

# IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DAS INUNDAÇÕES EM ARROIO DO MEIO/RS: MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS EVENTOS EXTREMOS DE 2023-2024

**Filipe Kirch Anziliero**

Engenheiro Ambiental e Sanitário - Univates

E-mail: [fanziliero@universo.univates.br](mailto:fanziliero@universo.univates.br)

## RESUMO

As inundações são fenômenos naturais associados a elevados índices de precipitação em bacias hidrográficas, podendo causar grandes danos dependendo da região afetada, principalmente várzeas. O objetivo deste estudo foi analisar os impactos das inundações em Arroio do Meio – Vale do Taquari/RS, com ênfase nos custos financeiros para o município e nas consequências ambientais. A análise foi realizada por meio de dados informativos, mapeamento técnico e relatos de moradores. A metodologia adotada envolveu a coleta de dados relativos às inundações ocorridas em setembro de 2023 e maio de 2024, que evidenciaram os danos causados pelos desastres climáticos. Foram utilizados cálculos hidrológicos para estimar o tempo de retorno das inundações e avaliações dos pontos hídricos da região. A partir das informações repassadas pela Prefeitura Municipal, o valor estimado dos custos para mitigar os impactos das inundações de 2023 e 2024 foi estipulado de R\$ 280.000.000,00 para a reconstrução pós-catástrofe.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inundação, Desastres Hidrológicos, Vale do Taquari.

## SOCIOECONOMIC IMPACTS OF FLOODS IN ARROIO DO MEIO/RS: MAPPING AND ANALYSIS OF EXTREME EVENTS IN 2023–2024

45

## ABSTRACT

Floods are natural phenomena associated with high levels of precipitation in river basins, which can cause significant damage depending on the affected region, especially floodplains. The objective of this study was to analyze the impacts of floods in Arroio do Meio – Vale do Taquari/RS, with an emphasis on the financial costs to the municipality and the environmental consequences. The analysis was carried out through informational data, technical mapping, and residents' accounts. The adopted methodology involved collecting data on the floods that occurred in September 2023 and May 2024, which highlighted the damage caused by climate disasters. Hydrological calculations were used to estimate the return period of the floods, along with assessments of the region's water points. Based on information provided by the Municipal Government, the estimated cost to mitigate the impacts of the 2023 and 2024 floods was around R\$ 280,000,000.00 for post-disaster reconstruction.

**KEYWORDS:** Flood, Hydrological Disasters, Taquari Valley.

## INTRODUÇÃO

As inundações são fenômenos naturais importantes para a dinâmica dos rios e manutenção de ecossistemas (Tucci *et al.*, 2007, p. 15-30), mas no Rio Grande do Sul têm se tornado mais frequentes e severas, impulsionadas por mudanças climáticas globais e pelo fenômeno *El Niño*

(Pivetta, 2024). O município de Arroio do Meio, localizado no Vale do Taquari, historicamente enfrenta inundações devido à sua posição na confluência dos rios Taquari e Forqueta.

Eventos extremos recentes, como os de setembro de 2023 e maio de 2024, resultaram em sérios danos socioeconômicos e ambientais, destruindo centenas de residências, afetando cerca de 7.500 unidades habitacionais e gerando prejuízos estimados em R\$ 70 milhões ao setor agropecuário (Moraes *et al.*, 2024). Fatores como ocupação irregular, impermeabilização do solo e expansão urbana desordenada intensificaram esses impactos (Botelho, 2011).

O objetivo geral do estudo foi estimar os custos diretos e indiretos dessas inundações em Arroio do Meio, por meio do mapeamento *in loco* das áreas afetadas, análise estatística da estacionariedade das séries históricas e tempo de retorno de eventos extremos, além da avaliação de danos habitacionais, impactos na indústria, comércio e logística regional.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia buscou caracterizar a área impactada, analisando mudanças provocadas pelos eventos e registros históricos para definir o escopo do projeto. A análise técnica reuniu dados sobre as inundações no rio Taquari, dimensionando os impactos em Arroio do Meio.

As informações permitiram compreender a dinâmica das inundações, evidenciando um cenário preocupante e reforçando a urgência de medidas de mitigação e prevenção diante da frequência e gravidade desses eventos.

### **Análise da Hidrografia e Inundações de Arroio do Meio**

Arroio do Meio, localizado no Vale do Taquari, integra a Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral, caracterizada por colinas, vales rasos e áreas planas (Magna, 1997). O município, cercado por morros e cortado por rios e arroios vindos da Serra Gaúcha, possui paisagens compostas por planícies fluviais, algumas com cursos d'água menos sinuosos. Abaixo, segue a caracterização geográfica do município na Figura 1.

Com população de 21.958 habitantes distribuídos em 157,088 km<sup>2</sup> e densidade demográfica de 139,78 hab./km<sup>2</sup>, Arroio do Meio conta com 50% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado e 27,1% em vias totalmente urbanizadas (IBGE, 2022).

A hidrografia local destaca os rios Taquari e Forqueta, com larguras médias de 180 m e 60 m, respectivamente, além dos arroios Grande e do Meio, mais estreitos, não ultrapassando 10 m



Próximo à foz, forma planícies agrícolas (Rambo, 2000) e apresenta corredeiras causadas pela sinuosidade e sedimentos dos afluentes (Fiegenbaum, 2009, p. 60). Antes da Ponte de Ferro, inaugurada em 1939, a travessia entre Arroio do Meio e Lajeado era feita por barcas (Steiner, 2009).

O estudo integrou dados históricos, relatos de moradores e registros oficiais para analisar os impactos das inundações de 2023 e 2024. Utilizou-se geoprocessamento, sensoriamento remoto e imagens de satélite para cartografia ambiental, complementados por informações de mídia e dados técnicos municipais que detalharam os prejuízos, desalojados, feridos e vítimas, resultando em uma análise abrangente dos danos socioeconômicos e ambientais.

### **Diagnóstico Ambiental**

As análises de geoprocessamento e cartografia foram realizadas no *software* ArcGIS 10.5, que possibilitou a criação dos mapas. Para o mapa de localização de Arroio do Meio, utilizaram-se dados *shapefile* do IBGE (Datum SIRGAS 2000, Zona 22S). As informações da bacia Taquari-Antas e dos recursos hídricos vieram de arquivos *shapefile* fornecidos pela SEMA/FEPAM.

### **Histórico de Eventos e Hidrologia Estatística**

Após reunir séries históricas de cotas máximas anuais de Arroio do Meio (montante) e Lajeado (jusante), identificou-se que a série de Arroio do Meio possuía lacunas, ao contrário da série completa de Lajeado.

Para estimar os dados faltantes, aplicou-se a Regressão Linear Simples, que permite modelar a relação entre duas variáveis quantitativas: neste caso, considerando as cotas de Arroio do Meio como variável dependente e as de Lajeado como independente (Tucci, 2002, p. 664-671). A equação utilizada foi:

$$Y = a + bX$$

Os parâmetros a e b foram ajustados com base nos dados simultâneos das duas estações, assegurando uma estimativa consistente e fundamentada estatisticamente. Essa técnica é recomendada para preencher lacunas em séries hidrológicas quando há correlação significativa entre os postos (Tucci, 2002; Chow; Maidment; Mays, 1988).

Embora a regressão tenha utilizado a série mais completa de Lajeado (jusante), é essencial ressaltar que as estimativas das cotas faltantes em Arroio do Meio (montante) consideraram apenas a influência do rio Taquari, desconsiderando o impacto hídrico do rio Forqueta.

Como etapa inicial, aplicou-se o Teste de Correlação de Spearman, método não paramétrico útil para identificar tendências em séries hidrológicas sem exigir normalidade dos dados (Helsel; Hirsch, 2002; Naghettini; Pinto, 2007).

Também foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) para avaliar a aderência dos dados a distribuições teóricas (Conover, 1999, p. 428-473), prática comum na verificação de variáveis hidrológicas essenciais à modelagem de eventos extremos (Naghettini; Pinto, 2007, p. 271-280).

Por fim, a análise considerou a importância da estacionariedade em séries temporais, que garante estabilidade estatística, embora possa ser comprometida por fatores como mudanças climáticas (Box; Jenkins; Reinsel, 2015).

O estudo utilizou inicialmente a distribuição de Gumbel Parametrizada (valor extremo tipo I) para calcular o Tempo de Retorno (TR), estimando a probabilidade de eventos extremos ao longo do tempo:

$$F(x) = \exp \left[ -\exp \left( \frac{-z - \mu}{\beta} \right) \right]$$

em que:

$\mu$  é o parâmetro de localização;

$\beta$  é o parâmetro de escala;

$x$  representa a variável aleatória (por exemplo, cota máxima ou precipitação extrema)

A parametrização da distribuição de Gumbel ajusta dados históricos de eventos extremos, sendo útil inclusive em contextos não estacionários, onde os parâmetros variam ao longo do tempo (Kite, 1988; Stedinger *et al.*, 1993).

Indicada para dados com cauda exponencial, a Gumbel é amplamente usada na engenharia de recursos hídricos para análise de risco (Tucci, 2002, p. 681-683). Após estimar o Tempo de Retorno (TR) com esse modelo, também foram testados os modelos Gumbel Padrão, Normal e LogPearson III, sendo que estes dois últimos mostraram melhor aderência temporal e capacidade de prever futuras inundações.

O Gumbel Padrão, clássico para eventos extremos e máximas anuais, é uma forma específica da distribuição de Gumbel com parâmetros fixos de localização e escala ( $\mu=0$ ,  $\beta=1$ ) (Tucci, 2002, p. 530-540). Sua função de distribuição acumulada é dada por:

$$F(x) = \exp[-\exp(-x)]$$

A versão simplificada da distribuição de Gumbel, conhecida como Gumbel Padrão, é usada principalmente para análises teóricas e comparações estatísticas. Ela facilita a padronização dos dados, representando eventos extremos de forma adimensional e permitindo avaliar a variabilidade relativa dos fenômenos hidrológicos (Kite, 1988; Stedinger *et al.*, 1993). Ao padronizar os dados utilizando:

$$z = \frac{x - \mu}{\beta}$$

é possível aplicar diretamente a distribuição Gumbel Padrão, o que simplifica os cálculos e a comparação entre diferentes séries históricas (Tucci, 2002, p. 681-683).

A Distribuição Normal, também chamada de Gauss, é uma das principais distribuições estatísticas, caracterizada pela simetria em formato de sino e concentração dos dados em torno da média. É adequada para modelar fenômenos naturais e sociais quando os dados não apresentam forte assimetria (Haan, 1977, p. 229). Sua função de probabilidade é dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right]$$

$\mu$  é a média (parâmetro de localização);

$\sigma$  é o desvio padrão (parâmetro de escala);

$x$  representa a variável aleatória;

A distribuição normal, fundamentada no Teorema Central do Limite, é adequada para modelar variáveis influenciadas por múltiplos fatores aleatórios independentes e é utilizada em análises exploratórias e séries temporais na hidrologia, embora não seja indicada para eventos extremos (Kite, 1988; Tucci, 2002).

Já a distribuição LogPearson Tipo III, recomendada no Brasil para análise de vazões máximas (Brasil, 1984), é amplamente empregada na estimativa de frequência de eventos extremos devido à sua capacidade de lidar com dados assimétricos por meio da transformação logarítmica, seguida da aplicação da distribuição Pearson Tipo III (Chow *et al.*, 1988; Tucci, 2002). A função de densidade de Pearson III depende de três parâmetros:

*Média  $\mu$*

*Desvio padrão  $\sigma$*

*Coefficiente de assimetria  $\gamma$  (skewness)*

Sua principal vantagem está na capacidade de representar séries com forte assimetria positiva, comum em registros de vazões extremas (Chow *et al.*, 1988; Tucci, 2002).

### **Manchas de Inundação**

Para mapear as manchas de inundação, foram utilizados levantamentos técnicos fornecidos pela Prefeitura e visitas de campo que registraram impactos durante e após as cheias, complementados por relatos pessoais que ajudaram na apuração das cotas altimétricas.

O Modelo Digital de Elevação (MDE), declividades e áreas inundadas foram obtidos a partir de dados via satélite da NASA pelo sistema ALOS/PALSAR, enquanto os Mapas de Uso do Solo foram elaborados com imagens da plataforma MapBiomias.

### **Avaliação de Impactos Socioeconômicos**

A mensuração financeira dos impactos socioeconômicos das cheias de setembro de 2023 e maio de 2024 foi quantificada por diversos setores: os custos habitacionais vieram do CRAS, responsável pelo apoio a desabrigados e desalojados. Já os impactos no comércio e na indústria foram obtidos junto à Secretaria de Planejamento e Comércio. Dados sobre efeitos na agricultura, logística e saúde foram levantados por órgãos municipais e estaduais e repassados à imprensa para dimensionar a gravidade da catástrofe.

## **RESULTADOS**

Os dados sobre as inundações em Arroio do Meio foram utilizados em base de mapas ambientais, que destacam a ocupação do solo e a redução da cobertura vegetal ao longo dos anos.

O Modelo Digital de Elevação – Figura 3 – mostra que a maior parte da população de Arroio do Meio está entre 18 e 34 metros de altitude, principalmente na zona sul, onde se concentram os principais bairros. As inundações de setembro de 2023 e maio de 2024 causaram prejuízos significativos em áreas entre 18 e 29 metros, com menor impacto acima de 30 metros.

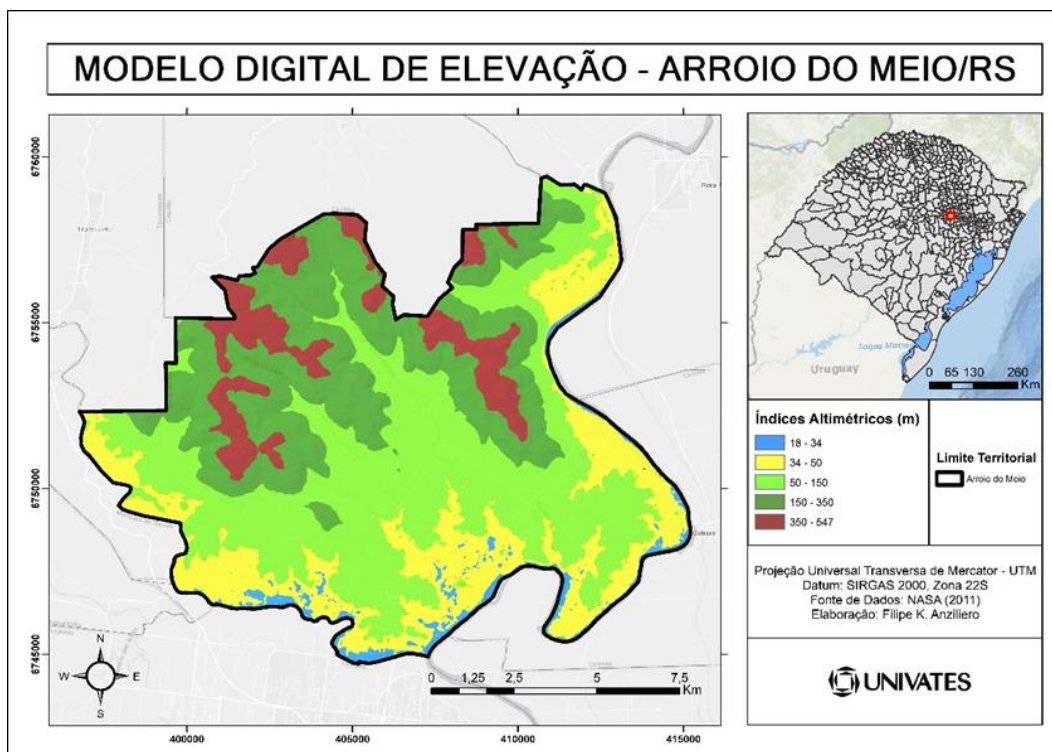
Bairros como Forqueta Baixa, Barra da Forqueta, São José, Navegantes e Tiradentes, além de áreas centrais, localizam-se nessa faixa altimétrica e foram os mais afetados. Em contraste, bairros mais elevados, como Novo Horizonte e São Caetano – acima de 36 metros –, não tiveram danos expressivos.

O crescimento urbano concentrado em áreas baixas próximas aos rios eleva a vulnerabilidade do município a inundações. As imagens de satélite – Figuras 4 e 5 – apresentam

pontos de amostragem na área central e no interior do município, comparando os períodos antes (fevereiro/2024) e depois (julho/2024) dos eventos de cheia.

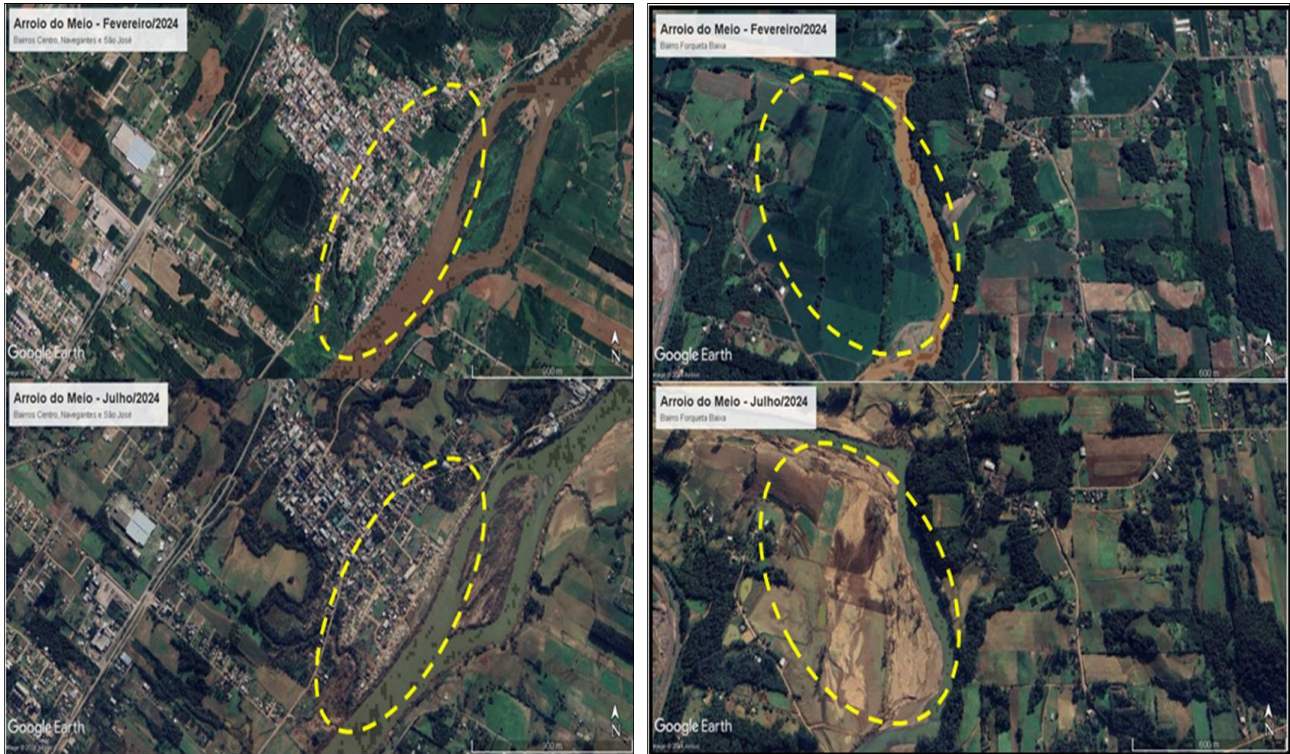
A análise das imagens de satélite – Figura 5 – mostrou que as margens do rio Forqueta sem vegetação sofreram erosão intensa, enquanto as áreas vegetadas apresentaram danos menores. A baixa declividade do município (0% a 5%) dificultou o escoamento das águas, aumentando a retenção e agravando as inundações, conforme ilustrado na Figura 6.

**Figura 3** – Modelo Digital de Elevação do Município de Arroio do Meio



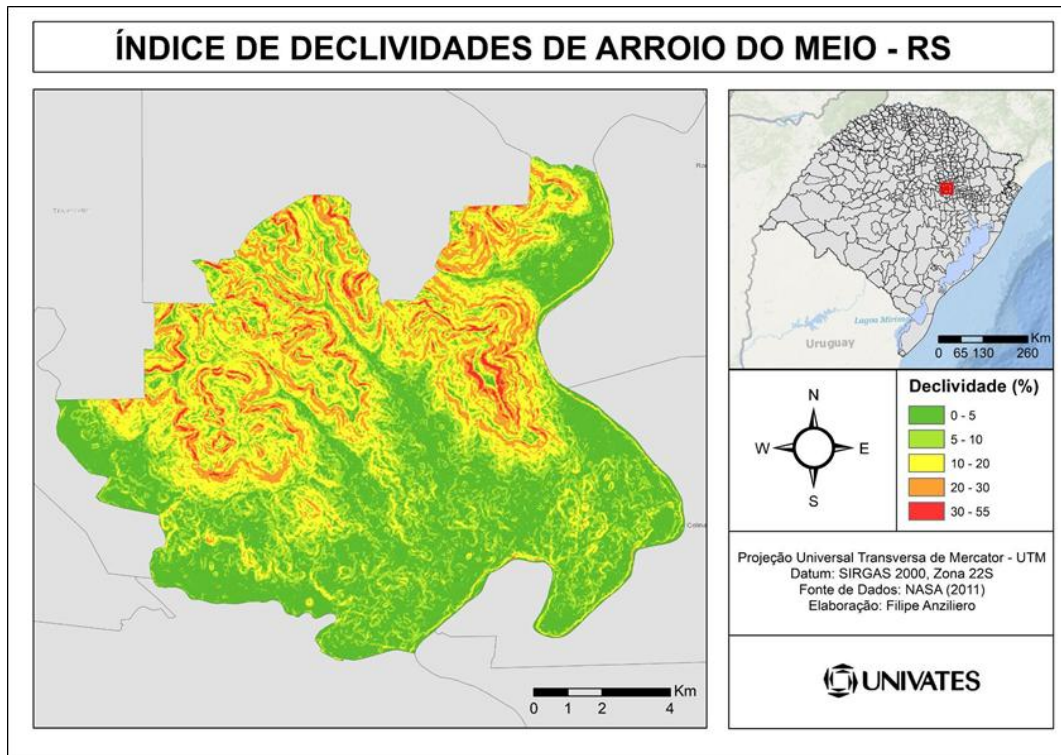
Elaborado pelo autor com base em NASA (2011).

**Figuras 4 e 5** – Pontos de amostragem entre fevereiro de 2024 (antes) e julho de 2024 (depois)



Google Earth (2024).

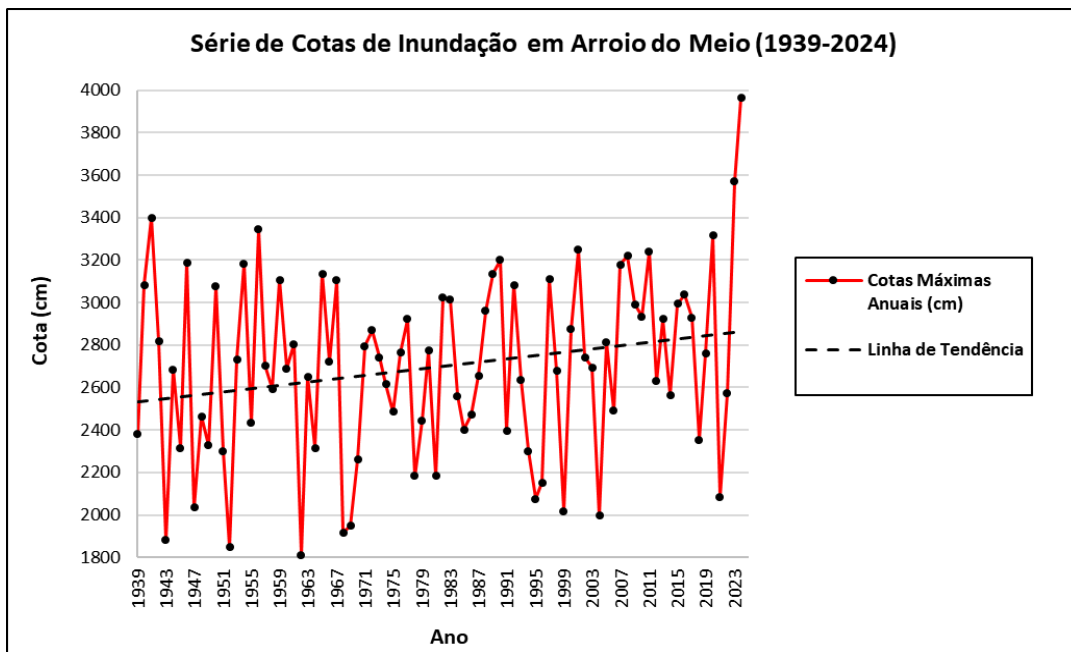
**Figura 6** – Índice de Declividades do Município de Arroio do Meio



Elaborado pelo autor com base em NASA (2011).

Em 2023 e 2024, Arroio do Meio enfrentou duas das maiores inundações dos últimos 85 anos, com a cheia de maio atingindo proporções maiores que a ocorrida na década de 1940 – vide Gráfico 1 abaixo.

**Gráfico 1** - Cotas máximas anuais e linha de tendência da série histórica



Elaborado pelo Autor (2025).

Conforme dados oficiais da Prefeitura de Arroio do Meio e do estudo de Moraes *et al.* (2024), a série histórica de inundações de Lajeado é mais completa do que a de Arroio do Meio. A Tabela 1 apresenta os registros oficiais de ambos os municípios, sendo os dados de Arroio do Meio fornecidos pelo setor de Planejamento municipal, e os de Lajeado obtidos por meio do artigo citado.

**Tabela 1** – Dados históricos oficiais de inundações nos municípios de Arroio do Meio e Lajeado

Ano	Mês	Cota Lajeado (m)	Cota Arroio do Meio (m)
1941	Maio	28,87	34,00
1990	Janeiro	26,45	32,00
2020	Setembro	27,39	33,15
2023	Setembro	29,53	35,70
2024	Maio	33,66	39,66

Adaptado pelo autor com base na Prefeitura de Arroio do Meio (1941-2024) e Moraes *et al.* (2024).

Para complementar a série incompleta de Arroio do Meio, aplicou-se um modelo de regressão linear baseado na relação entre as cotas máximas de inundação dos pontos hidrológicos próximos de Lajeado (jusante) e Arroio do Meio (montante). A equação resultante e os valores do ajuste estão demonstrados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Valores obtidos no cálculo de Regressão Linear da Série

Filtro Lajeado Observado (m)	Filtro	Cota	Incerteza da Equação
	Arroio do Meio Observado (m)	Arroio do Meio Modelada (m)	
28,87	34,00	34,57	-0,57
26,45	32,00	32,00	0,00
27,39	33,15	33,00	0,15
29,53	35,70	35,27	0,43
33,66	39,66	39,67	-0,01

Dados: Intercepto (a): 3,848 / Coeficiente Angular (b): 1,064 / Equação:  $y = 3,848 + 1,064x$  / Incerteza: -7,11E-15

Adaptado pelo autor com base na Prefeitura de Arroio do Meio (1941-2024), Moraes *et al.* (2024) e Tucci (2002).

Tais estimativas necessitam de avanço técnico de medição, precisando ser aferidas com RTK (*Real Time Kinematic*) em um único local, denominando as marcas para balanço hídrico das cotas. Além disso, o cálculo realizado não levou em consideração a influência hidrológica do rio Forqueta na série histórica.

**Tabela 3** - Resultado do Teste de Spearman para a série histórica de Arroio do Meio

Teste de Spearman	
Rs (coeficiente de correlação)	-0,187035255
VRs (coeficiente corrigido para empates)	0,014492754
T (estatístico de teste)	1,5536
Ns (percentual de erro)	0,05
Z (transformação normal do coeficiente de correlação de Spearman)	1,959963985

**Conclusão:** Como  $T < Z$ , não se pode rejeitar a hipótese de que a série (1939-2024) é estacionária.

Elaborado pelo Autor (2025).

Após a realização do teste de Spearman, observou-se que a série de cotas máximas apresentou uma correlação estacionária, indicando que a relação entre as variáveis se manteve

constante ao longo do tempo. A estacionariedade apresentada no resultado mostrou a constância das propriedades estatísticas da série ao longo do tempo, como média, variância e autocorrelação.

O teste utilizado foi fundamental por não exigir normalidade dos dados, sendo adequado para séries hidrológicas com assimetria e caudas pesadas, o que garantiu análises estatísticas robustas e confiáveis.

**Tabela 4** – Resultado do teste de *Kolmogorov-Smirnov* na série histórica

<b>Máximo</b>	<b>0,1027</b>
<b>Média</b>	<b>0,0521</b>
<b>KS (nível de significância = 0,05)</b>	<b>0,1467</b>

**Conclusão:** O teste Kolmogorov-Smirnov para a hipótese de que a distribuição empírica é semelhante à distribuição de Gumbel não pode ser descartada, ou seja, não podemos descartar o uso da distribuição de Gumbel para modelar a distribuição das cotas máximas anuais.

Elaborado pelo Autor (2025).

O Tempo de Retorno (TR), que representa o intervalo médio entre eventos de determinada magnitude, foi calculado a partir das distribuições probabilísticas ajustadas aos dados observados (Tucci, 2002; Naghettini; Pinto, 2007).

56

Conforme a Tabela 5, os modelos Normal e LogPearson III apresentaram melhor desempenho na representação temporal do TR, enquanto os modelos Gumbel Parametrizado e Padrão exibiram menor espaço de Tempo de Retorno.

A análise do evento extremo de 1941 em Arroio do Meio, que atingiu a cota de 34 metros, mostrou um Tempo de Retorno (TR) estimado de cerca de 15 anos pelos modelos Gumbel e Gumbel Padrão, 19 anos pelo modelo Normal e 17,8 anos pelo LogPearson III. Na série histórica de 1939 a 2024, verificou-se um evento semelhante em 1956, confirmando a estimativa hidrológica.

**Tabela 5** – Resultados do TR para a série apresentada (por modelo estatístico)

TR (Anos)	Modelo			
	Gumbel Parametrizado	Gumbel Padrão	Normal	LogPearson III
	Cota (m)			
10	32,60	32,57	32,51	32,64
50	38,15	38,09	35,84	36,04
100	40,50	40,42	37,01	37,20
200	42,84	42,75	38,09	38,24
1000	48,25	48,13	40,30	40,32

Elaborado pelo Autor (2025).

Para a inundação de maio de 2024, que alcançou a cota de 39,66 metros, os resultados dos TR estimados por cada modelo estão detalhados na Tabela 6, conforme cálculos apresentados nas planilhas em Excel.

Os cálculos detalhados do teste de Spearman, do Tempo de Retorno para os modelos Gumbel Parametrizado, Gumbel Padrão, Normal e LogPearson III estão especificados por abas na planilha em Excel “*Cálculo Hidrológico de Tempo de Retorno para Cota - Arroio do Meio*” no link: [Dados Inundação\\_2023-2024](#)

**Tabela 6** – Resultados do TR para uma inundação semelhante a maio de 2024 em Arroio do Meio

Cota (m)	Modelo			
	Gumbel Parametrizado	Gumbel Padrão	Normal	LogPearson III
	TR (Anos)			
39,66	78,0	79,6	612,5	577,0

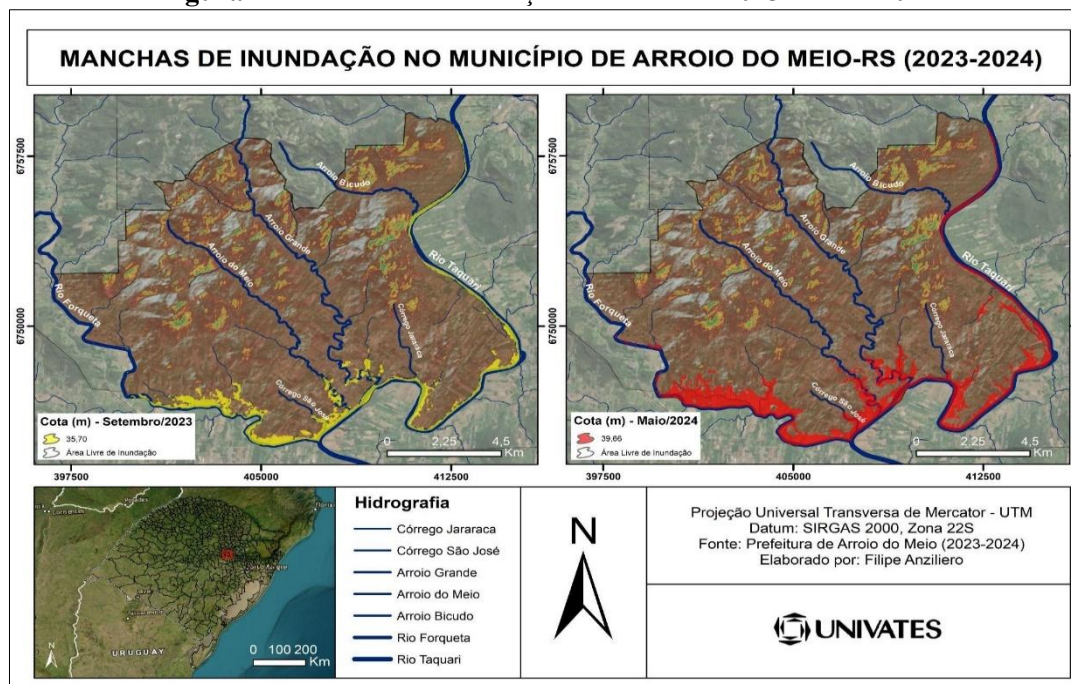
Elaborado pelo Autor (2025).

As manchas de inundação representam as áreas inundadas devido ao transbordamento de corpos d'água, sendo fundamentais para a análise e gestão do risco hidrológico. Na hidrologia, esses eventos são estudados para prever impactos socioambientais, orientar o planejamento urbano e subsidiar medidas de mitigação.

Segundo Tucci *et al.* (2007), a delimitação de manchas de inundação depende da interação entre precipitação, escoamento, relevo e uso do solo, sendo feita por modelagens hidrológicas, hidráulicas e registros históricos para apoiar ações de prevenção.

Em Arroio do Meio, a inundação de setembro de 2023 atingiu áreas entre 17 e 35 metros de cota, enquanto a cheia de maio de 2024 destruiu as duas principais pontes de liga o com Lajeado (ERS-130 e Ponte de Ferro), comprometendo o acesso   cidade e região.

**Figura 7 – Manchas de inunda o de setembro-2023 e maio-2024**



Fonte: Autor com base em Prefeitura Municipal de Arroio do Meio (2023-2024).

Na Figura 7, as manchas amarelas indicam os limites máximos de setembro de 2023, e as vermelhas os de maio de 2024, baseadas nas cotas máximas registradas – Tabela 1. Já as Tabelas 7, 8, 9 e 10 e as Figuras 8 e 9 foram elaboradas a partir de análises de campo do autor e pontos de referência da Prefeitura Municipal.

**Tabela 7 – Pontos de Análise: Inunda o Setembro de 2023 (Campo)**

Ponto	Local	Coordenadas
1	Av. Presidente Vargas, 97 – Bairro Aimoré	Latitude 29�23'52.92"S, Longitude 51�55'50.29"O
2	Rua Campos Sales, 458 – Bairro Navegantes	Latitude 29�24'23.90"S, Longitude 51�56'26.29"O
3	Rua Dr. João Carlos Machado, 917 – Bairro Centro	Latitude 29�23'58.23"S, Longitude 51�56'47.59"O
4	Av. Rui Barbosa, 666 – Bairro Bela Vista	Latitude 29�23'32.80"S, Longitude 51�57'14.95"O

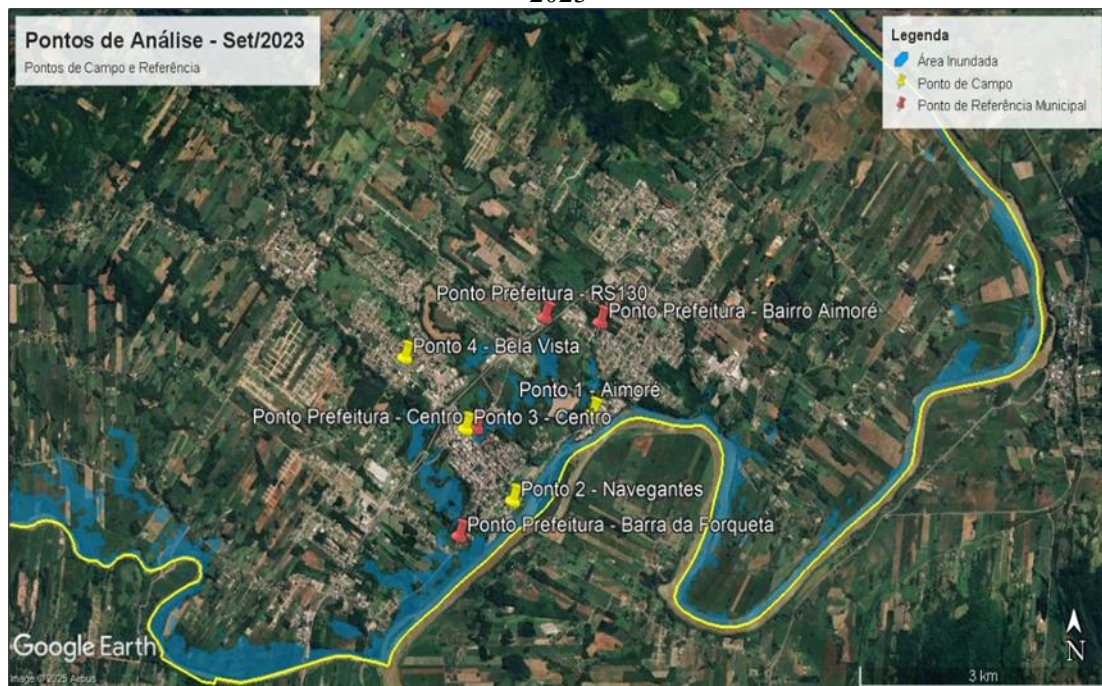
Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Tabela 8** – Pontos de Referência: Inundação Setembro de 2023 (Prefeitura)

Ponto	Local	Coordenadas
1	Campo do The Horse – Bairro Aimoré	Latitude 29°23'20.26"S, Longitude 51°55'46.74"O
2	RS-130 – Bairro Dom Pedro II	Latitude 29°23'18.47"S, Longitude 51°56'11.80"O
3	Rua Gustavo Wienandts – Bairro Centro	Latitude 29°23'57.99"S, Longitude 51°56'42.67"O
4	Rua Marechal Floriano Peixoto – Bairro Barra da Forqueta	Latitude 29°24'36.57"S, Longitude 51°56'50.41"O

Fonte: Prefeitura Municipal de Arroio do Meio (2023).

**Figura 8** – Pontos de análise em campo e referências da Prefeitura Municipal pela inundação de setembro de 2023



Fonte: Prefeitura de Arroio do Meio (2023) e Autor (2023).

**Tabela 9** – Pontos de Análise: Inundação Maio de 2024 (Campo)

Ponto	Local	Coordenadas
5	Estrada Geral Arroio do Meio-Lajeado, em frente a Cerâmica Barrense – Bairro Barra da Forqueta	Latitude 29°25'3.43"S, Longitude 51°57'25.04"O
6	Rua Marechal Floriano Peixoto, 77 – Bairro São José	Latitude 29°24'27.05"S, Longitude 51°56'42.89"O
7	ERS-130, próximo ao trevo de acesso ao Bairro Aimoré	Latitude 29°23'11.85"S, Longitude 51°56'2.71"O

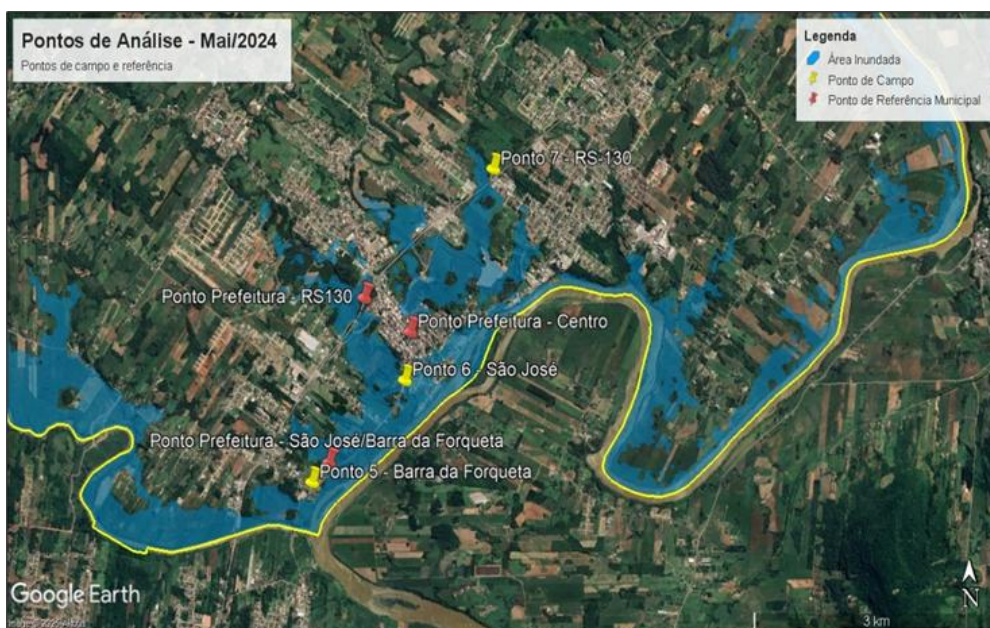
Elaborado pelo Autor (2024).

**Tabela 10** – Pontos de Referência: Inundação Maio de 2024 (Prefeitura)

Ponto	Local	Coordenadas
5	Rua Marechal Floriano Peixoto – Barra da Forqueta	Latitude 29°24'56.56"S, Longitude 51°57'17.29"O
6	Rua General Daltro Filho, próximo à Praça – Bairro Centro	Latitude 29°24'9.94"S, Longitude 51°56'40.36"O
7	ERS-130, próximo ao trevo de acesso a entrada principal	Latitude 29°23'57.80"S, Longitude 51°57'1.19"O

Prefeitura Municipal de Arroio do Meio (2024).

**Figura 9** – Pontos de análise em campo e referências da Prefeitura Municipal pela inundação de maio de 2024



Fonte: Prefeitura de Arroio do Meio (2024) e Autor (2024).

As inundações no Rio Grande do Sul geraram prejuízos estimados em R\$ 4,6 bilhões, sendo o maior sinistro já registrado no setor de seguros brasileiro, com R\$ 1,6 bilhão em pedidos de indenização (CNN, 2024). Em maio de 2024, as chuvas destruíram rodovias, pontes e comprometeram energia, água e internet, afetando especialmente a infraestrutura rural (EMATER, 2024, p. 1-5).

Em Arroio do Meio, as inundações de setembro de 2023 destruíram 262 residências e danificaram 113, obrigando 200 famílias a viverem em moradias provisórias até abril de 2024 (CRAS, 2024). Houve ainda prejuízos para 161 comércios, 119 prestadores de serviços, 30 indústrias e 22 instituições ligadas ao turismo (CDL, 2024). A previsão inicial de reconstrução da cidade era de 5 anos, mas, após o novo evento em maio de 2024, passou para até 15 anos (Jornal do Comércio, 2024).

A ligação viária com Lajeado ficou 40 dias interrompida até a reabertura parcial da antiga Ponte de Ferro em junho, seguida por passagem provisória de caminhões em agosto com a Ponte do Exército. Em janeiro de 2025, a EGR liberou uma travessia tipo passagem molhada sobre o Rio Forqueta (Grupo Independente, 2025), danificada em março por novas chuvas. A ponte ERS-130, destruída em maio de 2024, teve previsão de entrega adiada, sendo reaberta apenas em abril de 2025 após pressão do Ministério Público (Grupo A Hora, 2025).

**Tabela 11** - Balanço financeiro geral (estimado) de prejuízos das inundações de 2023 e 2024 em Arroio do Meio

Setor/Segmento	Custo/Dispêndio
Habitação	R\$ 122.400.000,00
Social	R\$ 38.250.000,00
Planejamento	R\$ 15.000.000,00
Comércio/Indústria	Não estimado
Saúde	R\$ 100.000,00
Agricultura	R\$ 70.000.000,00
Logística	R\$ 30.650.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 276.400.000,00</b>

Adaptado pelo autor com base em CRAS-Aroio do Meio e Prefeitura Municipal de Arroio do Meio (2024-2025).

A análise dos custos indicou prejuízos diretos de R\$ 80 milhões em setembro de 2023 (Portal RVA, 2023) e perdas indiretas em maio de 2024, afetando 65% da população e causando

prejuízos de R\$ 50 milhões no setor agropecuário (Jornal do Comércio, 2024). Frente à escassez de dados, utilizou-se regressão linear com dados da estação de Lajeado para estimar cotas históricas, associadas a sensoriamento remoto e cartografia, visando aprimorar o mapeamento de risco.

A comparação entre os eventos de 2023 e 2024 revelou diferenças nos padrões hidrológicos das bacias dos rios Taquari, Antas e Jacuí, destacando a necessidade de monitoramento contínuo e planos de contingência mais eficazes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo analisou os impactos ambientais, socioeconômicos e estruturais das inundações em Arroio do Meio, destacando a vulnerabilidade do município agravada pela ocupação do solo e localização geográfica. Devido à falta de dados históricos precisos, foram aplicadas modelagens hidrológicas e análises comparativas com a série de Lajeado, imagens de satélite e mapeamento *in loco*, em base das cotas altimétricas de 35,70 m (setembro/2023) e 39,66 m (maio/2024).

Os prejuízos socioeconômicos somaram mais de R\$ 276 milhões, afetando habitações, indústria e comércio, enquanto a destruição de rodovias expôs fragilidades logísticas e a necessidade de melhor infraestrutura. O crescimento urbano desordenado e as mudanças climáticas intensificaram os impactos, reforçando a importância de políticas públicas baseadas em dados científicos.

A gestão de riscos deverá incluir um monitoramento contínuo, mapas de risco, realocação de populações vulneráveis e melhorias na drenagem urbana, dependendo da cooperação entre governo, setor privado e sociedade civil. Por fim, enfrentar as inundações exige ações locais articuladas a estratégias estaduais e federais, aliando participação social e investimento em tecnologias preventivas para garantir a segurança e o desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS

BOTELHO, R. G. M. **Bacias hidrográficas urbanas**. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). Geomorfologia urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 71-115.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. **Time Series Analysis: Forecasting and Control**. 5. ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2015. ISBN 978-1118675021.

BRASIL. Departamento Nacional de Obras de Saneamento – DNOS. **Manual de Hidrologia**. Rio de Janeiro: DNOS, 1984.

BRUSKI, S. D.; TOGNOLI, F. M. W.; ARAÚJO, T. P. Geotecnologias no contexto das cidades mais resilientes: zoneamento das áreas de risco a inundações como ferramenta de planejamento urbano. **Engenharia Urbana em Debate**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 30–57, 2020. DOI: 10.59550/engurbdebate.v1i1.92. Disponível em: <https://www.engurbdebate.ufscar.br/index.php/engurbdebate/article/view/92>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CÂMARA DE DIRIGENTES LOJISTAS DE ARROIO DO MEIO. **Levantamento preliminar dos impactos econômicos das inundações**. Arroio do Meio, RS, 2024. 2 p.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied Hydrology**. McGraw-Hill, 1988.

CNN. **Prejuízos por chuvas no RS somam R\$ 4,6 bilhões, mostra estudo**. São Paulo, Brasil, 2024.

Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/prejuizos-por-chuvas-no-rs-somam-r-46-bilhoes-mostra-estudo/>. Acesso em: 08 out. 2024.

CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1999. 584 p. ISBN 0-471-16068-7.

CRAS - Centro de Referência de Assistência Social. **Relatório interno sobre os efeitos das inundações de setembro de 2023 e maio de 2024 no município de Arroio do Meio**. Prefeitura Municipal de Arroio do Meio, RS, 2024. 1 p.

EMATER - RS. **Boletim Evento Adverso nº 01: Impactos das chuvas e cheias extremas no Rio Grande do Sul em maio de 2024**. Porto Alegre, RS, 2024. 54 p. Disponível em: <https://www.estado.rs.gov.br/upload/arquivos/202406/relatorio-sisperdas-evento-enchentes-em-maio-2024.pdf>. Acesso em: 09 out. 2024.

FERREIRA, J. P. **Enciclopédia dos Municípios Brasileiros**. Brasília: IBGE, 1959.

FIEGENBAUM, J. **Um assentamento tupiguarani no Vale do Taquari/RS**. 2009. 219 f. Dissertação (Mestrado em História) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), São Leopoldo, 2009.

GRUPO A HORA. **Pontes de acesso a Arroio do Meio são destruídas pela enchente**. Lajeado, RS: 2024. 1 fotografia color. Disponível em: <https://grupoahora.net.br/conteudos/2024/05/03/pontes-de-acesso-a-arroio-do-meio-sao-destruidas-pela-enchente/>. Acesso em: 10 mar. 2025.

GRUPO A HORA. **Após 11 meses da enchente, Estado inaugura nova ponte da ERS-130**. Grupo A Hora, 10 abr. 2025. Disponível em: <https://grupoahora.net.br/conteudos/2025/04/10/apos-11-meses-estado-inaugura-ponte-da-ers-130/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

GRUPO INDEPENDENTE. **Liberado o fluxo na nova travessia entre Lajeado e Arroio do Meio**. Lajeado, RS: 2025. Disponível em: <https://www.independente.com.br/artigo/liberado-o-fluxo-na-nova-travessia-entre-lajeado-e-arroio-do-meio>. Acesso em: 11 mar. 2025.

GRUPO RBS DE COMUNICAÇÃO. **FOTOS: casas foram destruídas pela enchente em Arroio do Meio**. Porto Alegre, RS: 2024. 1 fotografia color. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2024/05/fotos-casas-foram-destruidas-pela-enchente-em-arroio-do-meio-clw6r8iqp001701d60owtsmf.html>. Acesso em: 10 mar. 2025.

HAAN, C. T. **Statistical Methods in Hydrology**. Ames: Iowa State University Press, 1977. 378 p. ISBN 0-8138-1510-X.

HELSEL, D. R.; HIRSCH, R. M. **Statistical Methods in Water Resources**. U.S. Geological Survey, 2002.

IBGE. **Município de Arroio do Meio, Rio Grande do Sul**. Brasil, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/arroio-do-meio/panorama>. Acesso em: 15 set. 2024.

JORNAL DO COMÉRCIO. **Arroio do Meio teve 65% da população atingida pelas enchentes**. Jornal do Comércio, Porto Alegre, 2024. Disponível em: <https://www.jornaldocomercio.com/jornal-cidades/2024/05/1156452-arroio-do-meio-teve-65-da-populacao-atingida-pelas-enchentes.html>. Acesso em: 25 set. 2024.

KITE, G. W. **Frequency and Risk Analyses in Hydrology**. Revised ed. Littleton, CO: Water Resources Publications, 1988. 257 p. ISBN 0-918334-640.

MAGNA ENGENHARIA; RIO GRANDE DO SUL (Estado). Conselho de Recursos Hídricos. **Relatório técnico nº 01 (RT-01): cenário atual da Bacia Hidrográfica do Sistema Taquari-Antas**. Porto Alegre: CRH-RS / SOPSH / DRH-RS / FRH-RS, 1997.

MENDES, H. C. **Urbanização e impactos ambientais: histórico de inundações e alagamentos na bacia do Gregório, São Carlos – SP**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2005. Disponível em: [http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde\\_08032016\\_111641/](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde_08032016_111641/). Acesso em: 10 jun. 2025.

MORAES, S. R.; COLLISCHONN, W.; BUFFON, F. T.; ECKHARDT, R. R. **Consolidação da série histórica dos níveis das cheias do rio Taquari em Lajeado de 1912 a 2024**. Porto Alegre, 2024.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia Estatística**. CPRM, 2007.

PIVETTA, M. Mudanças climáticas e El Niño aumentaram frequência e intensidade da chuva que caiu no Sul. **Revista Pesquisa FAPESP**, São Paulo, 07 jun. 2024. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/mudancas-climaticas-e-el-nino-aumentaram-frequencia-e-intensidade-da-chuva-que-caiu-no-sul/>.

PORTAL RVA. **No Vale do Taquari, Arroio do Meio contabiliza aproximadamente R\$ 80 milhões em prejuízos com a enchente**. Portal RVA, 2023. Disponível em: <https://portalrva.com.br/geral/no-vale-do-taquari-arroio-do-meio-contabiliza-aproximadamente-r-80-milhoes-em-prejuizos-com-a-enchente>. Acesso em: 13 abr. 2025.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. São Leopoldo: UNISINOS. 2000.

STEDINGER, J. R.; VOGEL, R. M.; FOUFOULA-GEORGIU, E. **Frequency Analysis of Extreme Events**. In: MAIDMENT, D. R. (Ed.). *Handbook of Hydrology*. New York: McGraw-Hill, 1993. Cap. 18, p. 18.1–18.66.

STEINER, P. **Renita Käfer e a Barra do Forqueta**. O Alto Taquari. Arroio do Meio, Edição 08. mai. 2009.

THOMAS, B. L. Proposta de zoneamento ambiental para o município de Arroio do Meio - RS. **RA'E GA**. Curitiba, v. 24, p.199-226, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2002.

TUCCI, C. E. M.; ALMEIDA, L. P.; SOUSA, R. F.; COSTA, M. T.; LIMA, S. S. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.