

EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS SOB INFLUÊNCIA DO ENOS EM UMA ZONA DE TRANSIÇÃO CLIMÁTICA: O RIO PIRAPÓ, NOROESTE DO PARANÁ

Luiza Borim

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Geografia, Maringá, PR, Brasil
luborim21@gmail.com

Eduardo Souza de Moraes

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Geografia, Maringá, PR, Brasil
esmorais@gmail.com

RESUMO

A dinâmica do regime hidrológico de um rio é fundamental para a gestão dos recursos hídricos e a previsão de eventos extremos, como inundações e vazões mínimas. Entretanto, poucos estudos tratam da variabilidade temporal desses eventos e da influência de fenômenos climáticos globais. Este estudo analisou a série histórica de 1967 a 2022 do rio Pirapó, com base na estação fluviométrica Vila Silva Jardim, em Paranacity, noroeste do estado do Paraná. Foram identificados períodos de maior ocorrência de inundações e vazões mínimas, bem como a influência do *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) sobre esses eventos. As inundações apresentaram maior associação com o *El Niño*, assim como as vazões mínimas, demonstrando menor influência da *La Niña*. A maior vazão da série, registrada em 2012, não coincidiu com anos de ENOS, sendo atribuída a chuvas intensas e concentradas na principal sub-bacia. Barramentos foram identificados como fatores com potencial de regulação dos eventos extremos futuros, os quais fazem parte da dinâmica ecológica dos rios e podem ser comprometidos por interferências. O estudo oferece subsídios relevantes para compreender a interação entre hidrologia, clima e ações antrópicas em bacias hidrográficas, contribuindo com informações estratégicas para a gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Vazão mínima. Inundação. Barramento. ENOS. Rio Pirapó.

EXTREME HYDROLOGICAL EVENTS UNDER THE INFLUENCE OF ENSO IN A CLIMATE TRANSITION ZONE: THE PIRAPÓ RIVER, NORTHWEST OF PARANÁ, BRAZIL

ABSTRACT

The dynamics of a river's hydrological regime are fundamental to managing water resources and forecasting extreme events, such as floods and minimum flows. However, few studies have addressed the temporal variability of these events and the influence of global climatic phenomena. This study analyzed the 1967–2022 historical series of the Pirapó River, based on data from the Vila Silva Jardim fluviometric station in Paranacity, northwestern of the state of Paraná, Brazil. Periods of higher occurrence of floods and minimum flows were identified, as well as the influence of El Niño–Southern Oscillation (ENSO) on these events. Floods showed a stronger association with El Niño, as did minimum flows, indicating a weaker influence of La Niña. The highest flow in the series, recorded in 2012, did not coincide with ENSO years, being attributed to intense rainfall concentrated in the main sub-basin. Dams were identified as factors with the potential to regulate future extreme events, which are part of the rivers' ecological dynamics and can be compromised by interferences. The study offers relevant insights for understanding the interaction between hydrology, climate, and anthropogenic actions in watersheds, providing strategic information for water resource management.

Keywords: Minimum flow. Flood. Dam. ENSO. Pirapó River.

INTRODUÇÃO

A compreensão dos eventos hidrológicos extremos, como as inundações e as vazões mínimas, é essencial para as políticas de planejamento e manejo de ecossistemas. O regime hidrológico compreende como a variação do nível das águas e está ligado ao aumento e à diminuição das vazões no decorrer de um ano civil (janeiro a dezembro) ou de um ano hidrológico (ciclo de vazante, cheia e vazante) (Destefani, 2005; Borges, 2020). As variáveis climáticas, pedológicas, geológicas e geomorfológicas contribuem para as oscilações do regime hidrológico (Tucci, 2002), motivo pelo qual o entendimento dessas variáveis é de extrema importância para o estudo do comportamento das vazões mínimas e máximas.

As vazões máximas correspondem às vazões extremas diárias, mensais e anuais de um rio dentro de um período definido (Tucci, 2002). Quando essas vazões excedem a capacidade do canal e ocupam as áreas adjacentes ao rio são denominadas inundações (Charlton, 2007). As inundações acarretam uma série de alterações nos processos geomorfológicos, sendo significativas para a formação do canal, e nos processos biológicos, além de interferirem nas atividades de cidades inseridas próximas aos cursos d'água (Meurer, 2003; Charlton, 2007). Embora sejam consideradas processos naturais, as inundações podem afetar diretamente as populações ribeirinhas, causando danos e desastres. Por isso, torna-se importante a compreensão da dinâmica e dos padrões desses eventos.

Já as vazões mínimas, ou de estiagem, correspondem aos menores valores de vazões dentro de uma série histórica (Tucci; Mendes, 2006). As vazões mínimas são caracterizadas por dois fatores: a quantidade de água e a duração de dias. Na prática, as vazões mínimas instantâneas não apresentam tanta importância para a análise hidrológica, enquanto as vazões com durações acima de sete dias consecutivos são mais representativas (Tucci; Mendes, 2006). Ademais, a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica é representada pelas vazões mínimas e sua compreensão é de extrema importância para a gestão de recursos hídricos, como o planejamento energético, abastecimento de água em áreas urbanas, indústrias e lançamento de efluentes (Smakhtin, 2001; Barbosa *et al.*, 2005; Martins *et al.*, 2011; Gasques *et al.*, 2018).

Muitos eventos extremos de um rio podem estar relacionados ao aumento ou à diminuição de precipitação ao longo da bacia hidrográfica e o principal fenômeno que pode influenciar a precipitação é o El Niño Oscilação Sul (ENOS), o qual pode causar anomalias em todo o globo (Ropelewski; Halpert, 1987; Capozzoli *et al.*, 2017). Portanto, o regime hidrológico de um rio é determinado por fatores relacionados à interação entre as condições climáticas e a fisiologia da bacia (Pruski; Brandão, 2004; Tucci, 2009; Lima *et al.*, 2015; Capozzoli *et al.*, 2017). As vazões máximas e as vazões mínimas podem estar relacionadas com o fenômeno ENOS, sendo influenciadas e potencializadas por esses fenômenos. O ENOS apresenta duas fases: a anomalia positiva, conhecida como o fenômeno El Niño (fase quente), e a anomalia negativa, conhecida como o fenômeno La Niña (fase fria) (Borges, 2020).

Além disso, os eventos extremos de um rio podem estar relacionados às mudanças climáticas, que tendem a alterar os regimes hidrológicos, a dinâmica morfológica dos rios e a variabilidade dos fenômenos climáticos. Evidências recentes, especialmente em estudos conduzidos no estado do Rio Grande do Sul (RS), apontam que as mudanças climáticas vêm intensificando a atuação do ENOS, o que contribui para o aumento da frequência de eventos extremos de precipitação na região (Aquino, 2012; Viana, 2015; Valente, 2018; Schossler, 2018; Lima, 2025; Peres, 2025). Diante desse cenário, diversos autores têm levantado questionamentos a respeito da eficácia das políticas voltadas às mudanças climáticas (Barbado; Leal, 2021). Nesse contexto, diferentes estudos vêm sendo realizados com o objetivo de analisar o papel dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como instrumento analítico na avaliação das vulnerabilidades hidroclimáticas, no alinhamento de estudos às políticas de sustentabilidade e na gestão de bacias hidrográficas (Barbado; Leal, 2021).

Assim, as variáveis climáticas tornam-se importantes na determinação do regime hidrológico e dos eventos extremos de um rio, e o conhecimento dos fatores climáticos que influenciam na precipitação facilita um melhor gerenciamento dos recursos hídricos (Santos, 2016). No entanto, durante os extremos hidrológicos, com excesso ou escassez de água, há dificuldades para o gerenciamento de recursos hídricos e para a administração pública (Lindner, 2007). Dessa forma, o presente trabalho procurou avaliar os eventos extremos de inundações e vazões mínimas no rio Pirapó.

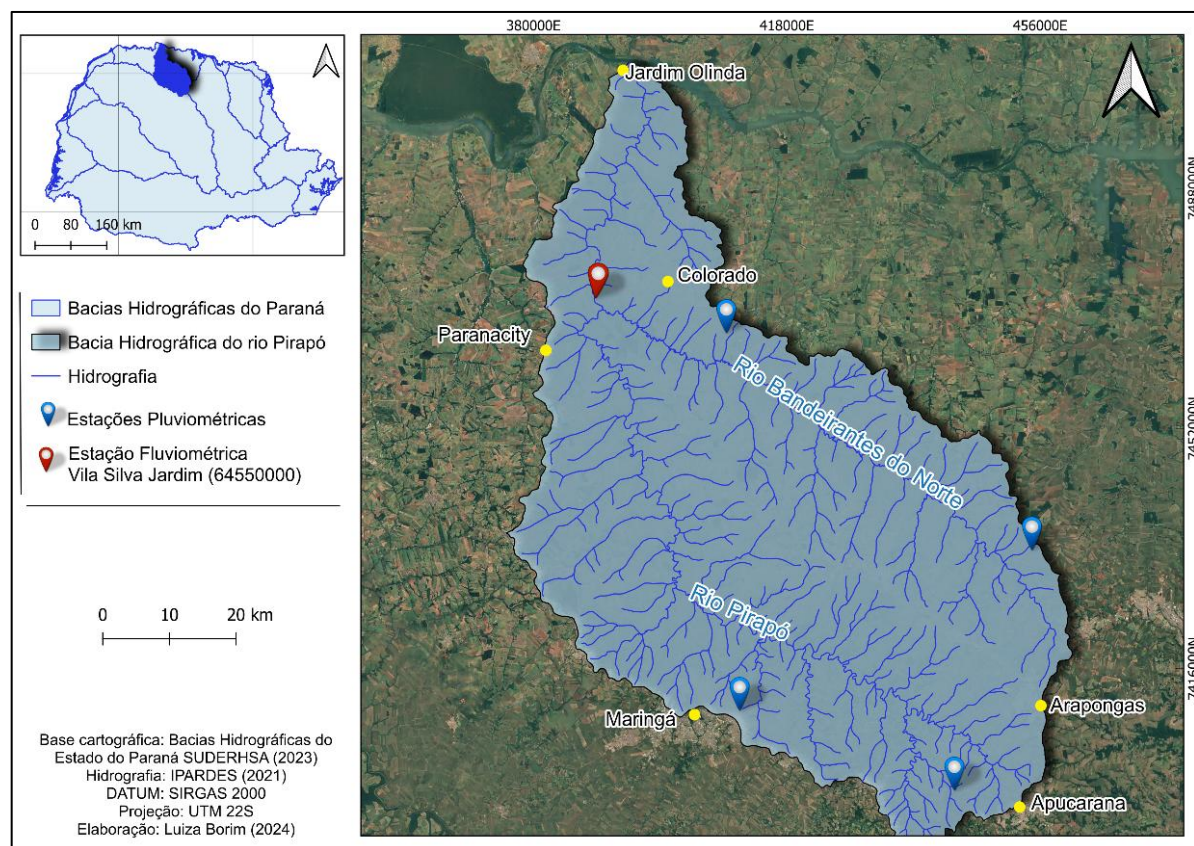
O rio Pirapó apresenta vital importância dentre os recursos hídricos, sendo responsável pelo abastecimento de cidades do Norte do estado paranaense (Lopes, 2001). Ainda, a bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta grande potencial ecológico e está associada a inúmeras atividades econômicas. Diante disso, este estudo tem como objetivo analisar a variabilidade temporal das inundações e das

vazões mínimas no rio Pirapó ao longo da série histórica de 1967 a 2022, investigando suas associações com o fenômeno ENOS e com características naturais e antrópicas da bacia hidrográfica.

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Pirapó possui uma área de drenagem de 5.098 km², está localizada no norte do estado do Paraná (Figura 1) e abrange 33 municípios que possuem uma população de aproximadamente 950 mil habitantes (IAT, 2020). A nascente do rio Pirapó situa-se no município de Apucarana, a aproximadamente 1.000 m de altitude, de onde flui 168 km até a foz com o rio Paranapanema, localizada no município de Jardim Olinda, a 300 m de altitude. O rio Pirapó possui, aproximadamente, 60 tributários, destacando-se o rio Bandeirantes do Norte como o de maior porte (IAT, 2020). A estação fluviométrica em estudo, Vila Silva Jardim, está localizada no limite dos municípios de Paranacity e Colorado, inserida no baixo curso do rio Pirapó a 40 km da confluência com o rio Paranapanema.

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Pirapó (Paraná)



Fonte: os autores, 2024.

A bacia hidrográfica do rio Pirapó está situada no Terceiro Planalto Paranaense e possui, em seu substrato, as unidades litológicas datadas na Era Mesozoica: os basaltos do Supergrupo São Bento, o qual abrange o Grupo Serra Geral, e os arenitos da Bacia Bauru do Grupo Caiuá, com destaque para as Formações Adamantina e Santo Anastácio, além da ocorrência de depósitos fluviais recentes (Mineropar, 2006). O clima na bacia hidrográfica do rio Pirapó é classificado como Cfa subtropical úmido, com os meses mais quentes apresentando temperaturas acima de 22°C e os meses mais frios com temperaturas inferiores a 18°C. De acordo com os estudos de Terassi, Silveira e Graça (2014), a região do alto curso apresenta uma média anual de precipitação que supera os 1.600 mm, enquanto na região do baixo curso as médias anuais encontram-se inferiores a 1.300 mm. A média anual de precipitação da bacia hidrográfica do rio Pirapó é de 1.482,3 mm (Terassi; Silveira; Graça, 2014). As classes de solos da bacia hidrográfica do rio Pirapó são os Latossolos Vermelhos, Nitossolos

Vermelhos e os Nossolos Litólicos provenientes da alteração da rocha basáltica, e os Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelhos de textura média, provenientes da alteração dos arenitos (Embrapa, 2008).

No contexto geomorfológico, a bacia hidrográfica do rio Pirapó está inserida, predominantemente, nos Planaltos de Maringá e de Apucarana. O Planalto de Maringá, onde se localiza a estação fluviométrica de Vila Silva Jardim, caracteriza-se por vales em V, com vertentes convexas e topos aplainados, modelados pelo Grupo Serra Geral (Mineropar, 2006). O Planalto de Apucarana está localizado no alto curso e se caracteriza também por vales em V, vertentes convexas e topos aplainados (Mineropar, 2006). Martinez *et al.* (2011) realizaram análises no perfil longitudinal do rio Pirapó e afirmaram que a drenagem do rio Pirapó encontra-se em desequilíbrio, evidenciado por fraturas na drenagem principal e secundária (rio Bandeirantes do Norte), além da presença de importantes elementos como cachoeiras, corredeiras, vales e terraços assimétricos, bem como de pontos anômalos distribuídos pelas drenagens do rio Pirapó.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizados os dados hidrológicos diários da estação fluviométrica de Vila Silva Jardim (64550000), referentes à série histórica de 1967 a 2019, disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA). No entanto, constatou-se que há falhas nos dados de vazões diárias da estação. Por isso, foi realizada a extrapolação dos dados, com o intuito de ampliar o conjunto de dados até o ano de 2022 e preencher a ausência de dados. Para o preenchimento e extrapolação das vazões diárias, foram utilizados os dados da estação fluviométrica de UHE Rosana Itaguajé (64560000) e foi aplicada a análise da regressão linear. Nas estações em análise, foi determinado o R^2 de 0,68, o que implica que 68% da variabilidade dos dados da estação de Vila Silva Jardim pode ser explicada pela estação de Rosana.

A vazão do nível de margens plenas, correspondente a $496 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Reis, 2020), foi utilizada para a determinação da quantidade de inundações do rio Pirapó. Foram realizadas análises de magnitude, duração, frequência e tempo de retorno dos eventos de inundações, de acordo com a metodologia proposta por Naghettini (2012). Já os eventos de vazão mínima foram identificados a partir da determinação do Q90, correspondente a $35,15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. As vazões consecutivas de dois ou mais dias com valores inferiores ao valor de referência do Q90 foram denominadas de eventos de vazões mínimas. A análise do tempo de permanência (duração) para as inundações e vazões mínimas foi realizada com os dados diários de vazão. Os anos com ocorrência dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, com as respectivas intensidades, foram utilizados com o objetivo de correlacionar com os eventos hidrológicos extremos obtidos no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2024).

Análise de frequência

A frequência da vazão diária foi determinada a partir da elaboração da curva de permanência. As vazões de referência Q10 e Q90 foram identificadas na coluna de probabilidade pelo valor mais próximo de 0,10 e 0,90, respectivamente. A vazão Q90 foi utilizada para a determinação das vazões mínimas. Para a elaboração da curva de permanência, foram utilizados os dados de vazões diárias durante toda a série histórica de 1967 a 2022 (total de dados = N). Os dados foram dispostos em ordem decrescente e foi atribuído, a cada medição, um número de ordem (M) na sequência: $m=1$ para a maior medida, $m=2$ para a segunda maior medida, até $m=N$, representando a menor medida. Após a organização da planilha, a frequência das inundações foi calculada pela equação probabilística:

$$P=m/N \tag{1}$$

Na qual:

P = probabilidade de ocorrência das vazões

m = número de ordem

N = número total de dados

Tempo de retorno

O tempo de retorno (TR) das inundações expressa o intervalo médio em que um evento pode voltar a ocorrer ou ser superado pelo menos uma vez (Naghettini, 2012) e foi obtido com o inverso da probabilidade. Para a determinação da probabilidade de ocorrência foi elaborada uma planilha com as vazões diárias organizadas de forma decrescente, com base na série histórica de 1967 a 2022, totalizando 55 anos. O TR foi calculado para as vazões diárias, especialmente para análise das inundações. O tempo de retorno é expresso como o inverso da probabilidade, ou seja:

$$TR = 1/P \quad (2)$$

Na qual:

T = tempo de retorno (anos)

p = probabilidade

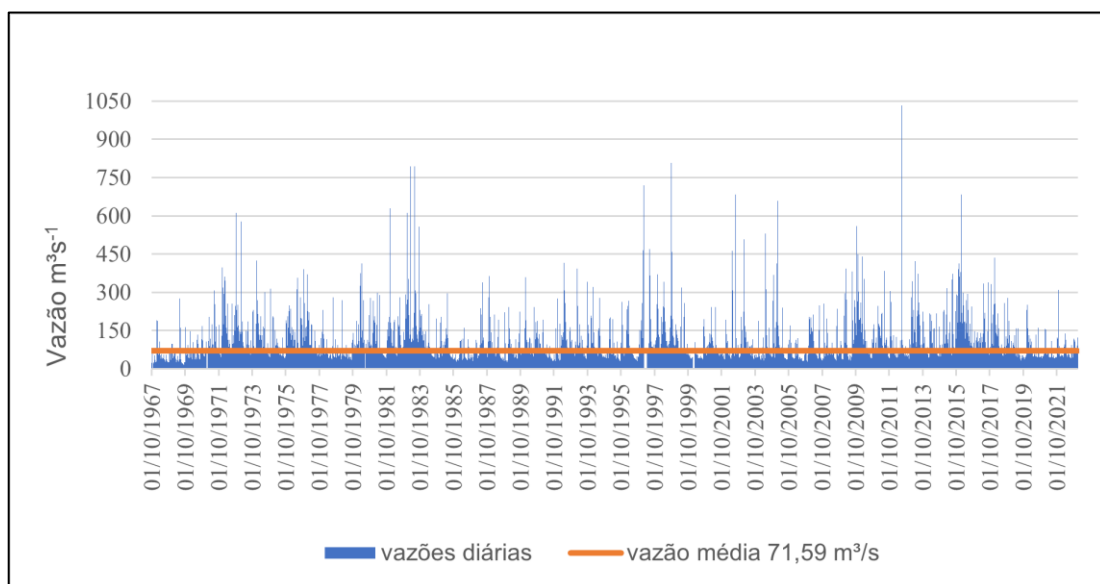
Análise de precipitações

Para análise da precipitação relacionada à inundação ocorrida no ano de 2012, foram verificados os dados de precipitação diária nas estações pluviométricas apresentadas na Figura 1. Procurou-se analisar as precipitações de sete dias anteriores ao evento de inundação de 2012, pois acredita-se que esse seja um intervalo temporal seguro para avaliar a relação entre a precipitação e a inundação na bacia hidrográfica do rio Pirapó. As precipitações foram examinadas para as estações pluviométricas do rio Pirapó e do afluente rio Bandeirantes do Norte. As estações pluviométricas avaliadas no rio Pirapó são Vila Silva Jardim, Guaiapó e Fazenda de Ubatuba, enquanto, no rio Bandeirantes do Norte, as estações pluviométricas são Alto Alegre e São Martinho, conforme apresentado na Figura 1.

RESULTADOS

A vazão média diária do rio Pirapó na estação Vila Silva Jardim entre os anos de 1967 e 2022 é de $71,59 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, enquanto a média das vazões máximas e mínimas anuais é de $387,15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e $35,17 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, respectivamente (Figura 2). O ano de 1969 concentrou a menor vazão diária ($14,65 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$), enquanto o ano de 2012 registrou a maior vazão diária ($1.031,94 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$). Os valores identificados de Q90 e Q10 foram $35,15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e $120,41 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, respectivamente. Esses resultados indicam que 10% das vazões máximas encontram-se acima ou iguais ao valor do Q10, enquanto 90% das vazões mínimas são equivalentes ou superiores ao valor do Q90.

Figura 2 - Fluviograma das vazões diárias na estação fluviométrica Vila Silva Jardim

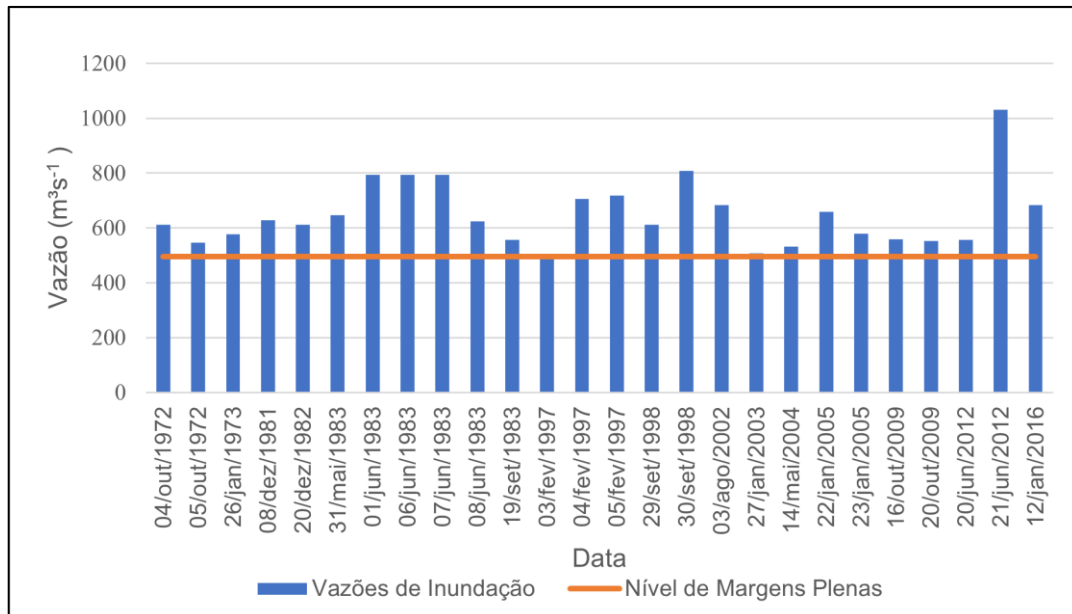


Fonte: ANA, 1967-2019. Elaboração: os autores, 2024.

Inundações

Entre os anos de 1967 e 2022, ocorreram 17 inundações na estação fluviométrica Vila Silva Jardim (Figura 3). Em relação ao intervalo temporal de 55 anos, observou-se que as inundações ocorreram em média em intervalos de, aproximadamente, três anos. A permanência das inundações foi de, no máximo, três dias, sendo que apenas os anos de 1983 e 1997 apresentaram eventos com essa duração. Nos anos de 1972, 1983, 1998, 2005 e 2012, ocorreram inundações de dois dias, enquanto nos demais anos as inundações tiveram duração de apenas um dia.

Figura 3 - Gráfico das inundações na estação fluviométrica da Vila Silva Jardim



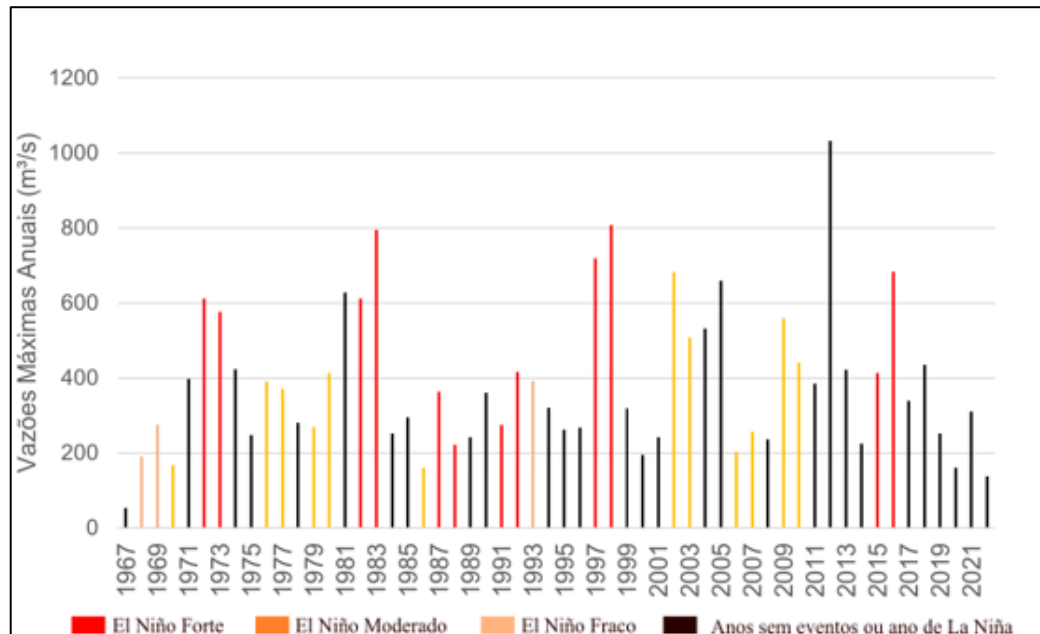
Fonte: ANA, 1967-2019. Elaboração: os autores, 2024.

A maior quantidade de inundações ocorreu no ano de 1983, com três eventos ao longo do ano, nos quais cada evento apresentou três, dois e um dia de permanência da inundação. As inunda es do rio Pirapó, na estac o fluviométrica Vila Silva Jardim, ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro, maio, junho, agosto, setembro, outubro e dezembro, com predominância nos meses de janeiro, junho e outubro.

Constatou-se que 76,47% das inunda es do rio Pirapó ocorreram sob influência do *El Niño* (Figura 4). As ocorrências do fenômeno *El Niño* forte correspondem a 52,94% de influência nas inunda es do rio Pirapó, enquanto os eventos moderados correspondem a 25,59% de influência. Não foi identificada nenhuma inunda o que coincidiu com o fenômeno de *El Niño* fraco, e as inunda es dos anos de 2004, 2005 e 2012 não coincidiram com o *El Niño*. Apenas o ano de 1998 coincidiu com o fenômeno de *La Ni a* fraca.

A maior inunda o ocorreu no ano de 2012, com vazão de 1.031 m³s⁻¹ e um tempo de retorno de 55 anos, enquanto a menor inunda o ocorreu no ano de 1997, com uma vazão de 504,21 m³s⁻¹ e um tempo de retorno de dois anos. As inunda es que apresentam tempo de retorno de dois anos correspondem a 21,4% das inunda es analisadas, e as inunda es que apresentam tempo de retorno acima de nove anos correspondem a 14,2%.

Figura 4 - Gráfico das vazões máximas diárias anuais da estação fluviométrica Vila Silva Jardim e a ocorrência anual de fenômenos ENOS



Fonte: INPE, 2024. Elaboração: os autores, 2024.

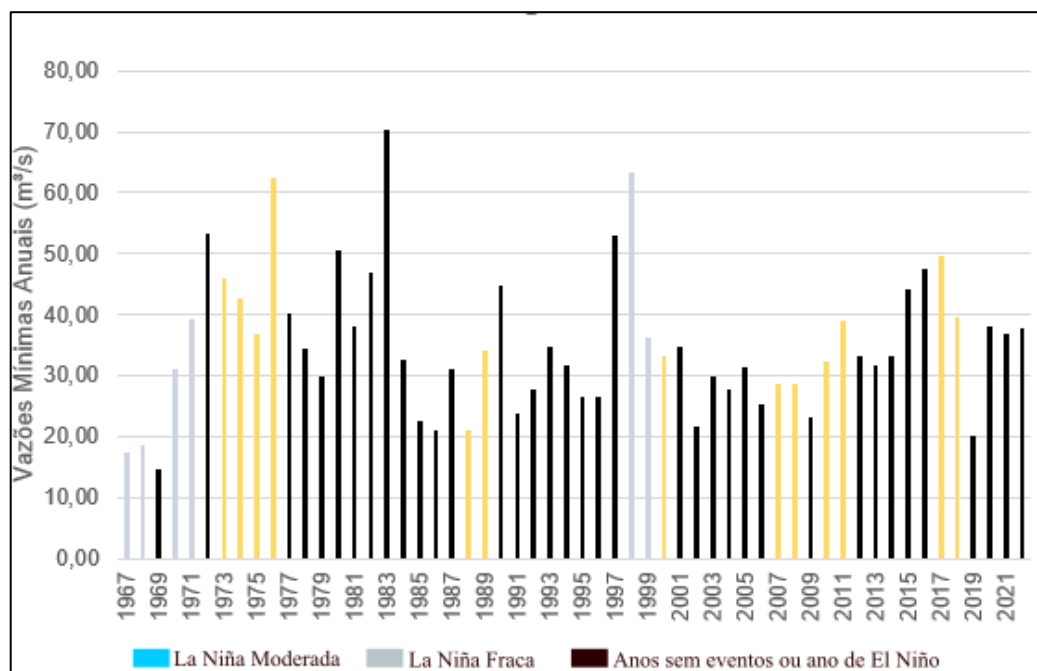
Vazões mínimas

Foram identificados 146 eventos de vazões mínimas, caracterizados por dois ou mais dias consecutivos do limiar Q90. Esses eventos ocorreram em 32 dos 55 anos da série histórica. As vazões mínimas ocorreram em intervalos de, aproximadamente, 1,7 anos durante o período de 1967 a 2022.

A permanência das vazões mínimas do rio Pirapó foi de até 99 dias. Os anos de 1989 e 2014 registraram as menores quantidades de dias consecutivos de vazão mínima, com ambos apresentando apenas dois dias. A maior quantidade de eventos de vazões mínimas diárias ocorreu no ano de 1986, com 17 eventos ao longo do ano que totalizaram 147 dias. Já os anos de menor ocorrência foram 1978, 1993, 1995, 2001 e 2010, nos quais todos apresentaram apenas um evento no ano. Os meses de maior ocorrência de eventos de vazões mínimas no rio Pirapó foram agosto, setembro e outubro, enquanto os meses com maior quantidade de dias de vazões mínimas foram agosto, setembro e novembro.

Notou-se que 21% das vazões mínimas (32 eventos) têm correlação com o fenômeno da *La Niña* (Figura 5). Desse total, 13,78% coincidem com o fenômeno de *La Niña* fraco, enquanto 7,21% coincidem com os eventos moderados. Verificou-se, ainda, que 60,95% das vazões mínimas estão correlacionadas com o fenômeno de *El Niño*. As ocorrências do fenômeno *El Niño* forte correspondem a 6,84% de influência nas vazões mínimas do rio Pirapó, enquanto os eventos moderados correspondem a 36,98%, e os eventos fracos a 17,12%. Ainda foram identificados 44 eventos que não coincidiram com qualquer fenômeno ENOS.

Figura 5 - Gráfico das vazões mínimas anuais da estação fluviométrica Vila Silva Jardim e a ocorrência anual de fenômenos ENOS



Fonte: INPE, 2024. Elaboração: os autores, 2024.

DISCUSSÃO

Inundações

As análises demonstraram que a permanência das inundações do rio Pirapó na estação fluviométrica Vila Silva Jardim é baixa, com ocorrências de até três dias de duração apenas nos anos de 1983 e 1997. Esses dados demonstram que o rio Pirapó apresenta respostas hídricas relativamente rápidas. É possível observar uma dinâmica similar na bacia hidrográfica limítrofe do rio Ivaí, onde as inundações que registraram três dias de duração correspondem a 68% (Douhi; Santos, 2018). A predominância de inundações de curta duração é atribuída à morfologia do vale e do canal, bem como à forma da bacia hidrográfica no rio Ivaí (Destefani, 2005), características possivelmente influentes para a bacia hidrográfica do rio Pirapó. No entanto, quando comparado ao rio do Peixe, localizado no oeste do estado de São Paulo e distante 245 km ao norte da bacia hidrográfica do rio Pirapó, há um relevante contraste, pois as inundações do rio do Peixe podem durar até 60 dias (Moraes, 2015).

Baldo *et al.* (2012) revelaram que, na bacia hidrográfica do rio Pirapó, os anos de maior valor médio de pluviosidade foram registrados em 1980, 1983, 1997, 1998 e 2009, e os anos de menor valor de pluviosidade foram registrados em 1978, 1984, 1985 e 1988. De fato, os anos de 1983, 1997, 1998 e 2009 apresentaram influência, com a constatação de vazões elevadas e inundações constatadas na estação fluviométrica Vila Silva Jardim. No entanto, surpreendentemente, notou-se que, apesar do ano de 1980 ter registros de elevada pluviosidade, não houve ocorrência de inundações, o que ressalta que a intensidade das precipitações também é essencial para que ocorra inundações.

As inundações no rio Pirapó na estação fluviométrica Vila Silva Jardim ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro, maio, junho, agosto, setembro, outubro e dezembro, com predominância nos meses de janeiro, junho e outubro. Observa-se que o mês de janeiro apresentou a maior quantidade de eventos de inundações, quando houve o maior volume de precipitação por toda a bacia. Porém, o mês de junho teve o segundo maior número de eventos de inundações, embora apresente os menores volumes de precipitação média mensal na bacia hidrográfica.

Diante desse contexto, destacam-se duas questões, de modo semelhante ao que se constatou preliminarmente no ano de 1980, em que houve elevado volume de precipitação, mas sem inundações. Nota-se que, mesmo em meses com menores registros de pluviosidade, ocorreram inundações, o que reitera que a intensidade das precipitações é essencial para a ocorrência de inundações no rio Pirapó

na estação fluviométrica Vila Silva Jardim. Compreende-se também que, no rio Pirapó, há a influência de massas de ar frio durante o inverno que podem resultar em inundações, como descrito por Destefani (2005) para o rio Ivaí, e por Borges (2020) para o rio Iguaçu. No entanto, a distribuição espacial das precipitações no rio Pirapó é caracterizada pela irregularidade, devido à localização em uma área de transição climática (Terassi; Silveira; Graça, 2014), com os maiores valores de precipitação encontrados na região do alto Pirapó, e os menores valores no baixo Pirapó (Miotto, 2017). Portanto, no rio Pirapó, apesar da tendência regional de diminuição das precipitações na direção norte, ainda ocorrem inundações associadas a precipitações de elevada intensidade durante o inverno, similar ao que ocorre no rio Ivaí, e contrastante com a marcada sazonalidade que ocorre em direção ao estado de São Paulo.

O fenômeno ENOS e as inundações do rio Pirapó

É preciso considerar que as inundações ocorridas no rio Pirapó podem estar associadas à ocorrência de ENOS, e, por essa razão, muitas inundações são influenciadas por esse fenômeno. O *El Niño* de 1982-1983 é considerado como um dos mais intensos, seguido pelos eventos de 1997 e 1998 (Cavalcanti, 2023). O fenômeno de 1982-1983 é responsável por influenciar as inundações com maior permanência no rio Pirapó, juntamente com o fenômeno ocorrido em 1997-1998. Nos trimestres de março-abril-maio e junho-julho-agosto, do ano de 1983, houve elevadas precipitações, resultando em intensos eventos de inundação (Ornelas, 1997).

O fenômeno do *El Niño* ocorre durante dois anos consecutivos, portanto, as maiores vazões se concentram nos meses de abril a julho (Borges, 2020), o que explica as fortes inundações ocorridas no mês de junho. Os eventos de *El Niño* surgem no final do primeiro ano e se intensificam no início e no meio do segundo ano (Borges, 2020). Esse fato se confirma ao analisar os eventos de inundação de 1982 e 1983, os quais se referem ao fenômeno *El Niño* de 1982-1983, apresentando inundação no final de 1982, no mês de dezembro, e sendo intensificados no meio do ano seguinte, nos meses de maio, junho e setembro.

Meurer (2003) apontou em seus estudos que o rio Ivinhema, importante tributário da margem direita do alto rio Paraná, no estado do Mato Grosso do Sul, apresenta um período de cheia entre os meses de novembro e abril, com o pico no mês de janeiro. No entanto, foi observado um pico em junho de 1983, o qual está correlacionado com o fenômeno do *El Niño* do mesmo ano. A mesma anomalia pode ser observada nos períodos de inundação no rio Pirapó, que ocorreram em meses que geralmente apresentam baixa precipitação, como maio, junho, agosto, setembro e outubro, evidenciando a influência do fenômeno *El Niño*.

Já o evento de inundação do ano de 1998 ocorreu no mês de setembro e refere-se ao fenômeno *El Niño* de 1997-1998, que atingiu o pico em dezembro de 1997 e começou a diminuir entre os meses de fevereiro e abril de 1998 (Kayano *et al.*, 2016). No entanto, considerou-se que as inundações ocorridas em 1998 estão associadas a eventos de oscilações climáticas, em razão da proximidade temporal e da reconhecida defasagem temporal desses eventos (Galvani *et al.*, 1998; Minaki; Montanher, 2020).

Os anos com inundações que coincidem com os anos de *El Niño* forte são 1972, 1973, 1982, 1983, 1997, 1998 e 2016. Os eventos de *El Niño* forte têm maior probabilidade de serem responsáveis pelas inundações ocorridas nos meses de maio, junho e julho (Borges, 2020). Os meses de maio, junho e julho, no geral, não apresentam expressividade nas precipitações na bacia hidrográfica do rio Pirapó na estação fluviométrica Vila Silva Jardim. Entretanto, as inundações ocorridas em maio e junho estão correlacionadas com o *El Niño* forte, fomentando a ideia de que fenômeno ocasiona o aumento expressivo das precipitações e, conseqüentemente, influencia os eventos de inundação.

Já os eventos de inundação ocorridos nos anos de 2002, 2003 e 2009 coincidem com o *El Niño* moderado. Os episódios de *El Niño* moderado não apresentam grande influência no aumento das precipitações e, conseqüentemente, na intensificação das vazões (Borges, 2020). De fato, os anos de 2002 e 2003 registraram somente um dia de ocorrência de inundação. Já o ano de 2009, apesar de totalizar dois dias de ocorrência não consecutivos, teve valores de vazão pouco expressivos em comparação com o nível de margens plenas do rio Pirapó, correspondendo a 559,13 m³s⁻¹ e 552,65 m³s⁻¹.

Análise de frequência e tempo de retorno para as inundações do rio Pirapó

Com a elaboração da curva de permanência das vazões diárias (Figura 4) da estação fluviométrica Vila Silva Jardim, identificou-se o valor de Q10. Nota-se que o valor de Q10, equivalente a $120,41 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, é aproximadamente quatro vezes menor que o nível de margens plenas, equivalente a $496 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Assim, a probabilidade de ocorrência de inundação mostrou-se abaixo de 1%.

As inundações do rio Pirapó apresentaram vazões entre $504,21 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ e $1.031,94 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, sendo que a maioria das inundações ocorreu com pouco volume acima do nível de margens plenas. A maior inundação observada no ano de 2012, equivalente a $1.031,94 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, corresponde a apenas duas vezes o nível de margens plenas. Dessa forma, a amplitude das inundações do rio Pirapó torna-se pouco expressiva se comparada, por exemplo, ao rio do Peixe, o qual apresenta vazões até seis vezes maiores que o nível de margens plenas (Moraes, 2015).

As vazões de inundação entre $504,21$ e $578,81 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ apresentam tempo de retorno equivalente a dois e três anos e representam 39,28% das inundações analisadas no TR. Conforme ocorre o aumento das magnitudes dessas vazões, o tempo de retorno também cresce e, conseqüentemente, a probabilidade de ocorrência das vazões diminui. As inundações que atingiram as maiores vazões, variando de $706,44$ a $807,24 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, apresentam tempo de retorno no intervalo de 7 a 28 anos, correspondendo a 25% das inundações analisadas. Já a maior vazão, equivalente a $1.031 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, apresenta um TR de 55 anos e corresponde a apenas 3% das vazões de inundação.

Estudos realizados por Destefani (2005) no rio Ivaí mostram que mais de 60% das vazões máximas anuais são de menor magnitude, e os outros 40% são de magnitudes extraordinárias, comportamento similar ao que ocorre no rio Pirapó. Douhi e Santos (2018) ressaltam ainda que, no rio Ivaí, as inundações de maior magnitude apresentam TR em 5,8 anos e, em casos mais extremos, podem variar de 69,2 a 200 anos. Já as áreas onde a planície de inundação é mais ativada por inundações de menor magnitude registram um TR de 1,31 anos. Por outro lado, ao contrário da dinâmica do rio Pirapó, na foz do rio Ivinhema é comum o transbordamento sobre os diques marginais, com ocorrência de inundações pelo menos seis vezes ao ano (Meurer, 2003).

A maior inundação da série: ano de 2012

Observou-se que o ano de 2012 apresentou a maior vazão da série histórica, com a vazão máxima de $1.031 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. No entanto, o evento extremo não coincidiu com qualquer episódio de *El Niño*. A ocorrência de inundações sem relação com o fenômeno de *El Niño* evidencia que eventos extremos podem ocorrer sem a atuação de alguma oscilação climática ENOS (Moraes *et al.*, 2013). Essa ocorrência suscitou o interesse pela investigação sobre a possibilidade de chuvas volumosas e isoladas na bacia hidrográfica do rio Pirapó.

Foram analisados os dados de precipitação de sete dias antecedentes à inundação de 2012 em estações meteorológicas presentes na bacia hidrográfica (Figura 1). O evento de 2012 teve dois dias consecutivos de permanência da inundação: o primeiro dia (20/06/2012), com vazão de $556,97 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; e o segundo dia (21/06/2012), com $1031 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Na estação pluviométrica Vila Silva Jardim, foram registrados os valores de 108,9 mm de chuva no dia 20/06/2012 e 9,7 mm de chuva no dia 21/06/2012.

Além disso, foram avaliados os dados de precipitação para a estação pluviométrica Fazenda de Ubatuba, próxima à nascente do rio Pirapó no município de Apucarana, na qual os valores de precipitações foram 15 mm e 0,2 mm nos dias 20/06 e 21/06, respectivamente. Já nas estações pluviométricas de Alto Alegre e São Martinhos, localizadas no rio Bandeirantes do Norte, as precipitações chegaram a 194,6 mm e 234,2 mm no dia 20, e diminuíram bruscamente no dia 21, para 7,4 mm e 0,8 mm, respectivamente. É possível observar que, desde o dia 18/06, ocorreram chuvas significativas em todas as estações, entretanto, no dia 20/06 foram registradas as maiores precipitações, principalmente nas estações localizadas no rio Bandeirantes do Norte (Tabela 1).

Tabela 1 - Precipitação (mm) antecedente à inundação de 2012

Data	Vazão	Vila Silva Jardim	Maringá	Apucarana	Alto Alegre – Rio Bandeirantes do Norte)	São Martinho – Rio Bandeirantes do Norte)
14/jun	54,05	0	0	0	0	0
15/jun	53,18	0	0	0,2	0	0
16/jun	50,61	0	0	0	0	0
17/jun	49,75	0	0	0	0	0
18/jun	55,78	61,7	0	45,4	0	0
19/jun	48,05	90,7	50,6	144,4	57,3	70,6
20/jun	556,9	108,9	130,9	15	194,6	234,2
21/jun	1.031,9	9,7	0	0,2	7,4	0,8

Fonte: ANA, 1967-2019. Elaboração: os autores, 2024.

Os dados de precipitação indicam que intensas e concentradas precipitações na sub-bacia hidrográfica do rio Bandeirantes do Norte podem ser determinantes para ocorrências de inundações no canal principal. No entanto, observou-se que, no rio Bandeirantes do Norte, foi instalada em 2016 uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH) a, aproximadamente, 30 km da foz (Figura 6). Os barramentos podem causar drásticas alterações hidrológicas e sedimentológicas nos rios; até mesmo as PCHs possuem potencial para alterar o ciclo natural das vazões (Petts; Gurnell, 2013; Hass *et al.*, 2014; Paes *et al.*, 2019). A inundação de 2012 obteve tamanha magnitude no período anterior à instalação do barramento, portanto, acredita-se que, com uma nova ocorrência de precipitações intensas, possivelmente não ocorreria uma inundação de tal magnitude devido à presença do barramento.

Vazões mínimas

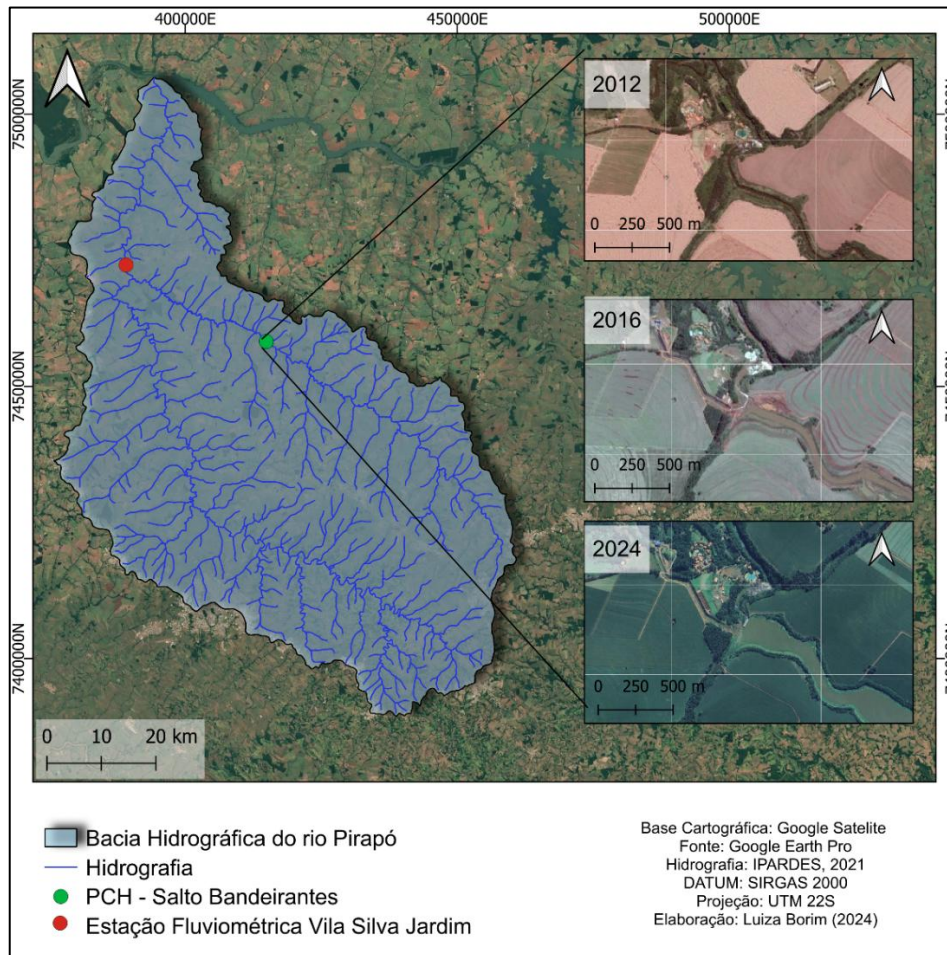
A vazão mínima de referência identificada, o Q90, foi de 35,15 m³s⁻¹, e constatou-se a ocorrência de 146 eventos de vazão mínima dentro da série histórica de 1967 a 2022 na estação fluviométrica Vila Silva Jardim. As vazões mínimas no rio Pirapó ocorreram, em média, em intervalos de aproximadamente 1,7 anos. Verificou-se que o tempo de permanência (duração) das vazões mínimas do rio Pirapó foi de até 99 dias no ano de 1969, e o maior número de eventos ocorreu no ano de 1986, com 17 eventos.

Os anos de menor valor médio de precipitação foram registrados em 1978, 1984, 1985 e 1988 (Baldo *et al.*, 2012). De fato, os anos de 1985 e 1988 apresentam dados significativos de vazão mínima na bacia hidrográfica do rio Pirapó, com cinco eventos e 45 dias de duração no ano de 1985, e três eventos e 56 dias de duração no ano de 1988. Já no ano de 1978, houve a menor ocorrência de eventos, com apenas um evento de seis dias de duração. O ano de 1984 também foi pouco significativo para as vazões mínimas do rio Pirapó, com três eventos no ano e de, no máximo, três dias de duração. Por fim, os anos de 1989 e 2014 apresentaram apenas dois dias consecutivos de vazões mínimas.

As vazões mínimas do rio Pirapó ocorreram em todos os meses do ano e mostraram-se mais frequentes nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro. De fato, os meses com menores precipitações na bacia hidrográfica do rio Pirapó são registrados nos meses de julho e agosto, e, a partir do mês de setembro, ocorre um ligeiro acréscimo de pluviosidade na bacia (Baldo *et al.*, 2012). Ao contrário do rio Pirapó, as vazões mínimas do rio do Peixe encontram-se entre os meses de abril e novembro, os quais correspondem à estiagem que ocorre na região da bacia hidrográfica durante o

inverno (Morais, 2015), dinâmica similar à do rio Ivaí, o qual apresenta um período sazonal de abril a setembro para as vazões mínimas (Destefani, 2005).

Figura 6 - PCH Salto Bandeirantes localizada no rio Bandeirantes do Norte (PR)



Fonte: os autores, 2024.

Os estudos realizados por Baldo *et al.* (2012) indicam que os meses de julho e agosto apresentam os menores valores de precipitações concentrados na região norte da bacia hidrográfica do rio Pirapó, enquanto observa-se um aumento na pluviosidade nos meses de setembro e outubro. O mês de agosto apresentou, no total, 16 eventos de vazão mínima; nos meses de setembro e novembro, foram constatados 14 eventos; enquanto, nos meses de julho e outubro, foram registrados 12 eventos. Como já mencionado anteriormente, o rio Pirapó registra os maiores valores de precipitação concentrados na região do alto Pirapó, enquanto o baixo Pirapó têm as menores médias pluviométricas (Rigon; Passos, 2014; Mioto, 2017).

Fenômeno ENOS e as vazões mínimas do rio Pirapó

Os eventos de vazões mínimas, assim como as inundações, estão possivelmente associados à ocorrência do fenômeno ENOS. Foram constatados 146 eventos de vazão mínima (Q90 com duração de dois ou mais dias consecutivos), porém, a partir dos estudos realizados, o que se destaca é que 60,95% (89 eventos) são influenciados pelo fenômeno *El Niño*, e apenas 21,91% (32 eventos) estão correlacionados com o fenômeno *La Niña*.

As ocorrências do fenômeno de *La Niña* indicam uma redução nos volumes anuais de chuva na região Sul do Brasil e estão concentradas em dois anos seguidos, em que o primeiro ano de cada período demonstra sempre uma diminuição considerável no regime de chuvas, e, no segundo ano, o fenômeno

tende a ser mais ameno, aproximando-se das médias habituais de chuva (Borges, 2020). Tal dinâmica foi observada nos anos de vazões mínimas de 1967-1968, 1988-1989 e 2007-2008, nos quais houve a ocorrência de vazões mínimas correlacionadas com os dois anos do fenômeno *La Niña*. No entanto, apenas os anos de 1988-1989 e 2007-2008 apresentam vazões mínimas significativas no primeiro ano e vazões menores no segundo ano.

No ano 1967-1968, com a ocorrência do fenômeno de *La Niña*, houve, no primeiro ano, 32 dias consecutivos de vazão mínima no mês de dezembro, enquanto, no segundo ano, houve o aumento nas vazões, com um registro de 66 dias de vazão mínima para os meses de junho a setembro. Os demais fenômenos de 1988-1989 e 2007-2008 apresentaram, no primeiro ano, respectivamente, 56 dias e 35 dias consecutivos de vazão mínima, e, no segundo ano, 2 dias e 26 dias. Já os demais anos, com eventos de vazões mínimas correlacionados com o fenômeno *La Niña*, registraram apenas um ano de influência nas vazões mínimas.

O ano de 1988 apresentou três eventos ao longo do período, sendo um deles ocorrido nos meses de novembro e dezembro, o qual registrou um evento de vazão mínima de 56 dias. O forte episódio de *La Niña* de 1988-1989 apresentou, durante a estação chuvosa de setembro a dezembro, meses de chuvas acima da média, porém também contabilizou meses de muita seca para a Região Sul do Brasil (Marengo; Oliveira, 2005). Esse fato explica a presença de um evento de vazão mínima tão expressivo nos meses de novembro e dezembro, os quais geralmente estão associados a um período de muita chuva.

Ao se analisar as vazões mínimas dos anos de 1989, 2000 e 2010, identificou-se que esses anos não foram tão representativos por apresentarem poucos eventos ao longo do ano, variando de um a dois eventos. De acordo com Tucci e Mendes (2006) as vazões mínimas com duração acima de sete dias consecutivos são mais representativas para a análise hídrica. Apenas no ano de 2010 houve um evento com oito dias consecutivos de vazão mínima; os outros dois anos apresentaram no máximo quatro dias de vazão mínima.

Como mencionado, o fenômeno *La Niña* está relacionado à redução de chuvas no sul do Brasil, o que pode levar à diminuição das vazões, ocasionando os eventos de vazões mínimas. No entanto, observou-se que 60,95% das vazões têm correlação com o fenômeno do *El Niño*. Embora o fenômeno *El Niño* esteja associado a um aumento de chuvas no Sul do Brasil, a distribuição espacial e temporal das chuvas pode ser desigual. A bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta uma irregularidade na distribuição espacial das precipitações (Terassi; Silveira; Graça, 2014), fator que pode explicar a presença de vazões mínimas em anos de *El Niño*.

O maior evento de vazão mínima ocorreu no ano de 1969, com 99 dias, e está correlacionado com o ano de *El Niño* de 1969-1970. O evento ocorreu durante os meses de junho, julho, agosto e setembro (23/06/1969 a 29/09/1969), os quais consistem nos meses de menor valor de precipitação para a bacia hidrográfica do rio Pirapó. Após o intenso episódio de *El Niño* em 1982-1983, o fenômeno voltou a ocorrer em 1986-1987, porém em menor intensidade e foi marcado por intensas precipitações no sul do Brasil (Cavalcanti, 2023).

Ademais, o ano de 2016 foi marcado pelo fenômeno *El Niño* de natureza fraca e foi constatado um evento de vazão mínima de 59 dias no rio Pirapó, identificado nos meses de julho, agosto e setembro. Também se observou um evento de 35 dias para os meses de outubro e novembro do mesmo ano. Esses eventos são corroborados pela descrição de um intenso período de seca no estado do Paraná, que teve início em abril de 2016 e se prolongou até dezembro do mesmo ano (Rodriguez *et al.*, 2021).

CONCLUSÕES

O presente trabalho analisou a dinâmica hidrológica das vazões extremas do rio Pirapó com base na série histórica da estação fluviométrica Vila Silva Jardim (1967 a 2022). Por meio das análises hidrológicas, identificou-se que o ano de 2012 apresentou a maior vazão, correspondendo a $1.031 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, enquanto o ano de 1969 registrou a menor vazão equivalente a $14,65 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Ademais, foi determinada, a partir do Q90, uma vazão mínima de referência, equivalente a $35,15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, enquanto, para os eventos de inundação, foram consideradas as vazões superiores a $496 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, valor do nível de margens plenas.

Foram identificados 17 eventos de inundação, com intervalos médios de três anos. As inundações no rio Pirapó na estação em análise possuem curta duração, com, no máximo, três dias de permanência, o que indica condições geomorfológicas que condicionam rápida resposta hidrológica na planície nesse

trecho fluvial. O ano de 1983 foi o que registrou a maior quantidade de inundações, com três eventos ao longo do ano. Ademais, foi possível observar que alguns eventos de inundação no rio Pirapó estão associados à ocorrência do fenômeno ENOS, em especial os eventos de *El Niño*.

Os resultados evidenciam que o fenômeno ENOS exerce influência relevante sobre os extremos hidrológicos, com 76,47% das inundações e 60,95% das vazões mínimas associadas à fase *El Niño*. Contudo, o estudo mostrou que nem todos os eventos extremos podem ser explicados por estes fenômenos globais. O maior evento de inundação, registrado no ano de 2012, não apresenta correlação com nenhuma das fases do ENOS. Os dados de precipitação deste ano demonstraram grande influência das intensas precipitações na sub-bacia hidrográfica do rio Bandeirantes do Norte. Observou-se também a presença de uma PCH instalada em 2016 neste afluente e acredita-se que eventos como a inundação de 2012 possam não se repetir com a mesma magnitude em razão do barramento.

As vazões mínimas foram determinadas a partir da identificação do Q90, sendo constatados 146 eventos de vazão mínima durante a série histórica, os quais ocorreram, em média, em intervalos de 1,7 anos. Verificou-se que as vazões mínimas do rio Pirapó chegaram a 99 dias consecutivos de duração no ano de 1969, enquanto o ano de 1986 concentrou o maior número de eventos, totalizando 17 ocorrências ao longo do ano. Apenas 21,91% das vazões mínimas do rio Pirapó estão correlacionadas ao fenômeno *La Niña*.

De fato, o fenômeno *La Niña* indica uma redução nos volumes de chuva, diminuindo conseqüentemente as vazões fluviais, porém os fenômenos de *El Niño* surpreendentemente demonstraram maior influência na ocorrência das vazões mínimas. Para explicar a grande quantidade de vazões mínimas associadas ao *El Niño*, avaliaram-se os dados de precipitação dos eventos mais significativos. Verificou-se que a bacia hidrográfica do rio Pirapó apresenta uma irregularidade na distribuição espacial das precipitações, fator que explica a presença de eventos de vazão mínima no rio Pirapó em anos de *El Niño*.

Portanto, a análise dos eventos hidrológicos extremos no rio Pirapó mostrou-se importante para a compreensão da dinâmica e dos padrões fluviais, uma vez que esse cenário é determinante para a tomada de decisão na gestão de recursos hídricos, no planejamento urbano e rural, e na minimização de possíveis impactos antrópicos sobre o rio, bem como para a prevenção de desastres.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Hidroweb**: Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 02 de ago. 2023.
- AQUINO, F. E. Conexão climática entre o Modo Anular do Hemisfério Sul com a Península Antártica e o sul do Brasil. 2012. 128 f. **Tese** (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências – UFRGS. Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/62016>. Acesso em: 20 de nov. 2025.
- BALDO, M. C. et al. Variabilidade da pluviosidade temporal e espacial na bacia do Rio Pirapó. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 5, p. 1159–1172, fev. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/314879659_VARIABILIDADE_DA_PLUVIOSIDADE_TEMPORAL_E_ESPACIAL_NA_BACIA_DO_RIO_PIRAPO_PR_VARIABILIDADE_DA_PLUVIOSIDADE_TEMPORAL_E_ESPACIAL_NA_BACIA_DO_RIO_PIRAPO_-_PR Acesso em: 15 de ago. 2024.
- BARBADO, N.; LEAL, A. C. Cooperação global sobre mudanças climáticas e a implementação do ODS 6 no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e29110313290, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13290>. Acesso em: 12 de nov. 2025
- BARBOSA, S. E. et al. Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a bacia do Rio do Carmo, Minas Gerais. Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande/MS: **CBESA**, v. 10, n. 1, p. 64–71, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522005000100008>
- BORGES, Anderson. Caracterização Espaço-Temporal dos Regimes Pluviométricos e Hidrológicos do Baixo Rio Iguaçu (1976-2016). 2020. 128 f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020. <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4838> Acesso em: 25 de nov. 2024.
- BRASIL. SENADOR WALDECK ORNELAS. Comissão Mista Especial destinada a estudar as causas, as conseqüências e as medidas a serem tomadas em relação ao fenômeno "El Niño". **Relatório**

- Final.** Relator: Senador Waldeck Ornelas. Brasília: Senado Federal, 1997. 137 p. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=4118692&disposition=inline>. Acesso em: 01 nov. 2024.
- CAPOZZOLI, C. R. et al. Padrões de variabilidade de vazão de rios nas principais bacias brasileiras e associação com índices climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 243-254, jun. 2017. <https://doi.org/10.1590/0102-77863220006>
- CAVALCANTI, I. F. A. **Episódios El Niño / Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas Influências sobre o Brasil**. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), 2023. <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rcliman/boletim/cliesp10a/nino.html> Acesso em: 06 de out. 2024.
- CHARTON., R. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology**. New York: Taylor & Francis Ltd, 2007. <https://doi.org/10.4324/9780203371084>
- DESTEFANI, E. V. Regime hidrológico do rio Ivaí -PR. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/teses_geografia2008/disser_tacaouemedilainevaleriodestefani Acesso em: 24 de jan. 2024.
- DOUHI, N.; SANTOS, M. L. dos. Cartografia das Inundações na Planície Aluvial do Rio Ivaí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 01, p. 223-236, fev. 2018. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.6.p223-236>
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Carta de solos do Estado do Paraná: Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Paraná**. Escala 1:250.000, Curitiba: Embrapa 2008. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/336076> Acesso em: 08 de set. 2024.
- GALVANI, E. et al. Relações entre o índice de oscilação sul (IOS) e o total mensal de chuva em Maringá-Pr. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 20, n. 4, p. 531-535, 1998. Disponível em: <https://10.4025/actascitechnol.v20i0.3124>
- GASQUES, A. C. F. et al. Regionalização de vazões mínimas: breve revisão teórica. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 60-70, jul. 2018. <https://doi.org/10.5216/reec.v14i2.47105>
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Ocorrência do El Niño**. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br>. Acesso em: 08 de set. 2024.
- KAYANO, M. et al. El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. **Revista Climanálise**, n.1, 2016 Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rcliman/revista/pdf/30anos/Kayanoetal.pdf> Acesso em: 10 de dez. 2024.
- LIMA, A. M. P. A influência dos ENOS e do SAM nas condições hídricas e morfológicas da estação ecológica do Taim. **Tese** (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, 2025. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/297928>. Acesso em: 10 de nov. 2025.
- LIMA, J. E. F. W.; MONTENEGRO, S.; MONTENEGRO, A. A.; KOIDE, S. Comparative hydrology: relationships among physical characteristics, hydrological behavior, and results of the SWAT model in different regions of Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 6, p. 1187-1195, 2015. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v7.6.p1187-1195>
- LINDNER, E. A. Estudo de eventos hidrológicos extremos na Bacia do Rio do Peixe-SC com aplicação de índice de umidade desenvolvido a partir do Tank Model. **Tese** (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/89589> Acesso em: 10 de dez. 2024.
- LOPES, J. C. J. Água, fator limitante ao desenvolvimento: a região de Maringá – Paraná. **Dissertação** (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual de Maringá, 2001. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3399>. Acesso em: 03 de dez. 2024.

- MARENGO, J. A.; OLIVEIRA, G. S. **Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do la niña 1998/99**. Cachoeira Paulista: CPTEC/INPE, 4 p. 2005. Disponível em: <http://mtc-m16b.sid.inpe.br/ibi/cptec.inpe.br/walmeida/2004/06.30.08.07> Acesso em: 11 de dez. 2024.
- MARTINS, D. M. F. et al. Impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** –V. 15 - no9 -Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, 2011, 1054-1061 p <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011001000010>
- MEURER, M. Análise dos regimes de cheias dos rios Paraná e Ivinhema, na região de Porto Rico / PR. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, n. 2, p. 185-195, ago. 2003. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/> Acesso em: 9 de nov. 2024.
- MINAKI, C.; MONTANHER, O. C. Variáveis climáticas e os registros de incêndios em Maringá-PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 518–538, 2021. <https://doi.org/10.5380/abclima.v27i0.74403>
- MINEROPAR. **Atlas Comentado da Geologia e dos Recursos Minerais do Estado do Paraná / Minerais do Paraná**, Curitiba, 2001. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/atlas_geoturismo_reduzido.pdf. Acesso em: 5 de ago. de 2023.
- MIOTO, S. Estudo da intensidade pluviométrica no alto curso do rio Pirapó - PR: uma comparação entre duas propostas metodológicas. 2017. 138 f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá- PR, 2017. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/5672> Acesso em: 8 de ago. 2024.
- MIOTO, S.; SILVEIRA, H. Análise sazonal da intensidade pluviométrica no Alto Curso do Rio Pirapó PR a partir de dados de precipitação diária. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia-Mg, v. 20, n. 69, p. 484-501, mar. 2019. <https://doi.org/10.14393/RCG206941714>
- MONTANHER, O. C., MINAKI, C. Precipitação em Maringá-PR: estatísticas descritivas, tendência de longo prazo e probabilidade de eventos extremos diários. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 39, p.138-153, 2020. <https://doi.org/10.11606/rdg.v39i0.164209>
- MORAES, S. R. et al. Relação do Fenômeno ENOS com a Ocorrência de Inundações do Município de Lajeado/RS. In: Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, 20, 2013, Bento Gonçalves - Rs. **Anais** [...]Porto Alegre: ABRH, 2013. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/66/SBRH2013_PAP013583.pdf. Acesso em: 8 de ago. 2024
- MORAIS, E. S. de. Formas, Processos e Evolução no Padrão de Canal Meandrante em Diferentes Escalas Geomorfológicas: o Rio do Peixe, SP. 2015. 212 f. **Tese** (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/132195> Acesso em: 8 de ago. 2024.
- NAGHETTINI, M. Introdução à Hidrologia Aplicada. 2012. 268 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Aquacultura) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Doi:[10.13140/RG.2.2.22848.33286](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22848.33286)
- PAES, R. M. P. et. al. Effects of small hydropower plants in cascade arrangement on the discharge cyclic patterns. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 24, e33, 2019 <https://doi.org/10.1590/2318-0331.241920180140>
- PERES, T. C. Regionalização das Anomalias de Precipitação e Eventos Extremos no Sudeste da América do Sul. 2025. 143 p. **Tese** (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2025. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/289808>. Acesso em: 17 de nov. 2025
- PETTS, G.; GURNELL, A. 13.7 Hydrogeomorphic Effects of Reservoirs, Dams, and Diversions. In: **Treatise on Geomorphology**. San Diego: Academic Press, 2013. p. 96–114. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00345-6>
- PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. **Escoamento superficial**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2004. 87p.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.34: Madeira. [s.l.]: Open-Source Geospatial Foundation Project, 2024 Disponível em: <https://qgis.org>

RIGON, O.; PASSOS, M. M. Estudo Fisiográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó-PR. **Geografia**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 35-56, 2014. <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2014v23n1p35>

ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño / Southern Oscillation, **Monthly Weather Review**, v. 115, n. 11, p. 1606-1626, 1987. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1987\)115<1606:GARSPP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1987)115<1606:GARSPP>2.0.CO;2)

SANTOS, E. P. dos. Variabilidade espaço-temporal de chuvas extremas na bacia hidrográfica do rio São Francisco: uma aplicação conjunta do índice RAI (Rainfall Anomaly Index) e ondaletas. 2016. 151f. **Tese** (Doutorado em Meteorologia) – Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2016. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/11484>. Acesso em: 12 de nov. 2025

SCHOSSLER, V. et al. Precipitation anomalies in the Brazilian southern coast related to the SAM and ENSO climate variability modes. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 23, p. 1-10, 2018. DOI: <https://doi.org/h9n3>

SMAKHTIN, V.U. Low flow hydrology: a review. **Journal of Hydrology**. v.240, 147-186. 2001. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00340-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00340-1)

TERASSI, P. M. de B.; SILVEIRA, H.; GRAÇA, C. H. Distribuição espaço-temporal pluviométrica e a erosividade das chuvas na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. **Revista Formação**. Maringá, v.2 n. 21, p. 136-158, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/304998181_Distribuicao_espaco-temporal_pluviometrica_e_a_erosividade_das_chuvas_na_bacia_hidrografica_do_rio_Pirapo_-_PR Acesso em: 23 de nov. 2024.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Rio Grande do Sul; Ed. Universidade/UFRGS, 2002.

TUCCI, E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, Carlos André. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. 2 ed. Brasília: MMA, 2006. 302 p.

VALENTE, P. T. Eventos extremos de precipitação no Rio Grande do Sul no século XX a partir de dados de reanálise e registros históricos. 2018. 100 p. **Dissertação** (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/174485>. Acesso em: 12 de nov. 2025

VIANA, D. R. Sistema de reconhecimento de padrões estatísticos aplicado à revisão climática de temperatura e precipitação no centro-sul do Brasil. 2015. **Tese** (Doutorado em Meteorologia) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015. Disponível em: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/INPE_66add88f632b35b4c33d124adfe565ba Acesso em: 13 de nov. 2025

Recebido em: 29/07/2025

Aceito para publicação em: 08/12/2025