

XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

OCORRÊNCIAS DE INUNDAÇÃO E RELAÇÃO COM FENÔMENO ENOS NA BACIA DO RIO URUGUAI

*Camila Dalla Porta Mattiuzi¹ ; Fernando Arthur da Silva Olinto² ; Caren Camila de Christo
Morais³; Franco Turco Buffon⁴; Artur Jose Soares Matos⁵ ;*

Abstract: Floods are extreme hydrological events that cause social and economic losses, and there are several factors that influence the occurrence of these events. In southern Brazil, studies indicate that the El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon causes changes in the rainfall regime, which may influence the occurrence of flood events. The objective of this study was to analyze the annual and monthly distribution of flood events in the Uruguay River Basin and to relate the occurrence of floods with the phase and intensity of the ENSO phenomenon. The results showed that flood events can occur in any month of the year, but are generally more concentrated between April and December; almost half of the flood events occurred during the El Niño phase (warm phase of the ENSO phenomenon), and the extreme flood events occurred predominantly in the El Niño and Neutral phases.

Resumo: Inundações são eventos hidrológicos extremos que causam perdas sociais e econômicas, existindo diversos fatores que influenciam na sua ocorrência. No sul do Brasil, estudos indicam que o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) causa modificações no regime de precipitações, podendo influenciar a ocorrência de eventos de inundação. O objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição anual e mensal dos eventos de inundação na Bacia do Rio Uruguai e relacionar a ocorrência das inundações com a fase e intensidade do fenômeno ENOS. Os resultados apontaram que a os eventos de inundação podem ocorrer em qualquer mês do ano, porém estão mais concentrados, em geral, entre abril a dezembro; quase a metade dos eventos de inundação ocorreu durante a fase de El Niño (fase quente do fenômeno ENOS), e os eventos extremos de inundação ocorreram predominantemente nas fases El Niño e Neutralidade.

Palavras-Chave – Bacia do Rio Uruguai; Inundações; Fenômeno El Niño

1) Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM: Banco da Província, 105, Morro Santa Tereza, Porto Alegre, RS, 90.840-030, (51) 3406-7300, camila.mattiuzi@sgb.gov.br

2) Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM: Banco da Província, 105, Morro Santa Tereza, Porto Alegre, RS, 90.840-030, (51) 3406-7300, fernando.olinto@sgb.gov.br; e Engenharia Ambiental/UFRGS: Avenida Bento Gonçalves, 9500, Agronomia, Porto Alegre, RS, 91.501-970, (51) 3308-6000, fernandoolinto@yahoo.com.br

3) Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM: Banco da Província, 105, Morro Santa Tereza, Porto Alegre, RS, 90.840-030, (51) 3406-7300, caren.morais@sgb.gov.br; e Engenharia Hídrica/UFRGS: Avenida Bento Gonçalves, 9500, Agronomia, Porto Alegre, RS, 91.501-970, (51) 3308-6000, carencmorais@gmail.com

4) Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM: Banco da Província, 105, Morro Santa Tereza, Porto Alegre, RS, 90.840-030, (51) 3406-7300, franco.buffon@sgb.gov.br

5) Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM: Avenida Brasil, 1731, Funcionários, Belo Horizonte, MG, 90.840-030, (31) 3878-0307, artur.matos@sgb.gov.br

INTRODUÇÃO

Inundações e eventos de precipitações extremas têm aumentado mais de 50% na última década em termos globais; entre 2009 e 2019 inundações causaram aproximadamente 55 mil mortes e afetaram mais de 103 milhões de pessoas, causando aproximadamente 77 bilhões de dólares em perdas econômicas (ONU, 2021). Foi observado que o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) altera o regime de precipitações no sul do Brasil (Grimm *et al.*, 2000) podendo, portanto, influenciar a ocorrência de eventos de inundação.

O Sistema de Alerta Hidrológico (SAH), o qual é implementado e operado pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM, realiza o monitoramento em tempo real de chuvas e níveis de rios em diversas estações hidrometeorológicas no Brasil, e também realiza previsão dos níveis durante eventos de inundação, para subsidiar a tomada de decisões por parte dos órgãos relacionadas à mitigação dos impactos. Na Bacia do Rio Uruguai, no sul do Brasil, foi implementado um SAH em dezembro de 2018, o qual realiza a previsão de níveis durante eventos de inundação para seis municípios no Rio Grande do Sul, beneficiando uma população total de 349 mil pessoas (Mattiuzi e Mattos, 2023).

Os objetivos do presente trabalho são analisar a distribuição anual e mensal dos eventos de inundação na Bacia do Rio Uruguai e relacionar a ocorrência das inundações com a fase e intensidade do fenômeno ENOS. Estes resultados são importantes para o melhor entendimento dos fenômenos de inundação na Bacia do Rio Uruguai, bem como para o planejamento e operação do Sistema de Alerta Hidrológico e dos órgãos relacionados à mitigação dos impactos.

ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai está situada na fronteira entre Argentina, Brasil e Uruguai, tem a sua foz no Rio da Prata e possui uma área de 349 mil km². Aproximadamente 174 mil km² estão em território brasileiro (MARCUIZZO, 2017), nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, abrangendo um total de 391 municípios, os quais somam uma população superior a 4 milhões de habitantes (IBGE, 2010).

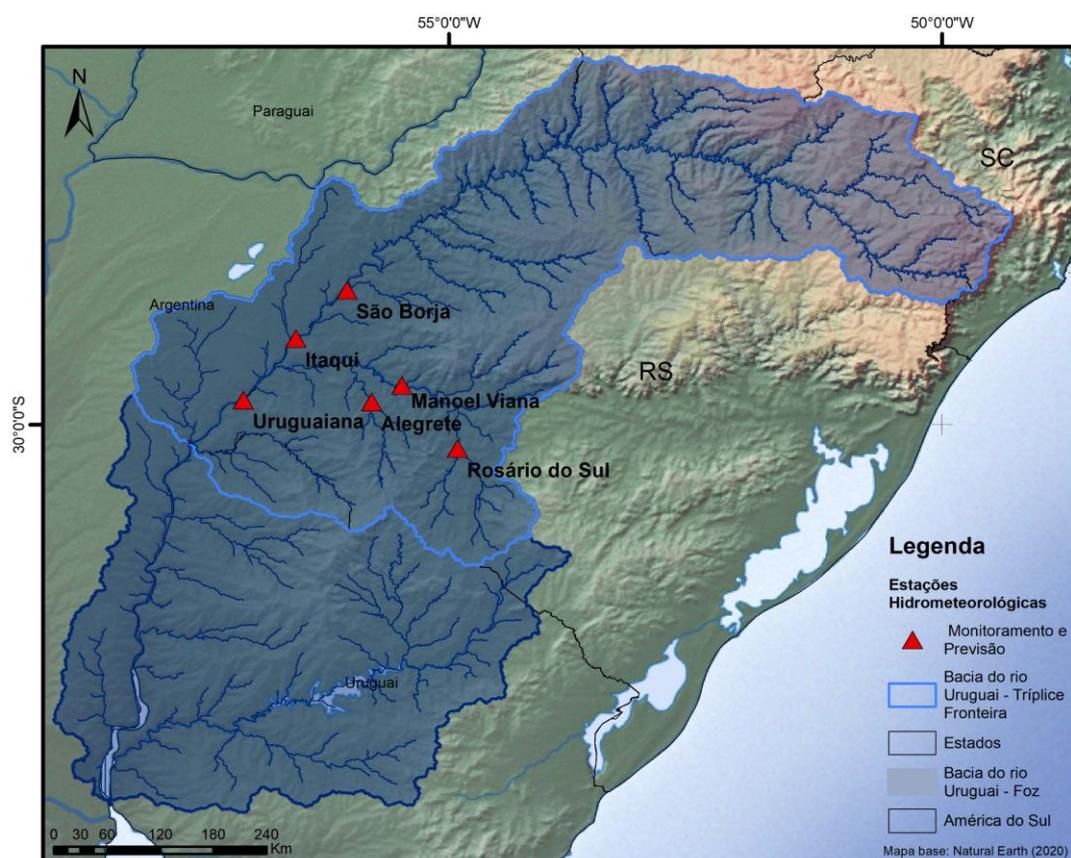
Eventos hidrológicos extremos como inundações podem ocorrer em qualquer mês do ano na região da Bacia do Rio Uruguai, e são condicionadas principalmente por dois fatores: a intensidade de chuva e a topografia. Na região do Alto Uruguai, que compreende a divisa entre RS-SC, as cheias decorrem de precipitações intensas e localizadas; já no trecho do Médio Uruguai, que compreende a divisa com a Argentina, os rios são extensos e menos declivosos, e os eventos de cheia ocorrem devido a precipitações de longa duração e de grande abrangência espacial (MMA, 2006). Nas regiões do Rio Ibicuí (incluindo a bacia do rio Santa Maria) as cheias, as quais são dependentes da intensidade da chuva, ocorrem de forma independente das precipitações nas cabeceiras da bacia. O rio Ibicuí, que recebe os rios Santa Maria e Ibirapuitã, é o maior contribuinte do Rio Uruguai, tendo sua influência observada na região do Baixo Uruguai, entre as estações fluviométricas Itaqui e Uruguiana. (Mattiuzi e Matos, 2023).

A precipitação tem uma distribuição uniforme durante o ano, não havendo um período de seca definido; as precipitações médias anuais variam de 2.100 mm nas cabeceiras, que estão localizadas no Planalto Riograndense, até 1.400 mm na região da fronteira com o Uruguai (Pedrollo *et al.*, 2014). Os totais pluviométricos médios mensais, referentes aos dados de 94 estações desta bacia no período de 1977 a 2006 (Pinto *et al.*, 2011), variaram entre 113 mm e 200 mm. Observa-se um total pluviométrico maior no mês de outubro, sendo março e agosto os meses menos chuvosos.

Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Uruguai (SAH-Uruguai)

O Sistema de Alerta Hidrológico (SAH) Uruguai entrou em operação em dezembro de 2018, sendo realizadas previsões de níveis para 6 municípios, todos localizados no Rio Grande do Sul: Uruguaiana, Itaqui e São Borja (na calha do rio Uruguai), Alegrete (rio Ibirapuitã), Manoel Viana (rio Ibicuí), e Rosário do Sul (rio Santa Maria) (Mattiuzi e Matos, 2023). O acesso às informações do monitoramento SAH Uruguai pode ser realizado através da plataforma [SACE - SAH Uruguai](#) (Sistema de Alerta de Eventos Críticos), que foi desenvolvida pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) para disponibilizar todas as informações geradas no contexto dos Sistemas de Alerta Hidrológico. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo, com destaque para as seis estações para as quais se realiza previsão de cheias.

Figura 1. Localização da área de estudo



METODOLOGIA

Dados utilizados

Séries Fluviométricas: Foram utilizadas as séries fluviométricas de níveis médios diários das seis estações com previsão do SAH-Uruguai (ANA, 2023). O período analisado compreende a série de níveis desde o início até dezembro de 2022. As informações das estações fluviométricas e período da série de dados estão apresentadas na Tabela 1.

Cotas de Inundação: As cotas de referência estão associadas aos níveis das inundações fluviométricas em cada município e são definidas como: cota de atenção (possibilidade moderada de ocorrência de inundação), cota de alerta (possibilidade elevada de ocorrência de inundação) e cota de inundação (cota em que o primeiro dano é observado no município - indica a situação de inundação em algum ponto do município e/ou no entorno). As cotas de inundação são obtidas diretamente nos municípios, a partir de visitas às áreas suscetíveis à inundação acompanhadas pelas Defesas Cíveis locais, e podem ser acessadas através da plataforma [SACE - SAH Uruguai](#).

Tabela 1 – Estações fluviométricas utilizadas

Código	Estação	Rio	Área de Drenagem (km ²)	Cota Inundação (cm)	Período da série
77150000	Uruguaiana	Uruguai	190.000	850	1940-2022
75900000	Itaqui	Uruguai	131.000	830	1939-2022
75780000	Passo São Borja	Uruguai	125.000	1000	1939-2022
76560000	Manoel Viana	Ibicuí	29.400	960	1967-2022
76750000	Alegrete	Ibirapuitã	5.867	970	1940-2022
76310000	Rosário do Sul	Santa Maria	12.100	650	1967-2022

Índice ONI - Oceanic Niño Index: O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) resulta da interação entre as águas do oceano Pacífico Equatorial e a atmosfera adjacente e tem três fases: El Niño, La Niña e Neutro: o primeiro corresponde às oscilações mais quentes e o segundo às oscilações mais frias da temperatura do mar com relação à média normal histórica, e o período de neutralidade corresponde às temperaturas próximas às médias de longo período (Trenberth, 1997; Matzenauer *et al.*, 2017). Os episódios de El Niño e La Niña ocorrem a cada 2 a 7 anos: o El Niño costuma durar entre 9-12 meses, enquanto La Niña permanece entre 1-3 anos; o período de neutralidade coincide com a transição entre as fases El Niño e La Niña (NOAA-CPC, 2021).

O Centro de Previsão Climática da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) realiza o monitoramento do ENOS através do índice ONI (*Oceanic Niño Index*), que corresponde ao limite de +/- 0.5°C na média de três meses da anomalia de temperatura da superfície do mar na região do oceano Pacífico Equatorial (5°N-5°S, 120°-170°W); quando o limite é atingido para, pelo menos, cinco trimestres sobrepostos, então o ONI aponta situação de El Niño ($\geq 0.5^{\circ}\text{C}$) ou La Niña ($\leq -0.5^{\circ}\text{C}$), ou dentro da neutralidade (entre -0.4°C e +0.4°C). A Tabela 2 apresenta a intensidade das fases do fenômeno ENOS que corresponde às faixas do índice ONI.

Tabela 2 – Classificação da Intensidade do fenômeno ENOS

Evento	Índice ONI	Intensidade
El Niño	≥ 1.5	Forte
	1.0 a 1.4	Moderada
Neutro	0.5 a 0.9	Fraca
	-0.4 a 0.4	Neutralidade
La Niña	-0.5 a -0.9	Fraca
	-1.0 a -1.4	Moderada
	≤ -1.5	Forte

Análise da série histórica de níveis e relação com a intensidade do fenômeno ENOS

Foram utilizadas as séries históricas de níveis das seis estações com previsão do SAH-Uruguai para filtrar todos os meses em que houve, pelo menos, um evento de inundação; considera-se como evento de inundação quando os níveis médios diários ultrapassam a cota de inundação, a qual é definida como o nível do rio no qual o primeiro dano é observado no município.

Com a série de meses e anos nos quais ocorreram eventos de inundação foram realizadas duas análises: a verificação da evolução temporal dos eventos de inundação para cada estação fluviométrica em termos anuais, e a verificação da distribuição mensal dos eventos de inundação.

A partir dos índices ONI apresentados na Tabela 2 foram classificados os meses com eventos de inundação conforme fase do fenômeno ENOS e intensidade. Nesta etapa, devido à disponibilidade de dados do índice ONI, o qual inicia em 1950, o período analisado compreendeu os anos de 1950 a 2022 para Uruguaiana, Itaqui, São Borja e Alegrete, e 1967 a 2022 para Manoel Viana e Rosário do Sul.

RESULTADOS

Análise anual

A Tabela 3 apresenta o número de anos em que foi observado pelo menos um evento de inundação, a duração da série fluviométrica em anos, e a razão que indica o percentual dos anos em que houve inundação com base na série histórica.

Observa-se que nas estações do rio Uruguai foram registrados eventos de inundação em 64% (Uruguaiana e Itaqui) e 63% (Passo São Borja) dos anos. Na região oeste do Rio Grande do Sul foi observado o maior percentual de eventos de inundação em Alegrete, o qual correspondeu a 72% dos anos; a menor razão foi observada em Manoel Viana, com 39%; Rosário do Sul teve inundações em 43% dos anos.

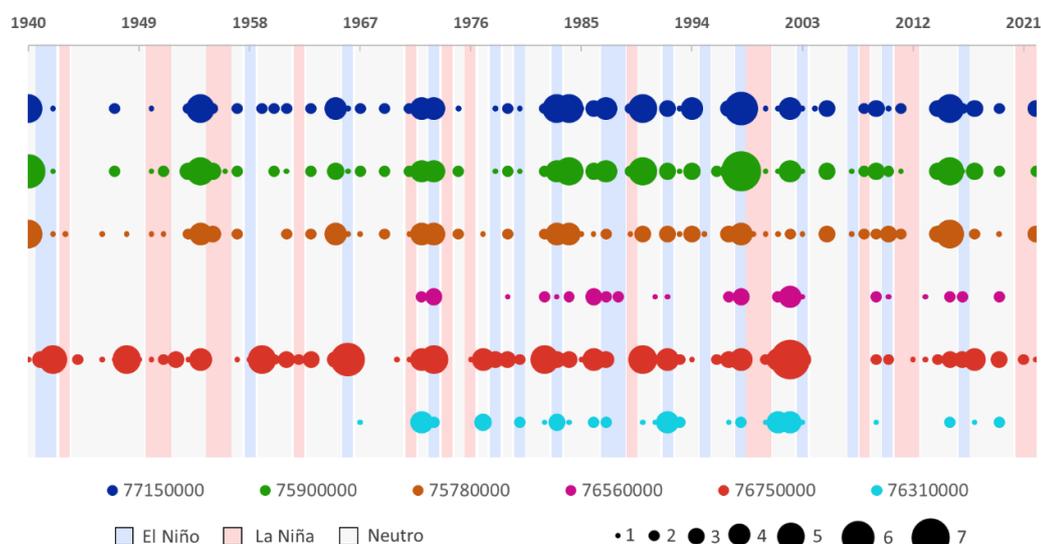
Tabela 3 – Ocorrência de inundações

	77150000	75900000	75780000	76560000	76750000	76310000
Anos com inundação*	53	54	53	22	60	24
Anos de série	83	84	84	56	83	56
Razão	64%	64%	63%	39%	72%	43%

* anos em que houve, pelo menos, um registro de cota acima da cota de inundação

A Figura 2 apresenta a distribuição e ocorrência de eventos de inundação nas estações fluviométricas e as fases do fenômeno ENOS associadas. Nos 83 anos analisados houve 17 anos de predominância de El Niño, 17 anos de predominância La Niña e 49 anos de neutralidade. A ocorrência de inundações variou desde zero até 7 eventos por ano em algumas estações. Observa-se que as estações do rio Uruguai (77150000 – Uruguaiana, 75900000 – Itaqui e 75780000 – Passo São Borja) tem comportamento semelhante ao longo da série histórica, enquanto a estação 76750000 (Alegrete – rio Ibirapuitã) tem a maior frequência de inundações no período analisado. As estações 76750000 (Manoel Viana – rio Ibicuí) e 76310000 (Rosário do Sul – rio Santa Maria) apresentaram comportamento semelhante.

Figura 2. Distribuição e ocorrência de evento de inundação nas estações fluviométricas analisadas, e fases do fenômeno ENOS associadas



Análise mensal

Na Tabela 4 está apresentada a distribuição mensal da ocorrência de inundações para as estações fluviométricas.

Observa-se que as estações do rio Uruguai (77150000 - Uruguiana, 75900000 - Itaquí, 75780000 – Passo São Borja) têm comportamento semelhante, com as maiores ocorrências de inundações entre maio e novembro; os meses com mais eventos são outubro, novembro e março, e os meses com menos eventos março e fevereiro.

Na estação 7656000, em Manoel Viana, os maiores registros de inundações foram nos meses de outubro, dezembro, novembro e março, com ocorrências também em abril e janeiro; no mês de março não foram observados eventos de inundação. Em Alegrete, na estação 76750000, foram observadas inundações em todos os meses do ano, com destaque para o período entre abril a novembro, sendo o mês de janeiro o menos frequente em eventos; entretanto, destaca-se que, em 83 anos de monitoramento, o maior nível atingido pelo rio Ibirapuitã em Alegrete foi no mês de janeiro de 2019 (Germano *et al.*, 2022). Na estação 76310000, em Rosário do Sul, os eventos de inundação estão distribuídos principalmente entre os meses de abril a novembro, sendo o mês de abril o que apresenta o maior percentual e os meses de março e fevereiro, os menores percentual de ocorrência de inundações.

Tabela 4 – Distribuição mensal do percentual de ocorrência de inundações

Mês	77150000	75900000	75780000	76560000	76750000	76310000
J	4%	4%	4%	10%	4%	4%
F	1%	2%	2%	5%	6%	4%
M	1%	1%	1%	0%	5%	2%
A	4%	6%	4%	10%	12%	17%
M	12%	12%	14%	12%	13%	11%
J	11%	10%	11%	7%	9%	6%
J	11%	10%	11%	5%	9%	11%
A	10%	9%	11%	5%	8%	9%
S	10%	10%	11%	5%	9%	6%
O	17%	18%	20%	17%	13%	11%
N	13%	12%	10%	12%	8%	13%
D	4%	5%	4%	14%	6%	6%

Análise mensal e relação com o fenômeno ENOS

A Figura 3 apresenta a distribuição de ocorrências mensais de eventos de inundação conforme as fases do fenômeno ENOS. Observa-se que, em geral, a maior quantidade de eventos de inundação ocorre durante eventos de El Niño (40% a 67%), seguido de Neutralidade (19% a 46%), e por fim, La Niña (6% a 24%), ou seja, mesmo que durante os períodos de El Niño seja observada aumento das precipitações no sul do Brasil, ainda assim, durante as fases de Neutralidade e La Niña podem ocorrer inundações.

As estações do rio Uruguai apresentaram, novamente, comportamento semelhante, com 43% a 45% das inundações em período de El Niño, 33% a 35% em período de Neutralidade, e 22% a 24% em La Niña. Em Manoel Viana (76560000) 67% das inundações ocorreram durante período de El Niño, 19% e 14% em fases de Neutralidade e La Niña, respectivamente. Em Alegrete (76750000) 46% das inundações ocorrem no período de Neutralidade, seguido de El Niño, com 40% e La Niña, com 13%. Finalmente, em Rosário do Sul (76310000) os eventos de inundação ocorrem principalmente durante El Niño (53%), seguido de Neutralidade (40%), e La Niña (6%).

A Figura 4 apresenta a ocorrência de eventos de inundação mais extremos durante as fases do fenômeno ENOS; para esta análise foi considerado como eventos extremos os meses que estavam no percentil 10% da série mensal de inundação. Observa-se que a maior parte dos eventos extremos de inundação ocorreu durante eventos de El Niño, variando entre 50% e 100%, seguido de Neutralidade, entre 25% e 50%, e somente em Alegrete foram observados eventos extremos durante a fase de La Niña.

Em termos de intensidade, conforme apresentado na Figura 5, em média, 40% dos eventos extremos ocorreram durante a fase do El Niño Forte, 36% e 24% durante as fases Moderada e Fraca, respectivamente. Em geral, os eventos extremos ocorreram individualmente entre 50% a 60% das vezes na intensidade Forte nas estações fluviométricas analisadas, com exceção de Manoel Viana (76560000) e Alegrete (76750000), nas quais a predominância foi a fase Moderada, com 67% e 64% das ocorrências, respectivamente.

Figura 3 – Ocorrência de eventos de inundação durante as fases do fenômeno ENOS

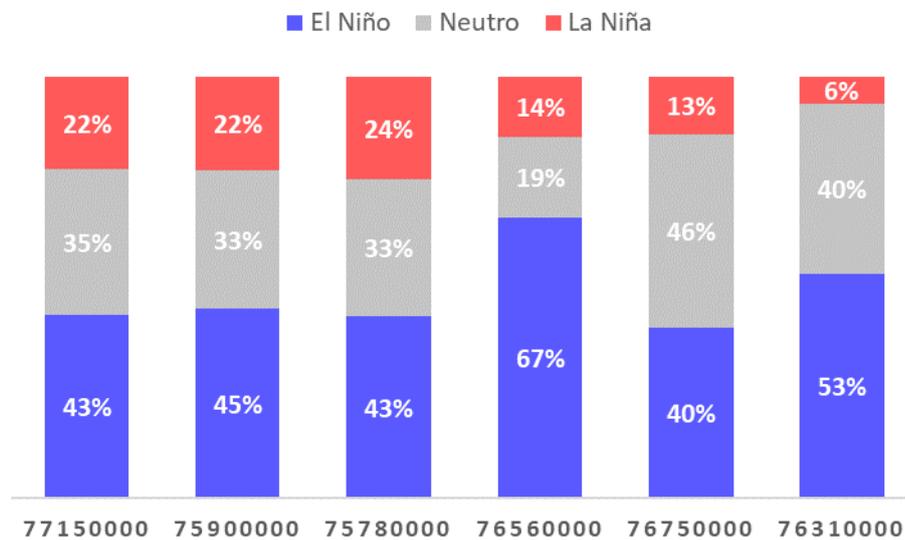


Figura 4 – Ocorrência de eventos de inundação mais extremos durante as fases do fenômeno ENOS

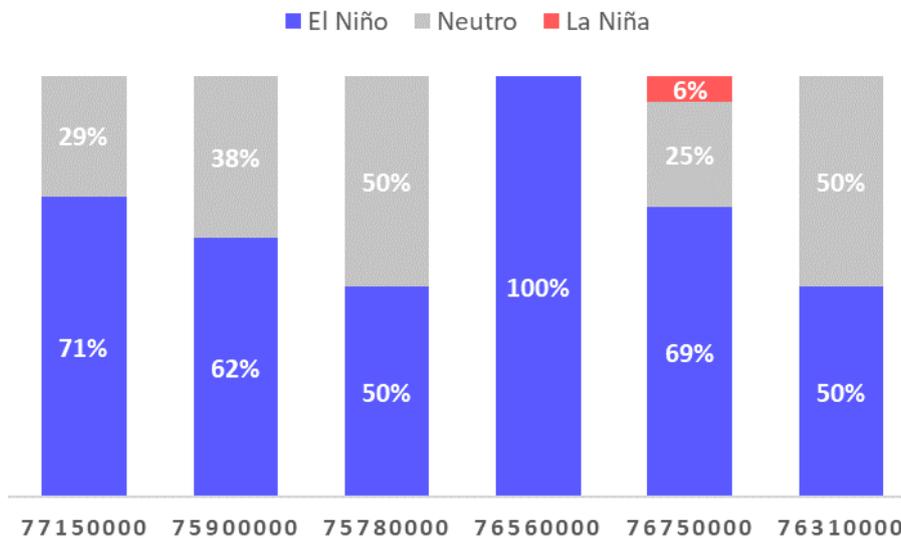
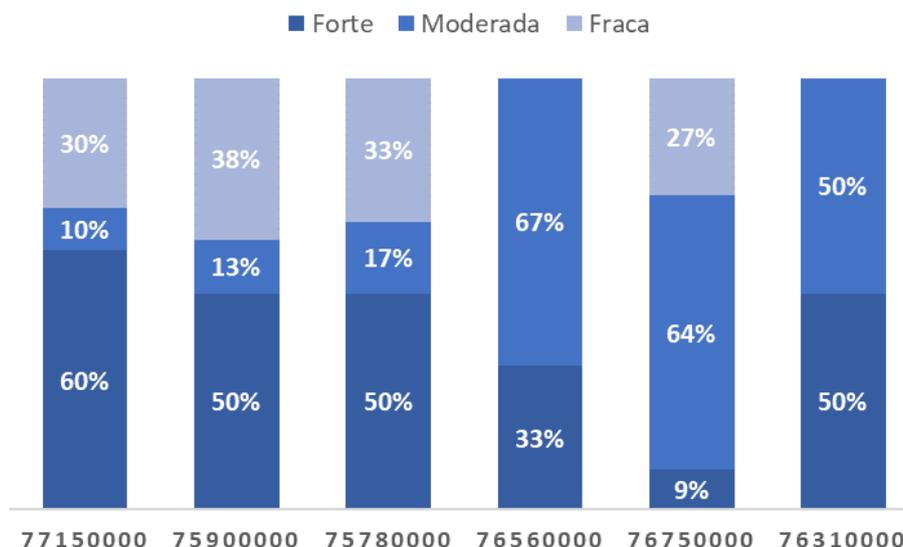


Figura 5 – Intensidade do fenômeno El Niño nas ocorrências de eventos de inundação mais extremos



Discussão

Ambas fases do fenômeno ENOS provocam mudanças na precipitação em escalas global e regional que podem alterar os regimes hídricos de maneiras diferentes (Matzenauer *et al.*, 2017); na região sul Brasil, a qual compreende a bacia hidrográfica do Rio Uruguai, a fase quente (El Niño) promove ocorrências de precipitação acima da média, e na fase fria (La Niña) a ocorrência de precipitação é abaixo da média (Grimm *et al.*, 2000). Fontana e Berlato (1997) também observaram que a intensidade do fenômeno ENOS ocorre principalmente nos meses de novembro e dezembro, e também abril, maio e junho.

Nas estações analisadas foram observadas inundações em 72% a 39% dos anos da série histórica. Observa-se que, em geral, os meses de abril, maio, outubro e novembro apresentam os maiores percentuais de ocorrência de inundações, e as menores no mês de março. O maior percentual de eventos de inundação ocorre durante eventos de El Niño (40% a 67%), seguido de Neutralidade (19% a 46%), e por fim, La Niña (6% a 24%). Além disso, a maior parte dos eventos extremos de inundação ocorre durante eventos de El Niño (50% a 100%), seguido de Neutralidade (25% a 50%), e La Niña (6%, somente em Alegrete).

CONCLUSÃO

A partir do estudo da ocorrência de inundações nas estações fluviométricas com previsão do Sistema de Alerta do Rio Uruguai e sua relação com as fases do fenômeno El Niño Oscilação Sul destacam-se os seguintes apontamentos:

- Eventos de inundação podem ocorrer em qualquer mês do ano, porém estão mais concentrados, em geral, entre abril a dezembro
- O mês com a maior ocorrência de inundações é outubro
- O mês com a menor ocorrência de inundações é março
- A maior parte dos eventos de inundação ocorreu durante as fases do El Niño (49%), Neutralidade (34%) e La Niña (17%) do fenômeno ENOS
- Os eventos extremos de inundação ocorreram predominantemente nas fases El Niño e Neutralidade
- Durante as fases de El Niño, os eventos extremos ocorreram nas intensidades Forte (42%), Moderada (37%) e Fraca (21%)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. (2023). *HIDROWEB: Séries históricas de estações*. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>

FONTANA, D.C.; BERLATO, M. A. (1997). *Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul*. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.5, p.127-132.

GERMANO, A.O.; MATTIUZI, C.D.P.; DUARTE, E.S.; BINOTTO, R.B.; MENDONÇA, R. (2022). *Mapeamento de manchas de inundação: Alegrete, RS*. Porto Alegre: CPRM, 2022. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/23398>. Acesso em: 09 jun. 2023.

GRIMM, A.M.; BARROS, V.R.; DOYLE, M.E. (2000). *Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events*. Journal of Climate, v.13, p. 35-58.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2010). *Cidades: censo 2010*. Brasília, DF: IBGE, 2020.

MARCUZZO, F. F. N. (2017). *Bacia hidrográfica do rio Uruguai: altimetria e áreas*. In: Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, 22., Florianópolis. Anais[...] Florianópolis: ABRH, 2017. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18489>.

MATTIUZI, C.D.P. & MATOS, A.J.S. (2023). *Relatório de Operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia Do Rio Uruguai 2022*. Porto Alegre/RS, 44p. Disponível em <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/23178>.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; MALUF, J.R.T. (2017). *O fenômeno ENOS e o regime de chuvas no Rio Grande do Sul*. Agrometeoros, v.25, n.2, p. 323-331.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. (2006). *Caderno da região hidrográfica do Uruguai*. Brasília, DF: MMA.

NOAA-CPC – NOAA CLIMATE PREDICTION CENTER. (2021). *El Niño Southern Oscillation (ENSO)*. Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (2021). *Valuing Water*. The United Nations World Water Development Report. UNESCO, Paris, 206p.

PEDROLLO, M; SOTERIO, P.; BELING, F. (2014). *Proposta Técnica: Projeto “Sistema de Alerta Hidrológico na Bacia do Rio Uruguai”*. CPRM, Porto Alegre/RS.

PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A.M.; PICKBRENNER, K.; SALGUEIRO, J. P. de B.; SOUSA, H. R. 2011. *Atlas pluviométrico do Brasil: isoetas mensais, isoetas trimestrais, isoetas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos*. CPRM, Brasília/DF.

TRENBERTH, K. E. (1997). *The definition of El Niño*. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 78, n. 12, p. 2771-2777.