude de inundações no município de Lajeado/RS.

2. ÁREA DE ESTUDO

O município de Lajeado encontra-se na região central do Estado do Rio Grande do Sul, pertencendo a região do Vale do Taquari (Figura 1), distando em média 150 quilômetros de Porto Alegre. Devido a sua posição geográfica, o município apresenta relevo aplainado e levemente ondulado, compondo a região inferior da bacia hidrográfica Taquari-Antas (Diedrich *et al*, 2010).

⁶ A região do Vale do Taquari é composta atualmente por 36 municípios, segundo a área de abrangência dos conselhos Regionais de Desenvolvimento do Estado do Rio Grande do Sul - COREDES. Tem 4.821,1 km² de área (1,71% da área do RS), possui 320.888 habitantes (2,99% do RS). É reconhecido como produtor de alimentos e praticamente 80% da sua atividade produtiva gira em torno do agronegócio, (CODEVAT, 2011).

Na classificação climática de Köppen, a área de estudo enquadra-se no tipo “Cfa”, ou seja, temperado úmido subtropical. A chuva ocorre durante todos os meses do ano, sendo mais intensas e contínuas nos meses de inverno e primavera, devido à forte atuação dos sistemas frontais no Estado (Nimer, 1990). Quanto às temperaturas, as médias mais baixas ocorrem no inverno (de julho a setembro) e as médias mais altas no verão (de dezembro a março) (Ferri e Togni, 2012).

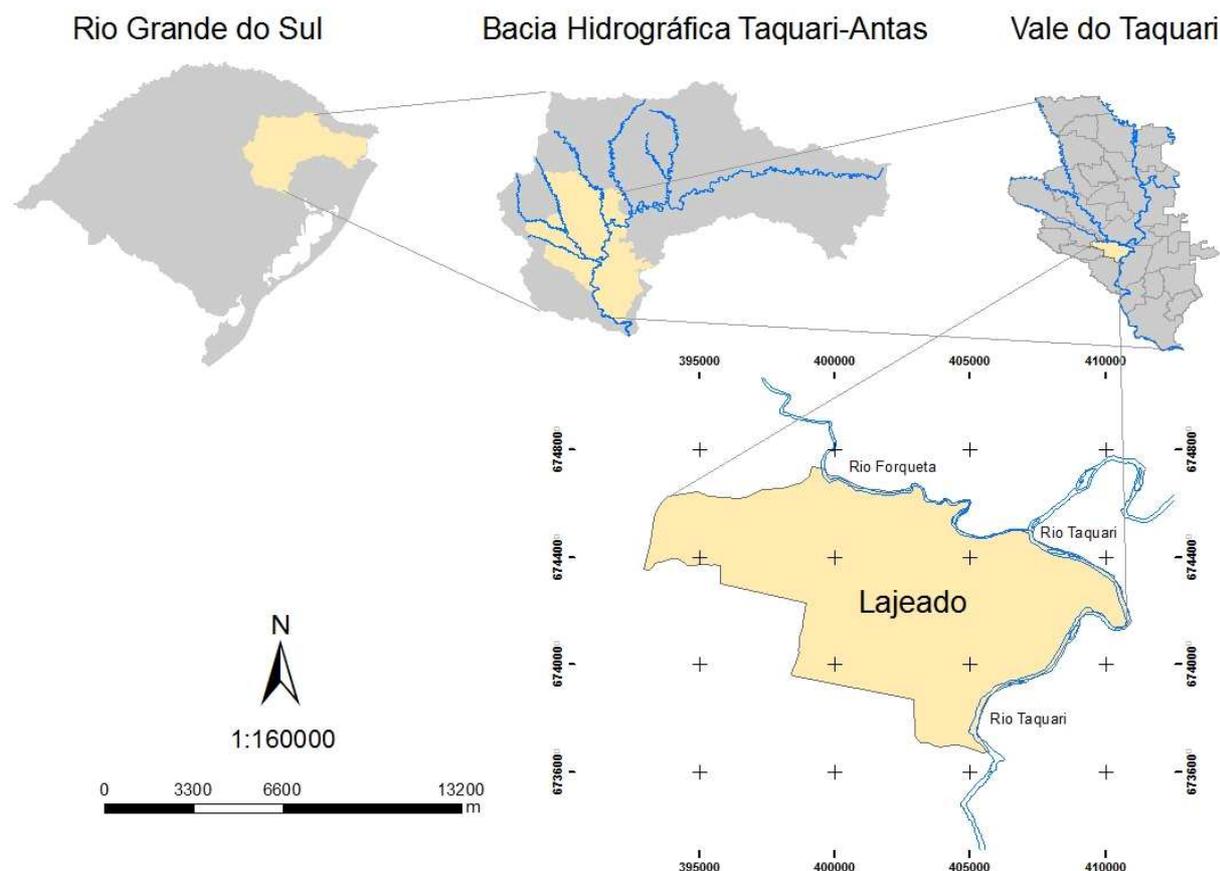


Figura 1- Localização do município de Lajeado. Fonte do autor

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A análise da influência do fenômeno ENOS na ocorrência e magnitude das inundações no município de Lajeado foi realizada com base nos dados dos níveis das inundações referente ao município de Estrela (situado na margem oposta de Lajeado) entre os anos de 1940 e 2012 apresentados por Kurek (2012). Já os dados do fenômeno ENOS e dos períodos de neutralidade climática foram obtidos na *homepage* do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC-INPE) e também do *National Weather Service*, gerenciado pelo *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Para o período de 1939 a fevereiro de 1951 utilizou-se as informações do CPTEC e no período subsequente, foram utilizados os dados disponibilizados pelo NOAA.

De posse dos dados, os eventos de inundações foram vinculados ao fenômeno climático vigente do período (*El Niño*, *La Niña* ou Neutralidade Climática). Ainda, em situações de

anormalidade climática, classificou-se o fenômeno quanto a sua intensidade. A classificação da intensidade foi realizada através do ION (Índice de Oscilação do *Niño*) que considera a média móvel de três meses das anomalias da TSM (Temperatura da Superfície do Mar) do Oceano Pacífico Equatorial, critério apresentado pelo *Golden Gate Service*, (2012) (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação da intensidade do fenômeno ENOS

Evento	Valor do ION	Intensidade
<i>El Niño</i>	$\geq 1,5$	Forte
	1,0 a 1,4	Moderada
	0,5 a 0,9	Fraca
Neutralidade	-0,4 a 0,4	Neutralidade
<i>La Niña</i>	-0,5 a -0,9	Fraca
	-1,0 a -1,4	Moderada
	$\leq -1,5$	Forte

Fonte: *Golden Gate Service* (2012).

Em relação aos níveis máximos das inundações, estes também foram classificados conforme sua magnitude (Tabela 2). Considera-se a cota topográfica de 13 m, como referência de nível para o rio Taquari no município de Lajeado e a cota de 19 m como estado inicial de inundação.

Tabela 2 - Classificação da magnitude das inundações no município de Lajeado/RS

Magnitude	Intervalo de níveis(m)
Reduzida	19,00 - 22,00
Média	22,01 - 25,00
Grande	25,01 - 28,00
Extrema	> 28,00

Fonte: do autor

Após o enquadramento da magnitude das inundações e da intensidade dos fenômenos climáticos, estes dados foram analisados comparativamente através de gráficos e tabelas expostos a seguir.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da série histórica do fenômeno ENOS e neutralidade indicam um predomínio da anormalidade climática (*El Niño* e *La Niña*). Durante o período considerado, ocorreram 21 eventos de *El Niño*, totalizando 21,83 anos e 15 eventos de *La Niña*, com duração total de 18,59 anos, sendo estes eventos intercalados por 36 períodos de neutralidade climática que compreendem 33,58 anos.

De forma geral, constatou-se a ocorrência de 26 inundações em períodos sob a influência de *El Niño*, 9 inundações em períodos de *La Niña* e 31 inundações em períodos de neutralidade climática (Tabela 3).

Tabela 3 - Relação entre os eventos de ENOS e neutralidade climática com o número de inundações

Fenômeno	Intensidade	Nº Eventos	Duração (anos)	Nº Inundações
<i>El Niño</i>	<i>El Niño</i> Forte	9	12,00	21
	<i>El Niño</i> Moderada	7	6,67	5
	<i>El Niño</i> Fraca	5	3,17	0
Neutralidade	Neutralidade	36	33,58	31
<i>La Niña</i>	<i>La Niña</i> Fraca	4	2,75	0
	<i>La Niña</i> Moderada	3	2,58	0
	<i>La Niña</i> Forte	8	13,25	9
Total	-	72	74	66

Esta relação demonstrou que sob a influência do fenômeno ENOS as inundações ocorreram em maior número quando estes apresentaram forte intensidade. Em oposição, em períodos de *El Niño* de intensidade fraca e *La Niña* moderada e fraca não houve registro de inundações.

Além disso, verificou-se que as inundações também ocorreram em períodos de neutralidade climática, evidenciando que são eventos naturais, ocorrendo independentemente da atuação do fenômeno climático ENOS. Estes resultados corroboram com estudos realizados por diversos autores, entre eles, Tedeschi (2008), que aponta um quadro favorável para alterações na vazão das bacias hidrográficas da América do Sul, em resposta aos eventos extremos de chuva desencadeados pelos episódios de ENOS.

As magnitudes alcançadas pelas inundações, no município de Lajeado, apresentam um padrão heterogêneo quanto à influência do fenômeno ENOS e da neutralidade climática (Tabela 4).

Tabela 4 – Relação entre a magnitude alcançada pelas inundações, ENOS e neutralidade climática

Magnitude da Inundação	<i>El Niño</i>	Neutralidade	<i>La Niña</i>	Total
Reduzida	12	14	3	29
Média	7	9	3	19
Grande	6	8	2	16
Extrema	1	0	1	2
Total	26	31	9	66

Em linhas gerais, nas condições climáticas de *El Niño* e neutralidade predominam inundações de magnitude reduzida. Em condições de *La Niña*, há uma igualdade na ocorrência de inundações de magnitude reduzida e média. Apenas, em condições de *El Niño* e *La Niña* de intensidade forte, foram registradas inundações de magnitude extrema, sendo estas as duas maiores inundações registradas na história do município.

A análise dos dados indica que para cada evento de *El Niño* forte, há ocorrência, em média, de duas inundações. Diminuindo a intensidade do fenômeno, também diminui o risco da ocorrência de inundação. Isto indica o quanto a intensidade do fenômeno é determinante na ocorrência de grandes volumes de chuva, que favorecem as inundações.

Embora, o número de eventos de neutralidade climática seja maior, a probabilidade de ocorrência de inundações é menor se comparado a eventos de anormalidade climática de forte intensidade, tanto *El Niño* como *La Niña* (Tabela 5).

Tabela 5 - Razão entre o número de inundações com a intensidade dos eventos climáticos.

Fenômeno	Nº de Inundações	Nº de eventos	Razão entre Nº Inundações / Nº de eventos
<i>El Niño</i> Forte	21	9	2,33
<i>El Niño</i> Moderado	5	7	0,71
<i>El Niño</i> Fraco	0	5	0,00
Neutralidade	31	36	0,86
<i>La Niña</i> Fraca	0	4	0,00
<i>La Niña</i> Moderada	0	3	0,00
<i>La Niña</i> Forte	9	8	1,13
Total	50	71	-

Estes resultados vêm ao encontro dos estudos existentes, que apontam um quadro favorável para muitas chuvas em eventos de *El Niño*, (Berlato e Fontana, 2002). Os dados surpreendem ao apontar uma condição favorável de inundação em eventos de *La Niña* de forte intensidade, relacionando esta situação climática à ocorrência de estiagens no Estado (Berlato e Fontana, 2002; Grimm e Tedeschi, 2004).

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados deste estudo, nota-se que em períodos de predomínio de *El Niño*, o risco de inundações é maior se comparado aos períodos de neutralidade climática e períodos de *La Niña*, o que já era esperado e vem reforçar a literatura.

Há uma relação direta entre a intensidade do fenômeno ENOS e o número de ocorrência de inundações, ou seja, em eventos extremos de ENOS é que ocorrem mais inundações, bem como de maiores magnitudes.

A alta frequência de inundações durante eventos de *La Niña* de forte intensidade evidencia que uma distribuição irregular das chuvas, consequência climática típica deste evento, pode consistir num fator desencadeante de inundação, ou seja, embora as chuvas sejam irregulares sobre uma determinada bacia, a ocorrência de valores extremos de precipitação em determinado ponto pode desencadear uma inundação no município de Lajeado/RS.

Frente ao cenário de discussão sobre mudanças climáticas, o estudo das consequências de fenômenos climáticos sobre eventos hidrológicos são de suma importância nas atividades de prevenção e alerta de desastres naturais, como as inundações, que consistem em eventos recorrentes no município estudado.

O fenômeno ENOS é integrante de um conjunto de oscilações de longo prazo, que persistem por 20 e 30 anos no Oceano Pacífico que apresentam sinal predominante no clima global chamado de “Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)”.

Diante da fase da ODP (positiva ou negativa) em atuação é possível identificar qual fase do fenômeno ENOS (*El Niño* ou *La Niña*) será mais frequente nas próximas décadas e, assim, tomar

conhecimento do impacto sobre a variabilidade e ocorrência de anomalias da precipitação e sua influência sobre o equilíbrio hídrico em longo prazo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem o Centro Universitário UNIVATES e a SCIT (Secretaria da Ciência, Inovação e Desenvolvimento Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul) por viabilizarem o projeto Revitalização do Sistema de Monitoramento e Alerta de Inundações da Região do Vale do Taquari, cujo trabalho apresentado acima é resultante da primeira etapa de sua pesquisa.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional das Águas (ANA). Trata dos desastres naturais que ocorrem no Brasil. Disponível em: <www.ana.gov.br/>. Acesso em: 12 out. 2010.

ARAGÃO, M. J. (2009). *História do Clima*. Interciência, Rio de Janeiro - RJ. 161p.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. (2005). Associação entre *El Niño* Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, n. 5, maio. p. 423-432.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. (2002). *El Niño e La Niña: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura*. UFRGS, Porto Alegre/RS. 110 p.

Conselho de Desenvolvimento do Vale do Taquari (CODEVAT). (2011). *Planejamento estratégico regional do Vale do Taquari-Lajeado/RS*.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; e DIAS, M. A. F. S. (2009) *Tempo e Clima no Brasil*. Oficina De Textos, São Paulo - SP. 463 p.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2012). Disponível em <www.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 07 mai. 2012.

DIEDRICH, V. L; ECKHARDT, R. R; FERREIRA, E. R; HAETINGER, C. (2010). Mapeamento e previsão das áreas urbanas inundáveis na cidade de Lajeado – RS- Brasil. In anais XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia – Aracajú- SE. Mai/2010.

ECKARDT, R. R. (2008)- Geração de Modelo Cartográfico Aplicado ao Mapeamento das Áreas Sujeitas às Inundações Urbanas na Cidade de Lajeado/RS. Dissertação. 2008. (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre/RS.

FERREIRA, E. R.; BOTH, G. C. (2001). Estudo das enchentes no Vale do Taquari: causas e propostas de controle. In: Anais MEEP, 4, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado/RS. 2001.

FERRI, G. TOGNI, A. C. (2012). *A História da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas*. Ed. Univates, Lajeado - RS, 375 p.

GOLDEN GATE SERVICE. Disponível em: < <http://ggweather.com/links.html>>. Acesso em: 12/05/2012.

GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R.G. (2004). Influência de eventos El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil. In *Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Fortaleza - CE.

KUREK, R. K. M. (2012)- Avaliação do tempo de retorno dos níveis das inundações no Vale do Taquari/RS. Monografia (graduação). 2012. – Curso de Engenharia Ambiental. Centro Universitário UNIVATES. Lajeado/RS.

NIMER, E. (1990). *Clima*. In *Geografia do Brasil: Região Sul*. IBGE, v. 2, Rio de Janeiro – RJ, pp. 151-187.

NOAA- *National Oceanic and Atmospheric Administration* (2012). Disponível em: <www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/insostuff/ensoyears.shtml> Acesso em: 7 mai. 2012.

PASTORINO, L. A. (1971). *O problema das enchentes na Região Metropolitana de São Paulo*. São Paulo: Cadernos de Ciências da Terra. USP, n.19, 36p.

TEDESCHI, R. G. (2008)- Impacto de episódios El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação e vazão na América do Sul. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). 2008. – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba/PR.