

# Projeto de regionalização de vazões nas bacias hidrográficas brasileiras

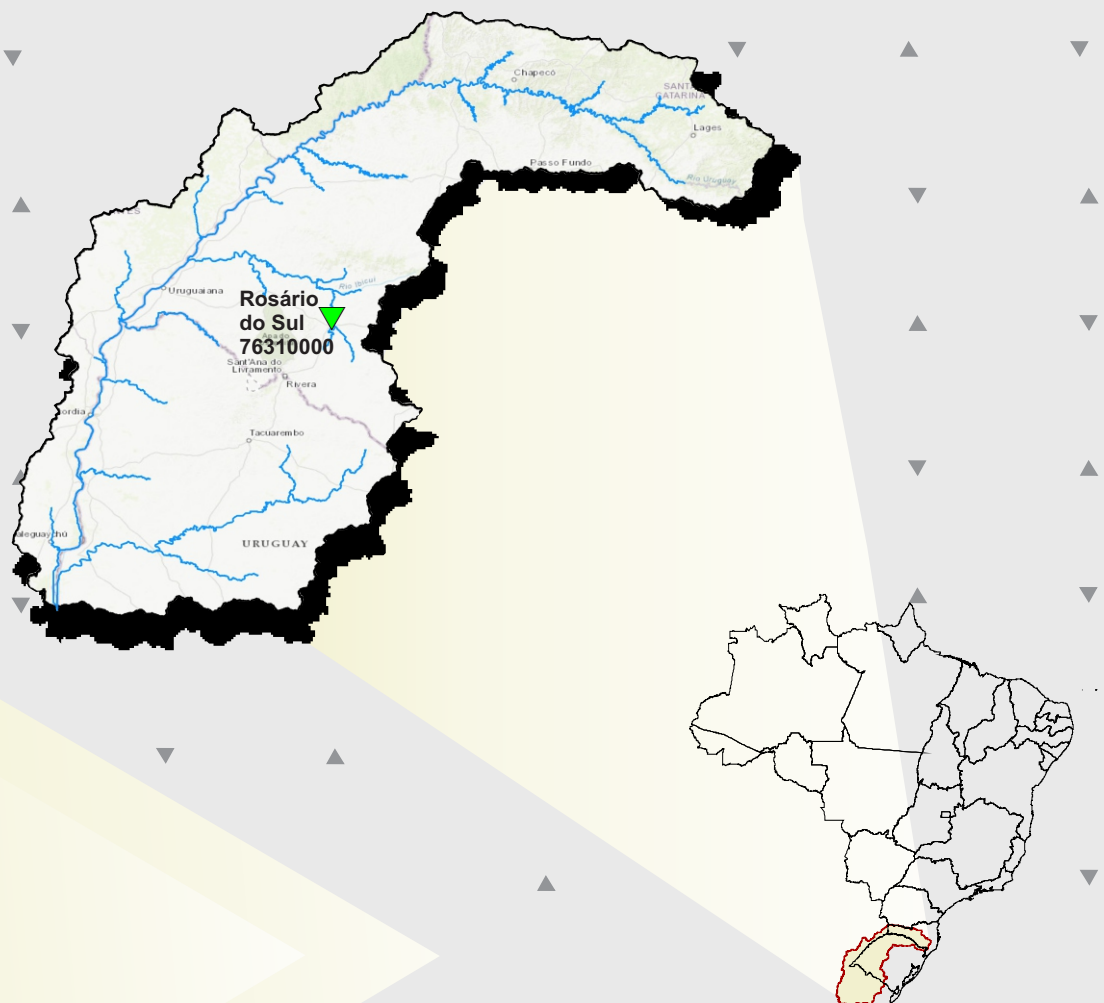
## Análise de Frequência de Cotas dos Sistemas de Alerta

### Sistema de Alerta: Bacia do Rio Uruguai

Rio Santa Maria em Rosário do Sul

Código: 76310000

Município Atendido: Rosário do Sul - RS



2022

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB/CPRM**  
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL  
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

PROGRAMA GESTÃO DE RISCO E DE DESASTRES  
AÇÃO LEVANTAMENTOS, ESTUDOS, PREVISÃO E ALERTA DE EVENTOS  
HIDROLÓGICOS CRÍTICOS

**PROJETO DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES NAS  
BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS**

## **ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE COTAS DOS SISTEMAS DE ALERTA**

**Sistema de Alerta: Bacia do Rio Uruguai**

**Rio: Santa Maria**  
**Estação Fluviométrica: Rosário do Sul**  
**Código: 76310000**  
**Município Atendido: Rosário do Sul/RS**

**Francisco Fernando Noronha Marcuzzo**  
**Eber José de Andrade Pinto**



**PORTO ALEGRE**

**2022**

PROGRAMA GESTÃO DE RISCO E DE DESASTRES  
AÇÃO LEVANTAMENTOS, ESTUDOS, PREVISÃO E ALERTA DE  
EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS

PROJETO DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES  
NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE COTAS DOS SISTEMAS DE ALERTA

Executado pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM  
Superintendência Regional de Porto Alegre

Copyright © 2022 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre  
Rua Banco da Província, 105 - Bairro Santa Teresa  
Porto Alegre / RS – 90.840-030  
Telefone: 0(xx) (51) 3406-7300  
Fax: 0(xx) (51) 3233-7772  
<http://www.cprm.gov.br>

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A532 Marcuzzo, Francisco Fernando Noronha  
Análise de frequência de cotas dos sistemas de alerta: Sistema de Alerta Bacia do Rio Uruguai, rio Santa Maria, estação fluviométrica Rosário do Sul, código 76310000, município atendido Rosário do Sul, RS / Francisco Fernando Noronha Marcuzzo; Eber José de Andrade Pinto. – Porto Alegre: CPRM, 2022.  
1 recurso eletrônico: PDF

Título da capa: Projeto de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Programa Gestão de Riscos e de Desastres. Ação Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos. ISBN 978-65-5664-259-8

1. Hidrologia – Brasil. 2. Regionalização de Vazões. 3. Análise de Frequência Local. I. Marcuzzo, Francisco Fernando Noronha. II. Pinto, Eber José de Andrade. III. Título. III. Título da capa: Projeto de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras.

CDD 551.48

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Ana Lúcia Borges Fortes Coelho – CRB10 - 840

**Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM**

É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

**MINISTRO DE ESTADO**

Bento Albuquerque

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Marisete Fátima Dadald Pereira

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Pedro Paulo Dias Mesquita

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

**CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

**Presidente**

Lília Mascarenhas Sant'Agostino

**Vice-Presidente**

Fernando Antônio Freitas Lins

**Conselheiros**

Cassio Roberto da Silva

Geraldo Medeiros de Moraes

Gabriela Valente

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Esteves Pedro Colnago

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice Silva de Castilho

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Márcio José Remédio

**Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Paulo Afonso Romano

**Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

## **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE**

*Alexandre Trevisan Chagas (interino)*  
**Superintendente**

*Franco Turco Buffon*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Carla Klein*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Ana Cristina Bomfim Peixoto*  
**Gerente de Infraestrutura Geocientífica**

*Alexandre Trevisan Chagas*  
**Gerente de Administração e Finanças**

## **REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES NAS BACIAS BRASILEIRAS**

**Departamento de Hidrologia**  
Frederico Cláudio Peixinho

**Divisão de Hidrologia Aplicada**  
Adriana Dantas Medeiros  
Achiles Monteiro (*In memoriam*)

**Coordenação Executiva do DEHID**  
**Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras**  
Eber José de Andrade Pinto

### **Equipe Executora**

Cynthia Pedrosa Teixeira – RETE  
Denise Christina de Rezende Melo – SUREG/GO  
Francisco Fernando Noronha Marcuzzo – SUREG/PA  
Múcio Valença Virões – SUREG/RE  
Myrla de Souza Batista Vieira – SEDE  
Paula Kristhina Cordeiro Freire – REFO

### **Sistema de Informações Geográficas e Mapa**

Ivete Souza do Nascimento – SUREG/BH

### **Equipe de Apoio Local – Cotas e Levantamentos de Seções Transversais**

Luciano Träsel – SUREG/PA  
Rejane Bao – SUREG/PA

## APRESENTAÇÃO

O projeto Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras é uma iniciativa dentro do programa de Gestão de Riscos e de Desastres que tem por objetivo ampliar o conhecimento sobre a disponibilidade hídrica no território nacional, bem como, sobre a frequência de ocorrência das vazões e/ou das cotas.

O conhecimento da disponibilidade de água doce de uma bacia hidrográfica é o principal instrumento de gestão de recursos hídricos, com base no qual pode ser concedido de forma adequada e sustentável o direito de uso deste bem, seja para fins energéticos, de irrigação, de abastecimento e outros. Além disto, o conhecimento da frequência é uma informação útil para o planejamento nos setores elétrico, agrícola, abastecimento público e na adoção de políticas públicas.

Dentre os objetivos da ação dos Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos, destaca-se a realização de estudos de análise de frequência local das séries históricas de vazões máximas ou cotas máximas das estações fluviométricas.

A análise de frequência possibilita a determinação das vazões máximas ou cotas máximas associadas a uma probabilidade de ser igualda ou superada. Os resultados da análise, ou seja, os quantis, serão utilizados como valores de projeto no dimensionamento de diversas estruturas hidráulicas ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Esta análise estatística também pode ser utilizada de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de cheia ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário. Tipo de informação que é bastante útil para sistemas de alerta de cheias que poderão divulgar, além das previsões e dos valores observados, a raridade do evento acompanhado.

Este estudo apresenta os resultados da análise de frequência das cotas máximas observadas na bacia do rio Uruguai, especificamente no rio Santa Maria na localidade da estação fluviométrica Rosário do Sul, código 76310000. Esta estação fluviométrica faz parte do Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE) da bacia do rio Uruguai e constitui um ponto de acompanhamento das vazões e cotas na cidade de Rosário do Sul, no Estado do Rio Grande do Sul.

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO .....	01
2 – METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA LOCAL .....	10
3 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA LOCAL.....	12
4 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO.....	14
5 – REFERÊNCIAS .....	17
ANEXO I .....	23
ANEXO II .....	30
ANEXO III .....	33

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 01 – Localização das estações fluviométricas do SAH da bacia do rio Uruguai  
Figura 02 – Localização e fotos da seção de réguas da estação Rosário do Sul  
Figura 03 – Perfil da seção transversal da seção de réguas de Rosário do Sul  
Figura 04 – Cotas máximas anuais registradas nos boletins dupla leitura, e as linhas representando as cotas de atenção, alerta e inundação  
Figura 05 – Ajuste das distribuições empírica e teórica

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 01 – Número e percentual de anos com cotas menores e maiores que a cota de atenção, e maiores que as cotas de alerta e inundação  
Tabela 02 – Cotas, em centímetros, para diferentes tempos de retorno, em anos

## ANEXOS

- Anexo I – Ficha Descritiva, Ficha Complementar e Croqui da Estação Fluviométrica  
Anexo II – Distribuições de Gumbel, Log-normal e Normal  
Anexo III – Dados Utilizados e as Estatísticas

## 1 – INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Uruguai é formada desde as nascentes do rio Pelotas e do rio Canoas e estende-se até o estuário do rio da Prata, no fim da fronteira entre Uruguai e Argentina (GUIMARÃES; FINCK; MARCUZZO, 2017). A bacia hidrográfica do rio Uruguai é transfronteiriça e interestadual, possuindo uma área de drenagem total de 349.843km<sup>2</sup> (MARCUIZZO, 2017) considerando o seu exutório no rio da Prata (*rio de la Plata*). Sendo que, deste total, a área territorial da bacia do rio Uruguai no Brasil é de 174.078km<sup>2</sup> (49,76%), dividindo-se no estado do Rio Grande do Sul com 126.372km<sup>2</sup> (36,11%) e no estado de Santa Catarina com 95.733km<sup>2</sup> (13,65%). Já área territorial da bacia do rio Uruguai na Argentina é de 62.005km<sup>2</sup> (17,72%), no Uruguai de 113.179km<sup>2</sup> (32,35%) e 583km<sup>2</sup> (0,17%) de massa d'água. O ponto mais alto da bacia, com 1.822m, está entre Urubici e Bom Retiro, em Santa Catarina, nas coordenadas 49°19'12,3"O e 27°54'31,3"S, na divisa entre as sub-bacias 71, 83 e 84 (MARCUIZZO; SOUZA; ALMEIDA, 2016; MARCUZZO, 2017). Segundo portaria nº 447 do MME, de 20/12/1976, a bacia do rio Uruguai é a de número 7, subdividida em 10 grandes sub-bacias, da 70 a 79, e como instituído pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) na Resolução 32/2003, faz parte da região hidrográfica de número 11, denominada Região Hidrográfica do Uruguai. É limitada ao norte pela região hidrográfica do Paraná, a oeste pela Argentina e ao sul pelo Uruguai. Os principais rios da bacia do rio Uruguai, segundo Melati e Marcuzzo (2015), são: na sub-bacia 70 os rios Pelotas, Bernardo José e Lava-Tudo; na sub-bacia 71 os rios Canoas, das Caveiras e Ibicuí; na sub-bacia 72 os rios Uruguai, do Peixe, Forquilha e Apuaê; na sub-bacia 73 os rios Uruguai, Passo Fundo, Chapecó e Irani; na sub-bacia 74 os rios Uruguai, das Almas, da Várzea e Guarita; na sub-bacia 75 os rios Uruguai, Ijuí, Piratini, Icamaquã e Santa Maria; na sub-bacia 76 os rios Ibicuí, Ibirapuitã e Jaguarí; na sub-bacia 77 os rios Uruguai, Quaraí, Touro Passo e Arroio Garupá; na sub-bacia 79 os rios Negro, São Luís e Arroio Pirai.

A estação Rosário do Sul (76310000) está localizada na sub-bacia 76 (rio Ibicuí), a maior sub-bacia, em área de drenagem, da bacia do rio Uruguai (7) em território brasileiro. Em sua parte norte e nordeste, estão localizados os principais afluentes do rio Ibicuí: o rio Jaguarí e o rio Ibicuí-Mirim. A confluência dos rios Santa Maria e Ibicuí-Mirim forma o rio Ibicuí que, junto com o rio Santa Maria é o rio principal da sub-bacia 76 (KOEENDER, 2015; KOEENDER; MARCUZZO, 2015, 2016a). Detalhamentos da sub-bacia 76, como hidrogeologia, cálculos de subáreas, drenagens de estações e diagramas unifilares, modelos: Almeida *et al.* (2016), Koefender e Marcuzzo, (2016b), Finck *et al.* (2017), Freitas e Marcuzzo (2017), Souza *et al.* (2017) e Finck (2018).

Nos mapas de distribuição espacial de precipitação média mensal da bacia do rio Uruguai, publicados por Guimarães, Finck e Marcuzzo (2017) utilizando os dados de Pinto *et al.* (2011), é possível visualizar que a sua sub-bacia 77, a mais ocidental, no extremo oeste do Rio Grande do Sul, apresentou a menor precipitação média anual, com 1.455mm.ano<sup>-1</sup>, e que, na mesma sub-bacia 77, no município de Uruguaiana do estado do Rio Grande do Sul, a menor precipitação média mensal foi observada, com um valor de 69mm, em agosto. Dessa forma, segundo os autores, agosto é considerado o mês mais seco da bacia do rio Uruguai com, na média, 54 postos pluviométricos



apresentando essa característica. Já a sub-bacia 73, mais ao centro norte da bacia do rio Uruguai, apresentou a maior precipitação média anual, com  $1.964\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ , e que a maior precipitação média mensal foi de 229mm, em outubro, na sub-bacia 74, na porção mais setentrional da bacia do rio Uruguai, no município de Dionísio Cerqueira, do estado de Santa Catarina. Assim, segundo os autores, outubro é considerado o mês mais chuvoso da bacia do rio Uruguai com, na média, 66 postos pluviométricos apresentando essa característica. A amplitude de precipitação média anual entre as sub-bacias da bacia do rio Uruguai, em sua parte brasileira, é, em média, de  $509\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ . Já no trabalho publicado por Souza *et al.* (2017) verifica-se que, na sub-bacia 76, onde está localizada a estação Rosário do Sul (76310000), a média de precipitação pluviométrica de 1977 a 2006, varia de  $1.435\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$  no extremo sul da sub-bacia, entre Dom Pedrito/RS e a fronteira com o Uruguai, até  $1.934\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$  ao norte, na região do município de Santiago/RS. Koefender (2015) cita que a média geral da precipitação pluviométrica na sub-bacia 76 é de  $1.629\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ .

As cheias na bacia do rio Uruguai são fenômenos naturais que fazem parte da dinâmica fluvial natural. Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2001), os condicionantes das enchentes na bacia podem ser analisados de acordo com o tamanho das bacias. Na parte superior, onde a declividade é alta e os tempos de deslocamentos são pequenos, as enchentes podem ocorrer devido a precipitações intensas com pequena abrangência espacial, enquanto que no trecho médio do rio Uruguai as enchentes são devido à ocorrência de precipitações de longa duração sobre grande parte da bacia, como ocorreu em 1972, 1983, 1990, 1992, 1997, 2014 e 2015 (PEDROLLO; SOTÉRIO; GERMANO, 2017). As enchentes atingem principalmente a população ribeirinha, ao longo do rio principal e em alguns afluentes, como os rios Ibirapuitã, Santa Maria e Quaraí. As cidades mais atingidas no rio principal são Marcelino Ramos, Iraí, Porto Lucena, Porto Xavier, São Borja, Itaqui e Uruguaiana. Além de vir a reduzir consideravelmente os prejuízos sociais e econômicos, o sistema de alerta hidrológico ajudará a suprir a demanda por dados confiáveis, precisos e disponíveis no tempo adequado pelas entidades interveniente em recursos hídricos, na bacia objeto deste projeto (PEDROLLO; SOTÉRIO; GERMANO, 2017). Utilizando-se os dados do Alerta de Eventos Críticos da Bacia do Uruguai, destacam-se os trabalhos de Guimarães *et al.* (2018) que estudou com que antecedência se consegue prever cheias na bacia, e o de Müller *et al.* (2019), que estudou o efeito da discretização na calibração do modelo MGB-IPH para a bacia do rio Uruguai.

Segundo o relatório anual de 2020 do Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE) da Bacia do rio Uruguai (MATTIUZI; BUFFON, 2020), o mesmo entrou em operação em dezembro de 2018 e realiza previsão de níveis para seis municípios: Uruguaiana, Itaqui e São Borja (localizados na calha do rio Uruguai), Alegrete (rio Ibirapuitã), Manoel Viana (rio Ibicuí), e Rosário do Sul (rio Santa Maria). Desde o início da operação até o ano de 2020 foram emitidos 111 boletins de alerta de cheia.

No Brasil, a bacia hidrográfica do rio Uruguai abrange um total de 395 municípios, sendo 228 no Rio Grande do Sul e 167 em Santa Catarina (MARCUIZZO, 2017; 2018). A população total residente nessa região, conforme o Censo do IBGE (2010) é de 4.753.431 habitantes; sendo 63% no Rio Grande do Sul e 27% em Santa Catarina

(MATTIUZI; BUFFON, 2020). Até março de 2021 as previsões de cota, realizadas para as seis estações já citadas, atingem uma população total de aproximadamente 349 mil pessoas (IBGE, 2010). Os municípios atendidos, até janeiro de 2022, todos no estado do Rio Grande do Sul, pelo Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE, <https://www.cprm.gov.br/sace/>) da bacia do rio Uruguai são: Uruguaiana (125.435 habitantes), Alegrete (77.653 habitantes), São Borja (61.671 habitantes), Rosário do Sul (39.707 habitantes), Itaqui (38.159 habitantes) e Manoel Viana (7.072 habitantes). O Serviço Geológico do Brasil – CPRM, possui em seu Repositório Institucional em Geociências (RIGEO - <http://rigeo.cprm.gov.br/>) relatórios com a delimitação das áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa dos municípios que o SACE emite previsão de cotas na bacia do rio Uruguai: Uruguaiana (HOELZEL; LAMBERTY, 2014), Alegrete (SILVA; SILVA, 2013), São Borja (PEIXOTO; HOELZEL, 2015), Rosário do Sul (SILVA; SILVA, 2012) e Itaqui (SILVA; SILVA, 2013).

A localização das 32 estações fluviométricas que compõem o Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Uruguai, em janeiro de 2022, está apresentada na Figura 01. Mapas das áreas de drenagem das estações do Alerta Hidrológico da Bacia do Uruguai podem ser baixados clicando [AQUI \(PDF\)](#) e [AQUI \(PNG\)](#). Nota-se que seis estações possuem previsão de cotas no SACE (<https://www.cprm.gov.br/sace/>) e 26 são de apoio.

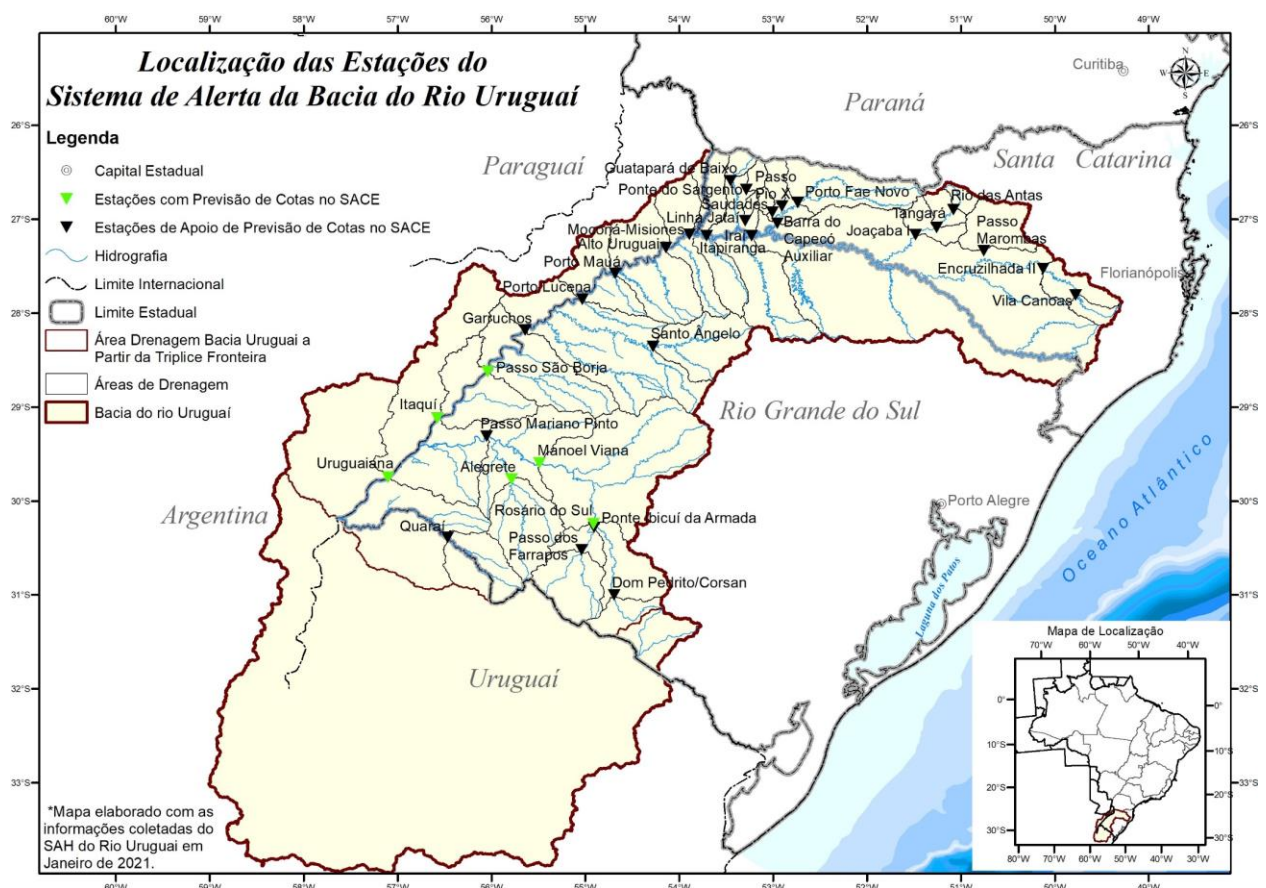


Figura 01 – Localização das estações fluviométricas do SAH da bacia do rio Uruguai

Conforme o inventário de estações fluviométricas e pluviométricas da Agência Nacional de Águas de 10/09/2021 (ANA, 2021), a bacia hidrográfica do rio Uruguai conta

com 75 estações fluviométricas (32 telemétricas) e 180 estações pluviométricas (83 telemétricas), sendo oito com registrador de chuva e 172 convencionais em operação, totalizando 255 estações pertencentes à Rede Hidrometeorológica Nacional, sob responsabilidade da ANA, que são operadas pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Superintendência Regional de Porto Alegre/RS. Observa-se que, das 75 estações fluviométricas na bacia do rio Uruguai (7), 13 estão na sub-bacia 76, sendo cinco telemétricas, das quais, três, Alegrete (76750000), Rosário do Sul (76310000) e Manoel Viana (76560000), são pertencentes ao SACE da bacia do rio Uruguai.

A estação de Rosário do Sul (Figura 02), código 76310000, está localizada na Latitude 30°14'34"S e Longitude 54°55'01"O, na altitude de 82,58m no rio Santa Maria e, segundo o inventário da Agência Nacional de Águas de 10/09/2021, possui uma área de drenagem de 12.100km<sup>2</sup>, resultando em 3,46% da área total da bacia do rio Uruguai (349.844km<sup>2</sup>, em Marcuzzo (2017)).



Figura 02 – Localização e fotos da seção de réguas da estação Rosário do Sul

A Figura 02 ilustra, além da localização, imagens aéreas e fotos da seção de réguas da estação de Rosário do Sul (76310000). Considerando a área de drenagem total, aproximada, da sub-bacia 76 (47.146 km<sup>2</sup>, em Koefender (2015)), onde está localizada a estação fluviométrica, a área de drenagem da estação corresponde a aproximadamente 25,7% da sub-bacia 76.

A estação fluviométrica Rosário do Sul (76310000 / 03054007 – PFDSQT) está instalada no rio Santa Maria, em sua margem esquerda, na área urbana da cidade de Rosário do Sul/RS, sendo a única, até a elaboração deste texto, neste curso d'água. Dentro da rede hidrometeorológica nacional de referência, os objetivos deste ponto de monitoramento são: eventos hidrológicos críticos, mudanças e tendências de longo prazo e qualidade da água (Anexo I).

A estação de Rosário do Sul possui, desde a sua implementação, em maio de 1967, réguas linimétricas instaladas para realização de duas leituras diárias, pelo observador, dos níveis do rio Santa Maria, as 7h e as 17h. Contudo, até janeiro de 2022, estavam disponíveis, para utilização e verificação, apenas dados dos arquivos de dupla leitura (DL) e boletins escanizados a partir de 1974, conforme relatado em Naitzel, Goldenfum e Marcuzzo (2020). Descartando alguns anos com falhas, totalizou-se 40 anos completos de dados de dupla leitura de cotas (Anexo III) utilizadas neste estudo de análise de frequência. Os dados são do ano de 1974 a 1979, 1982 a 1986 e de 1991 a 2020.

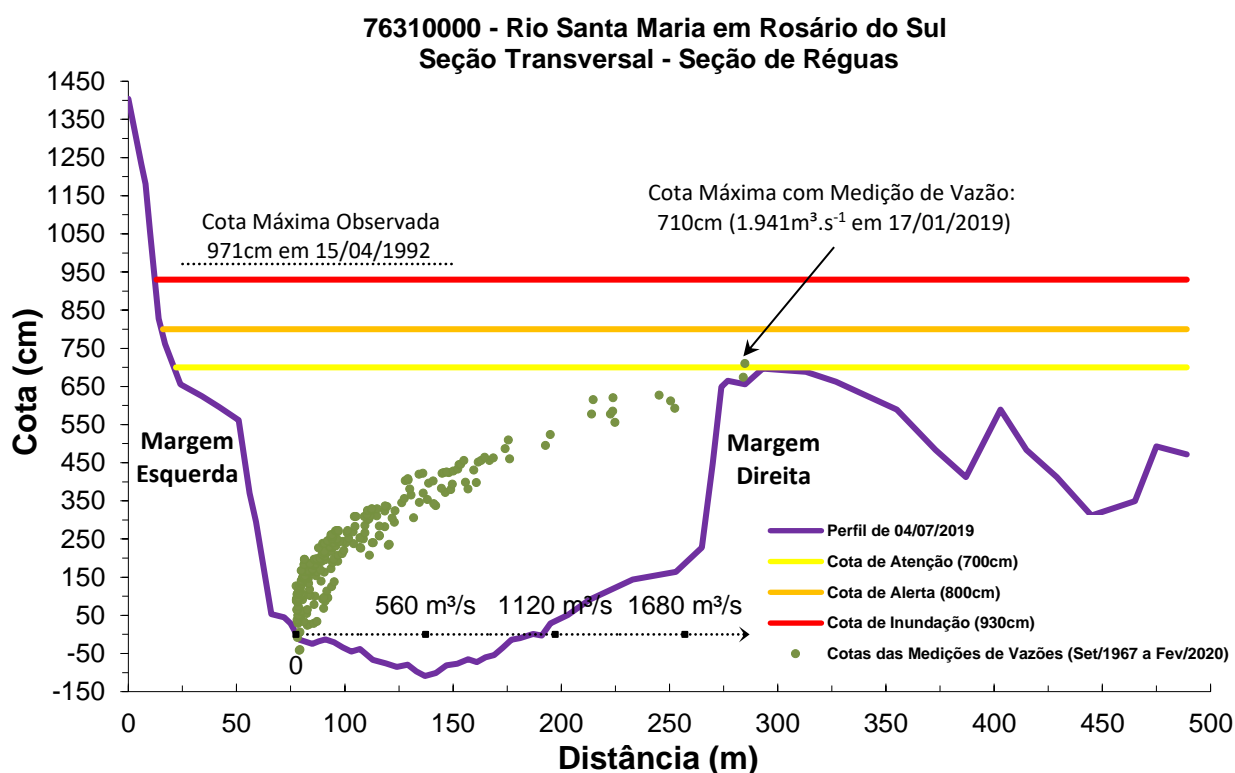
Nesta estação, desde 2018, estão instalados equipamentos automáticos para registro contínuo e transmissão dos níveis do rio Santa Maria (amostragem a cada 15 minutos e transmissão via satélite a cada 1 hora), ou seja, a estação fluviométrica de Rosário do Sul possuía, desde a instalação do alerta de eventos críticos da bacia do rio Uruguai, em dezembro de 2018, um equipamento telemétrico para aquisição de dados de nível e chuva (código da estação pluviométrica: 03054007).

A estação automática está localizada na cabeceira da ponte da BR-158 sobre o rio Santa Maria junto da seção de réguas. A Plataforma de Coleta de Dados (PCD) está alocada em um poste metálico à aproximadamente 3m de altura. A antena, painel solar e o pluviômetro automático da estação estão fixados em um suporte de duas hastes sobre a caixa da PCD, os equipamentos podem ser acessados utilizando uma escada móvel. O sensor de nível é do tipo radar e está fixado junto da estrutura da ponte a cerca de 110m do poste da PCD, a comunicação entre o radar e a PCD é realizada através de um cabo ancorado na lateral da estrutura da ponte. A manutenção do radar requer a comunicação prévia da polícia rodoviária federal, para que proceda com o isolamento de uma das faixas da ponte.

A medição de descarga da estação Rosário do Sul (76310000) é realizada de forma embarcada, com medidor acústico do tipo M9. As seções de medição são muito variáveis, pois há grandes variações no leito, que ocorrem devido à granulometria muito fina dos sólidos. Esta estação possui controle de canal em toda a amplitude de cotas.

A Figura 03 apresenta o levantamento da seção transversal na seção de réguas da estação. A Figura 03 também apresenta graficamente as cotas de atenção (700cm), alerta (800cm) e inundação (930cm) para a cidade de Rosário do Sul/RS, bem como, a maior cota observada (971cm) e a maior cota com medição de descarga líquida (710cm).

A maior cota observada/registrada em Rosário do Sul (76310000) foi 971cm, em 15/04/1992 as 17h00. Na época da grande cheia histórica do rio Uruguai em julho de 1983, considerando apenas os dados de cotas médias, os únicos disponíveis para esta estação no momento da elaboração deste relatório, registrou-se a cota de 658cm em 19/07/1983, sendo que a maior cota registrada na estação Rosário do Sul, em 1983, foi de 730cm em 01/03/1983 (Anexo III). Na medição de descarga líquida na cota de 710cm, em 17/01/2019, maior cota com medição até o momento da elaboração deste texto, obteve-se  $1.941\text{m}^3.\text{s}^{-1}$  no rio Santa Maria, na localidade da estação de Rosário do Sul. Já a menor cota observada foi de -68cm, em 26/04/2020, e a menor cota com medição de descarga líquida foi de -42cm, em 12/03/2018, quando se obteve uma vazão de  $13,9\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ . Ressalta-se que, os dados e as informações transcritas neste parágrafo, acima, foram obtidos no banco de dados brutos até setembro de 2021, ou seja, a partir desta data os valores de cotas de atenção, alerta, inundação, bem como as maiores e menores cotas, sejam as observadas ou com medição de vazão, poderão sofrer alterações na estação Rosário do Sul (76310000). A delimitação das cotas e suas respectivas áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa do município de Rosário do Sul/RS, pode ser observado na publicação de Silva e Silva (2012), disponível no site do Serviço Geológico do Brasil.



Em um estudo que utilizou os Levantamentos de Seção Transversal (LST) das estações do SACE Uruguai, Buffon, Rolim e Marcuzzo (2019) concluíram que a utilização de dados observados em estações fluviométricas, especificamente referente aos parâmetros hidráulicos da largura do rio e sua profundidade média, podem afetar

significativamente os resultados da modelagem de previsão de vazão na bacia, apresentando efeitos maiores em seus rios de baixa declividade em regiões com grandes planícies de inundação, e efeitos menores em rios de maior declividade em regiões montanhosas. Os autores também relatam que, de montante para jusante, há redução da profundidade ao atingir regiões com baixas declividades e grandes planícies de inundação próximas à São Borja/RS. Assim os autores relatam que a característica dos escoamentos nessa região inclui o transbordamento do canal principal em vastas planícies de inundação e isso reduz drasticamente a velocidade da propagação das ondas de cheia.

Ao longo do histórico da estação, disponível em seu inventário, não se encontrou informação que tenha ocorrido mudança da cota do zero da régua, ou seja, não foram acrescidos 100cm ou outro qualquer valor as cotas da estação. Adverte-se que a cota de inundação, de 930cm, se refere ao início do alagamento na cidade de Rosário do Sul/RS, a qual está a margem esquerda do rio Santa Maria. Maiores detalhes sobre a estação podem ser encontrados na sua ficha descritiva e croqui do Anexo I.

No Anexo III observa-se que a série de cotas máximas DL, por ano hidrológico, que no caso desta estação pluviométrica foi considerado o mesmo período que o ano civil, apresenta 40 valores registrados, sendo 39 válidos dentro dos limites estatísticos de Grubbs e Beck (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 287). Se nota na Figura 04 e Tabela 01, destes 39 valores válidos de cotas máximas DL, em cinco anos, ou seja, 13% em relação ao total de observações, há cotas máximas anuais menores que a cota de atenção (450cm), e, 34 cotas, ou seja, 87%, são superiores a cota de atenção (450cm).

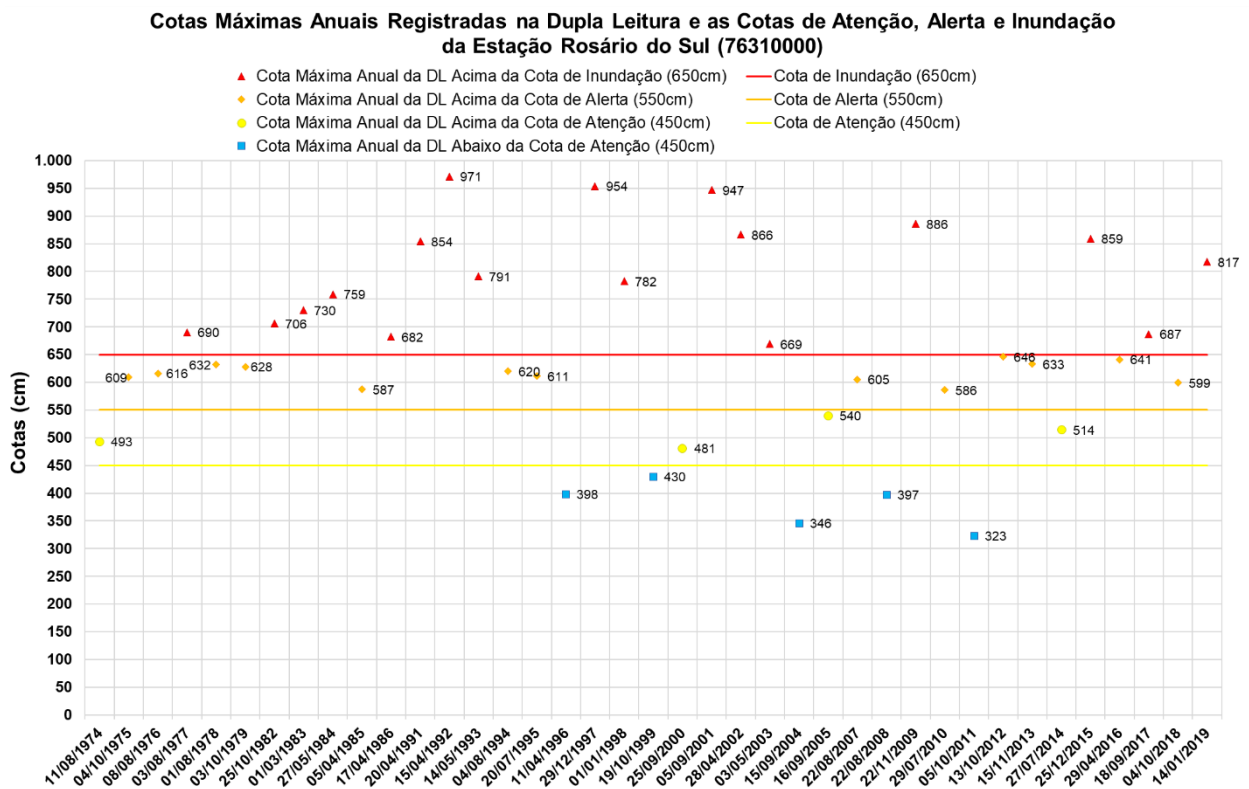


Figura 04 – Cotas máximas anuais registradas nos boletins dupla leitura, e as linhas representando as cotas de atenção, alerta e inundação

Tabela 01 – Número e percentual de anos com cotas menores e maiores que a cota de atenção, e maiores que as cotas de alerta e inundação

<b>Número Total de Anos com Dados Dupla Leitura</b>	<b>39</b>	<b>% em Relação ao Total</b>
Nº de Anos com Cotas <b>Maiores</b> que Inundação	<b>17</b>	<b>44%</b>
Nº de Anos com Cotas <b>Maiores</b> que Alerta	<b>30</b>	<b>77%</b>
Nº de Anos com Cotas <b>Maiores</b> que Atenção	<b>34</b>	<b>87%</b>
Nº de Anos com Cotas <b>Menores</b> que Atenção	<b>5</b>	<b>13%</b>

Também se observa, na Figura 4 e na Tabela 1, que 30 registros, ou seja, 77% do total de 39, são superiores a cota de alerta (550cm) e 17 registros, ou seja, 44%, são superiores a cota de inundação (650cm).

Ressalta-se que, neste estudo, ao invés de se utilizar o ano hidrológico, que na maioria das vezes não é compatível com o ano civil para a maioria das bacias hidrográficas brasileiras, optou-se por utilizar o ano civil na coleta das máximas cotas DL anuais observadas. Este fato decorre da boa uniformidade de distribuição de chuva nos meses do ano (GUIMARÃES; FINCK; MARCUZZO, 2017; MARCUZZO; MELATI, 2016; MARCUZZO; MELATI, 2017), tanto na bacia do rio Uruguai (7) como um todo, como em suas sub-bacias (70 a 79), o que impossibilita a determinação de um mês de início e um mês de fim do ano hidrológico.

A diferença entre a máxima cota com medição de vazão (710cm com vazão de  $1.941\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ ) e a máxima cota observada (971cm) nas réguas é de 261cm. Já a diferença entre a maior cota observada (971cm) e a menor cota observada (-68cm) é de 1.039cm. Nos registros disponíveis, até setembro de 2021, nota-se que a menor cota observada, -68cm, foi registrada em três meses diferentes, em abril e maio de 2020 e janeiro de 2021, com a repetição desta cota em vários dias destes meses. As menores cotas registradas pelo observador no boletim dupla leitura foram em 2020 e 2021, principalmente nos primeiros meses de 2020, quando ocorreu uma estiagem prolongada no Rio Grande do Sul, que durou a maior parte do primeiro semestre de 2020. A razão entre as cotas máximas, ou seja, a maior cota observada com a maior cota que possui medição de vazão é de 1,37 (971cm/710cm). Segundo Tucci (2002) a melhores curva-chaves, aquelas com menor extrapolação do ramo superior, possuem a razão entre as cotas máximas observadas e com medição de vazão inferior a 1,25.

As características mencionadas no parágrafo anterior atrelada ao fato que na margem direita, até setembro de 2021, não havia Levantamento de Seção Transversal (LST) até a maior cota observada (Figura 3), são fatos que dificultam o traçado e ajuste do tramo superior (extrapolação) da curva-chave da estação de Rosário do Sul e diminuem a confiabilidade na estimativa das vazões em cotas altas para a localidade. A falta de um LST, na margem direita, até, no mínimo, a maior cota observada registrada, impossibilita a utilização de métodos mais confiáveis de extrapolação de curva-chave, derivadas da equação de Manning, que, por sua vez, utilizam os parâmetros hidráulicos da seção, como área molhada e raio hidráulico. Entretanto, é necessário mencionar que as medições de vazões em cotas altas envolvem mais riscos à segurança dos hidrotécnicos de campo, o que, em algumas situações, podem inviabilizar a realização do trabalho e, além disso, a frequência de ocorrência de grandes cheias para se

conseguir tais medições pode ser baixa. Além da necessidade de medições em cotas altas, há também a necessidade de mais medições quando o rio está em ascensão e descenso do seu nível, de modo a se confirmar ou excluir a possibilidade de no local ocorrer o fenômeno físico da histerese, conforme relatado no trabalho de Marcuzzo, Maldonado e Souza (2019), para a estação Itaqui (7590000), que também faz parte do Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE) da bacia do rio Uruguai.

Até a presente data de elaboração deste relatório, a dificuldade de se obter uma extrapolação da curva-chave confiável, conforme relatado anteriormente, para se estimar vazões máximas confiáveis, atrelado a não alteração da cota do zero da régua, a ausência de mudanças significativas na geometria do trecho, onde a estação fluviométrica está instalada, associada ao fato de que o modelo de previsão de cotas do SACE da bacia do rio Uruguai utilizar um modelo “cota-cota” (até janeiro de 2022), fez com que se optasse pela análise da frequência de cotas máximas e não vazão máxima.

Ressalta-se e enfatiza-se que, os tempos de retorno das cotas não são idênticos aos das vazões, ou seja, uma cota máxima não possui o mesmo tempo de retorno que a vazão máxima, gerada por essa mesma cota máxima, seja essa vazão máxima medida no rio ou estimada por curva-chave (MARCUIZZO; PINTO, 2021; 2022a,b,c,d,e). Isso se ocorre devido ao fator de escala, ou seja, as diferenças assimétricas numéricas entre cotas e vazões. Adiciona-se a isso, para os casos de extrapolações de curvas-chave com elevada razão entre as cotas máximas observadas com as cotas com medição de vazão superior a 1,25, os possíveis erros e assimetrias geradas pelas equações potenciais das curvas-chave que geram/estimam as vazões máximas para as cotas máximas registradas. Associada ao fator de escala e os possíveis erros das equações potenciais das curvas-chave com grande extrapolação, há também o peso variável da histerese entre a relação vazão medida e a cota registrada para essa mesma vazão medida, fazendo com que, para uma mesma cota observada, se tenha vazões diferentes, a depender se a vazão é medida, e/ou estimada pela curva-chave, estando o curso d'água com cotas ascendentes ou descendentes (MARCUIZZO; MALDONADO; SOUZA, 2019).



## 2 – METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DE FREQUÊNCIA LOCAL

A análise estatística deve ser realizada utilizando séries históricas representativas do processo analisado, sem a presença de erros acidentais ou sistemáticos e possuindo um número mínimo de elementos para garantir uma boa confiabilidade nas extrapolações. É recomendável o emprego de séries com pelo menos 30 anos hidrológicos e aceitável no mínimo 15 anos hidrológicos.

Considerando Pinto (2013) e Naghettini e Pinto (2007), foram definidas as seguintes etapas para análise de frequência local de máximos por ano hidrológico:

- Avaliar a consistência dos dados e organizar a série de cotas ou vazões máximas por ano hidrológico.

Na etapa de consistência procura-se identificar problemas com os registros de cotas ou vazões que poderiam desacreditar as informações. Para tanto podem ser realizadas métodos consagrados no meio técnico, como por exemplo, verificar se há mudança do zero da régua (mudança de referência); verificar a presença de erro de metro nas cotas; verificar a presença de erro de 1/2 metro nas cotas; verificar a presença de erro de digitação; comparar a cota máxima com a cota média diária; avaliar o comportamento dos cotogramas das estações de montante e jusante; verificar as cotas máximas da série disponível nos bancos de dados com os boletins de campo; avaliar os dados que estão como duvidosos ou estimados; avaliar o preenchimento de falhas (média, linígrafo e PCD); verificar as medições de vazões; analisar as curvas chave; verificar a continuidade das vazões etc.

- Verificar a presença de valores atípicos (*outliers*)

A presença de valores atípicos (superiores e inferiores) é avaliada com o critério baseado na amplitude interquartil, AIQ (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 39), e com o teste de Grubbs e Beck (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 287). O valor atípico pode ter origem em erros de medição ou de processamento, mas, também pode ser o produto de causas naturais indeterminadas. Se for identificado que o valor atípico é inconsistente, este deve ser excluído da amostra. Em caso de presença de *outliers* realmente observados deve-se avaliar a manutenção ou retirada destes pontos amostrais atípicos. Pois, a presença de pontos atípicos em uma dada amostra, pode afetar drasticamente o ajuste da distribuição de probabilidades.

- Avaliar a independência, a homogeneidade e a estacionariedade das séries.

A independência dos valores de uma série significa que nenhuma observação pode influenciar a ocorrência, ou não ocorrência, da observação seguinte. No projeto de Regionalização de Vazões do Brasil a hipótese de independência é avaliada com o teste não paramétrico proposto por Wald e Wolfowitz (1943). A descrição detalhada deste teste é encontrada em Naghettini e Pinto (2007, p. 264).

Uma amostra é considerada homogênea quando todos os elementos provêm de uma única e idêntica população. A recomendação é avaliar a homogeneidade da

série por meio do teste não-paramétrico proposto por Mann e Whitney (1947), o qual está descrito em detalhes em Naghettini e Pinto (2007, p.265).

A estacionariedade de uma série, de um ponto de vista intuitivo, está associada a não alteração das características estatísticas ao longo do tempo o que significa a não existência de tendências, saltos e outras propriedades. Nos trabalhos da Regionalização a verificação da estacionariedade das séries é efetuada pelo teste não-paramétrico de Spearman, o qual encontra-se descrito em Naghettini e Pinto (2007, p. 267).

- Estimar a distribuição empírica.

A estimativa da distribuição empírica é realizada com ordenação decrescente da série e o cálculo da posição de plotagem pela fórmula de Weibull, ou seja, no caso de séries de máximos por ano hidrológico temos  $P(P > p) = m/(N + 1)$ , onde  $m$  é número de ordem e  $N$  o tamanho de amostra.

- Definir as distribuições teóricas de probabilidades candidatas a modelagem das vazões ou cotas máximas por ano hidrológico.

A definição da distribuição teórica de probabilidade é de suma importância, pois valores calculados para um mesmo período de retorno podem apresentar grandes variações quando estimados por diferentes distribuições. Nos estudos de análise de frequência local de máximos por ano hidrológico do projeto de Regionalização são adotadas as distribuições candidatas de dois parâmetros conforme recomendação de Hosking e Wallis (1997). As distribuições candidatas são a distribuições de Gumbel e Log-Normal.

- Calcular os parâmetros das distribuições teóricas de probabilidades candidatas.

A estimativa dos parâmetros das distribuições candidatas é efetuada pelo método dos momentos-L (HOSKING; WALLIS, 1997). O Anexo II apresenta as funções densidade e acumulada de probabilidades das distribuições candidatas e as equações para cálculo dos parâmetros.

- Definir a distribuição teórica que será adotada na modelagem das séries a partir da verificação da aderência à distribuição empírica.

A aderência da distribuição teórica candidata à curva da distribuição empírica é verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A descrição detalhada destes testes é encontrada em Naghettini e Pinto (2007, p. 275-278).

- Estimar os quantis associados a diferentes tempos de retorno.

Após a conclusão das etapas anteriores, calcular os quantis associados a diferentes tempos de retorno de interesse.

### 3 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA LOCAL

A análise de frequência local dos níveis do rio Santa Maria em Rosário do Sul, código 76310000, foi efetuada utilizando a série de cotas máximas por ano civil (01/Jan a 31/Dez), apresentadas no Anexo III, visto que não há definição de início e fim do ano hidrológico na região (MARCUIZZO; MELATI, 2016, 2017). No Anexo III também são apresentados alguns endereços eletrônicos, disponíveis na Internet, de alguns eventos de cheia registrados, em vídeos, da cidade de Rosário do Sul/RS. A distribuição de frequência selecionada foi a Log-Normal (Anexo II). As estatísticas da série de dados, e os parâmetros calculados pelo Método dos Momentos-L, são apresentados no Anexo III. As duas distribuições candidatas, Gumbel e Log-Normal, não foram rejeitadas pelo teste de aderência. A distribuição Log-Normal foi selecionada por apresentar menor desvio padrão dos resíduos entre a distribuição empírica e a teórica. A Figura 04 apresenta o gráfico com as distribuições empírica e teórica ajustadas.

A inversa da distribuição Log-Normal é calculada da seguinte forma:

$$x_T = \text{EXP}(\mu + \sigma \cdot Z_{(1-1/T)}) \quad (01)$$

Em que:

$T$  é o tempo de retorno (anos);

$x_T$  é o quantil associado a tempo de retorno,  $T$ ;

$Z_{(1-1/T)}$  é o valor da variável normal padrão associada a probabilidade  $(1 - 1/T)$ . Pode ser obtida em tabelas ou empregando métodos numéricos para inverter  $\Phi(x)$  apresentada no Anexo II;

$\mu$  é o parâmetro de posição (6,45248);

$\sigma$  é o parâmetro de escala (0,26833).

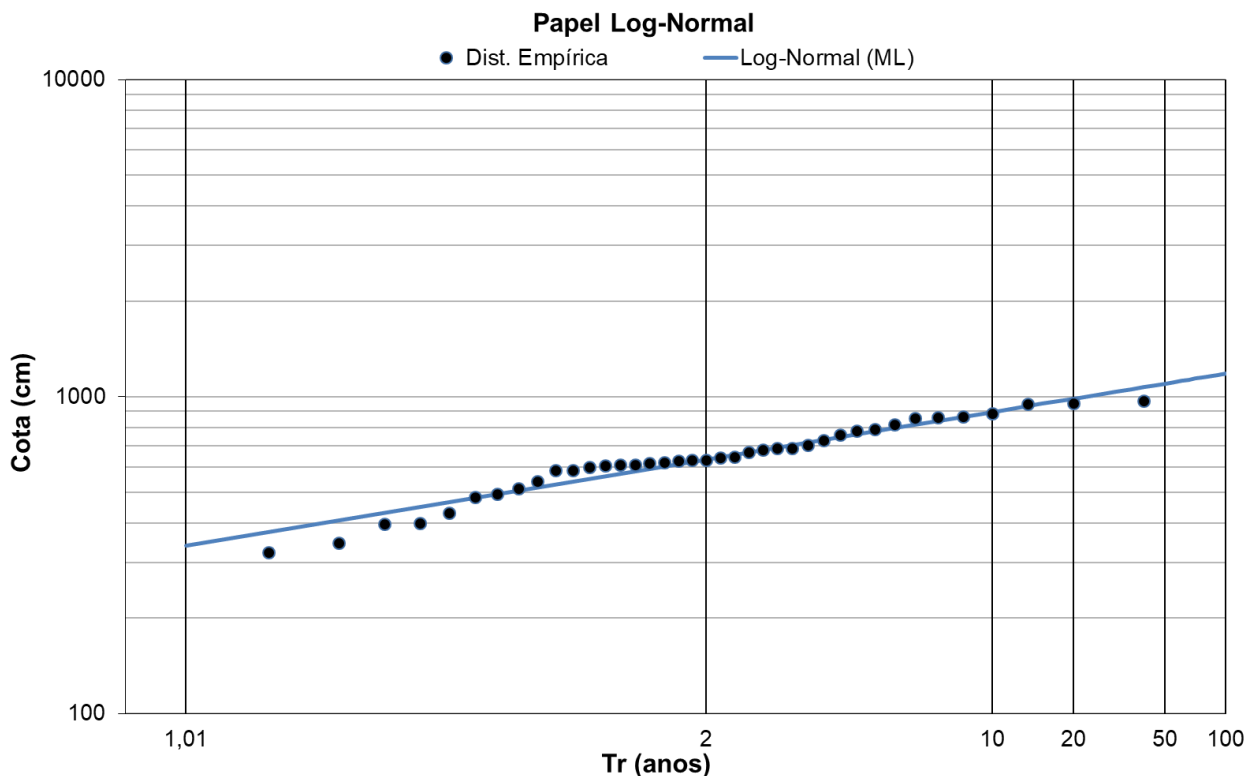


Figura 04 – Ajuste das distribuições empírica e teórica

A equação 01 é válida para tempos de retorno de 1,01 até 100 anos. A Tabela 01 apresenta as cotas associadas a diferentes tempos de retorno da estação Rosário do Sul (76310000) pelo modelo de distribuição de frequência Log-Normal com o Método de Momentos-L.

Tabela 01 – Cotas, em centímetros, para diferentes tempos de retorno, em anos.

Cotas (cm)	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
	634	795	895	949	986	1015	1037	1073	1101	1123	1150	1171	1184

## 4 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

- a) No dia 15/04/1992 o rio Santa Maria, no município de Rosário do Sul/RS, na estação fluviométrica Rosário do Sul (código 76310000), alcançou a cota de 971cm. Qual é o tempo de retorno desta cota? Qual a probabilidade desta cota ser igualada ou superada?

Resposta: *Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessário estimar a variável Normal Padrão da equação 01. Dessa forma temos:*

$$Z_{\left(1-\frac{1}{T}\right)} = \frac{(\ln(x_T) - \mu)}{\sigma} \quad (02)$$

*A cota registrada foi de 971cm, o parâmetro de posição é  $\mu = 6,45248$ , e o de escala é  $\sigma = 0,26833$ . Substituindo os valores na equação 02 temos:*

$$Z_{\left(1-\frac{1}{T}\right)} = \frac{(\ln(971) - 6,45248)}{0,26833} = 1,58703$$

*Levando o valor 1,58703 em uma tabela de Inversa da Distribuição Normal Padrão ou executando a função DIST.NORMP.N do Excel obtém-se:  $P(Z \leq 1,58703) = 0,94375$ .*

*O tempo de retorno será:*

$$T = \frac{1}{1 - P(Z \leq z)} \quad (03)$$

$$T = \frac{1}{1 - 0,94375} = 17,78 \text{ anos}$$

*A probabilidade de a cota ser igualada ou superada será:*

$$P(x_T \geq \text{Cota}) = \frac{1}{T} 100 \quad (04)$$

$$P(x_T \geq 971\text{cm}) = \frac{1}{17,78} 100 = 5,62\%$$

*O tempo de retorno de 17,78 anos, corresponde a probabilidade de 5,62% da cota 971cm ser igualada ou superada em um ano qualquer.*

- b) Qual é o tempo de retorno da cota de atenção em Rosário do Sul (código 76310000) e a probabilidade desta cota ser igualada ou superada em um ano qualquer?

Resposta: *A cota de atenção em Rosário do Sul, código 76310000, em 01/2022, é 450cm. Substituindo este valor e os parâmetros da distribuição Log-Normal com Momentos-L, como no primeiro exemplo, tem-se que o tempo de retorno é de 1,11 anos. A probabilidade da cota de 450cm ser igualada ou superada, em um ano qualquer, é de 90,09%.*

- c) Qual é o tempo de retorno da cota de alerta em Rosário do Sul (código 76310000) e a probabilidade desta cota ser igualada ou superada em um ano qualquer?

Resposta: *A cota de alerta em Rosário do Sul, código 76310000, em 01/2022, é 550cm. Substituindo este valor e os parâmetros da distribuição Log-Normal com Momentos-L, como no primeiro exemplo, tem-se que o tempo de retorno é de 1,42 anos. A probabilidade da cota de 550cm ser igualada ou superada, em um ano qualquer, é de 70,42%.*

- d) Qual é o tempo de retorno da cota de inundação em Rosário do Sul (código 76310000) e a probabilidade desta cota ser igualada ou superada em um ano qualquer?

Resposta: *A cota de inundação em Rosário do Sul, código 76310000, em 01/2022, é 650cm. Substituindo este valor e os parâmetros da distribuição Log-Normal com Momentos-L, como no primeiro exemplo, tem-se que o tempo de retorno é de 2,16 anos. A probabilidade da cota de 650cm ser igualada ou superada, em um ano qualquer, é de 46,30%.*

- e) Uma agroindústria será instalada no município de Rosário do Sul/RS as margens do rio Santa Maria. Considerando a transposição das cotas das réguas da estação Rosário do Sul (código 76310000), até o local de sua instalação, verificou-se que a agroindústria terá sua base instalada na cota 1.165cm (971cm na estação Rosário do Sul, em 15/04/1992, mais 20%). Considerando a análise de frequência de cotas, aqui publicados, qual é o tempo de retorno da cota na base da agroindústria e a probabilidade desta cota ser igualada ou superada pelo rio Santa Maria em um ano qualquer?

Resposta: *Substituindo a cota de 1.165cm e os parâmetros da distribuição Log-Normal com Momentos-L, como no primeiro exemplo, tem-se que o tempo de retorno é de 85,25 anos. A probabilidade da cota de 1.165cm, na base da instalação da agroindústria, ser igualada ou superada pelo rio Santa Maria, em um ano qualquer, é de 1,17%.*

Nota-se, nestes exemplos de aplicação, que os tempos de retornos para as cotas de atenção, com 1,11 anos para 450cm, de alerta, com 1,42 anos para 550cm, e de inundação, com 2,16 anos para 650cm, são curtos, ou seja, há uma grande frequência, quase que anual, que há emissão de boletins pelo SACE Uruguai para a localidade. Conforme já discutido na Introdução, e observado na Figura 04 e Tabela 01, dos 39 valores registrados válidos de cotas máximas DL, apenas em cinco anos, ou seja, somente 13% em relação ao total de observações, possuem cotas máximas anuais menores que a cota de atenção (450cm).

A planilha com os cálculos destes exemplos de aplicação pode ser obtida clicando [AQUI](#). *A planilha só funciona corretamente após baixada da rede para ser utilizada no EXCEL do teu próprio computador. Quando abrir a página do link acima, ir em Arquivo >> Fazer Download.*

## 5 – REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). Bacia do Rio Uruguai. In: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). **Bacias brasileiras do rio da Prata: avaliação e propostas.** [Brasília]: ANA, 2001. Disponível em: <https://docplayer.com.br/12283366-Bacias-brasileiras-do-rio-da-prata-avaliacoes-e-propostas.html>. Acesso: 05 mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). **Hidroweb:** inventário.zip. Brasília, DF: ANA, 2021. Disponível: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>. Acesso: 10 set. 2021.

ALMEIDA, D. B.; KOEFENDER, A.; SOUZA, C. J. R.; MARCUZZO, F. F. N. Diagramas unifilares e mapeamento das estações F, FD, P, Pr e barramentos das sub-bacias 70 a 74 no Rio Uruguai. In: SIMPÓSIO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13., 2016, Aracaju. **Anais...** Aracaju: ABRH, 2016. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17189>. Acesso em: 10 nov. 2021.

BUFFON, F. T.; ROLIM, F. E.; MARCUZZO, F. F. N. Características das seções transversais na modelagem da propagação do escoamento na bacia do rio Uruguai. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu, PR. **Anais[...]** Foz do Iguaçu: ABRH, 2019. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21529>. Acesso em: 05 mar. 2021.

ENCHENTE EM ROSÁRIO DO SUL. [s.l.: s.n.], 2009. 1 vídeo (4,40 min.). Publicado por Dieison Cruz. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5Rqs6bT2mJQ>. Acesso em: 13 set. 2021.

ENCHENTE EM ROSÁRIO DO SUL. [s.l.]: MrSilvia Jornalismo, 2009. 1 vídeo (5,48 min.). Publicado por MrSilvia Jornalismo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=D8eNoyAp0tU>. Acesso em: 13 set. 2021.

ENCHENTE EM ROSÁRIO DO SUL: praia das Areias Brancas. [s.l.: s.n.], 2019. 1 vídeo (0,35 seg.). Publicado por Júlio Cesar Oliveira Lemos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=XHjtp1VBcWE>. Acesso em: 13 set. 2021.

FINCK, J. S. **Estudo preliminar de sistema de alerta para a parte brasileira da bacia do rio Uruguai utilizando modelo de previsão cota-cota.** TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre, p. 104. 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/179893>. Acesso em: 01 dez. 2021.

FINCK, J. S.; GUIMARÃES, G. M.; KOEFENDER, A.; SOUZA, C. J. R.; ALMEIDA, D. B.; MARCUZZO, F. F. N. Diagrama unifilar de dados hidrológicos em bacia hidrográfica: proposta de modelo e passo a passo de como fazer consistindo os dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRH, 2017. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18491>. Acesso em: 13 set. 2021.

FREITAS, M. A. de; MARCUZZO, F. F. N. Aquíferos da bacia hidrográfica do rio Ibicuí no estado do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS



HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRH, 2017. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18488>. Acesso em: 13 set. 2021.

GUIMARÃES, G. M.; FAN, F. M.; MARCUZZO, F. F. N.; BUFFON, F. T.; GERMANO, A. de O. Com qual antecedência conseguimos prever cheias no rio Uruguai usando um modelo hidrológico de grande escala? In: ENCONTRO NACIONAL DE DESASTRES, 1., 2018, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2018. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19640>. Acesso em: 13 set. 2021.

GUIMARÃES, G. M.; FINCK, J. S.; MARCUZZO, F. F. N. Espacialização Pluviométrica da Precipitação Média Mensal na Parte Brasileira da Bacia do Rio Uruguai. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 29.; ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, 28.; FEIRA NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 28., 2017, São Paulo. **Anais eletrônicos[...]** São Paulo: ABES; AESABESP, 2017. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18201>. Acesso em: 02 mar. 2021.

HOELZEL, M.; LAMBERTY, D. **Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa:** Uruguiana, Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 2014. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20144>. Acesso em: 04 mar. 2021.

HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R. **Regional frequency analysis:** an approach based on L - moments. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511529443>. Acesso em: 16 jul. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo 2010.** Brasília, DF: IBGE, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso: 2021.

KOEFENDER, A. Regionalização das vazões Q95%, Q50% e Q7,10 da bacia hidrográfica do Rio Ibicuí. 2015. 120 f. **TCC (Graduação)** - Curso de Engenharia Ambiental, UFRGS/IPH, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/40514>. Acesso em: 13 set. 2021.

KOEFENDER, A.; MARCUZZO, F. F. N. Análise de diferentes MDE no cálculo de área de drenagem e perímetro de estações fluviométricas na Sub-Bacia 76. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: ABRH, 2015. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/15051>. Acesso em: 14 set. 2021.

KOEFENDER, A.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo da delimitação automática das sub-bacias do Rio Ibicuí na Bacia do Rio Uruguai utilizando diferentes MDT. In: SIMPÓSIO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13., 2016, Aracaju. **Anais...** Aracaju: ABRH, 2016a. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17193>. Acesso em: 16 set. 2021.

KOEFENDER, A.; MARCUZZO, F. F. N. Modelo e conceituação de diagrama unifilar de bacia hidrográfica: o caso da sub-bacia 76. **Revista de Geografia**, Recife, v. 33, n. 3, p. 201-229, 2016b. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17524>. Acesso em: 14 set. 2021.

MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. **The Annals of Mathematical Statistics**, Durham, v.18, n. 1, p 50-60, mar, 1947. Disponível em: <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>. Acesso em: 15 set. 2021.

MARCUZZO, F. F. N. Bacia hidrográfica do rio Uruguai: altimetria e áreas. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais[...]** Florianópolis: ABRH, 2017. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18489>. Acesso em: 03 mar. 2021.

MARCUZZO, F. F. N. Mapas e opções de divisão territorial do estado do Rio Grande do Sul por bacias hidrográficas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 49., 2018, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 2018. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19906>. Acesso em: 08 ago. 2022.

MARCUZZO, F. F. N. Bacias hidrográficas e regiões hidrográficas do Brasil: cálculo de áreas, diferenças e considerações. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRH, 2017. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18492>. Acesso em: 08 ago. 2022.

MARCUZZO, F. F. N.; MALDONADO, L. H.; SOUZA, S. A. de. Curva-chave sob efeito de histerese: traçado e ajuste de curva-chave média e em laço. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu, PR. **Anais[...]** Foz do Iguaçu: ABRH, 2019. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21532>. Acesso em: 22 jul 2021.

MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. Caracterização da precipitação pluviométrica mensal nas sub-bacias pertencentes à Bacia do Rio Uruguai. *In*: SIMPÓSIO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13., 2016, Aracaju. **Anais[...]** Aracaju: ABRH, 2016. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17183>. Acesso em: 06 mar. 2021.

MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. Mapeamento da máxima, média e mínima precipitação pluviométrica mensal nas sub-bacias pertencentes às bacias do Rio Uruguai e do Atlântico no trecho Sudeste. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., Santos, SP, 2017. **Anais[...]** Santos, SP: INPE, 2017. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17854>. Acesso em: 06 mar. 2021.

MARCUZZO, F. F. N.; PINTO, E. J. de A. **Análise de frequência de cotas dos Sistemas de Alerta:** Sistema de Alerta Bacia do Rio Uruguai; rio Ibicuí, estação fluviométrica Manoel Viana, código 76560000, município atendido Manoel Viana, RS. Porto Alegre: CPRM, 2022. Programa Gestão de Risco e Resposta a Desastres. Ação Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos. Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22860>. Acesso em: 25 ago. 2022.

MARCUZZO, F. F. N.; PINTO, E. J. de A. **Análise de frequência de cotas dos Sistemas de Alerta:** Sistema de Alerta Bacia do Rio Uruguai; rio Uruguai, estação fluviométrica Passo São Borja, código 75780000, município atendido São Borja, RS.

Porto Alegre: CPRM, 2022. Programa Gestão de Risco e Resposta a Desastres. Ação Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos. Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22858>. Acesso em: 25 ago. 2022.

MARCUZZO, F. F. N.; PINTO, E. J. de A. **Análise de frequência de cotas dos Sistemas de Alerta:** Sistema de Alerta Bacia do Rio Uruguai; rio Uruguai, estação fluviométrica Uruguaiana, código 77150000, município atendido Uruguaiana, RS. Porto Alegre: CPRM, 2022. Programa Gestão de Risco e Resposta a Desastres. Ação Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos. Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22872>. Acesso em: 25 ago. 2022.

MARCUZZO, F. F. N.; PINTO, E. J. de A. **Análise de frequência de vazões dos Sistemas de Alerta:** Sistema de Alerta Bacia do Rio Uruguai; rio Uruguai, estação fluviométrica Uruguaiana, código 77150000, município atendido Uruguaiana. Porto Alegre: CPRM, 2022. Programa Gestão de Risco e Resposta a Desastres. Ação Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos. Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22856>. Acesso em: 25 ago. 2022.

MARCUZZO, F. F. N.; PINTO, E. J. de A. **Análise de frequência de cotas dos Sistemas de Alerta:** Sistema de Alerta Bacia do Rio Uruguai; rio Ibirapuitã, estação fluviométrica Alegrete, código 76560000, município atendido Alegrete, RS. Porto Alegre: CPRM, 2022. Programa Gestão de Risco e Resposta a Desastres. Ação Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos. Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22873>. Acesso em: 25 ago. 2022.

MARCUZZO, F. F. N.; PINTO, E. J. de A. **Análise de frequência de cotas dos Sistemas de Alerta:** Sistema de Alerta Bacia do Rio Uruguai; rio Ibirapuitã, estação fluviométrica Itaqui, código 75900000, município atendido Itaqui, RS. Porto Alegre: CPRM, 2021. Programa Gestão de Risco e Resposta a Desastres. Ação Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos. Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22611>. Acesso em: 25 ago. 2022.

MARCUZZO, F. F. N.; SOUZA, C. J. R.; ALMEIDA D. B. Bacia hidrográfica internacional do rio Uruguai e consistência dos seus divisores de água na escala 1:3.000. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 48., 2016, Porto Alegre. **Anais[...]** São Paulo: SBG, 2016. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17127>. Acesso em: 03 mar. 2021.

MATTIUZI, C. D. P.; BUFFON, F. T. **Sistema de alerta hidrológico da Bacia do rio Uruguai:** relatório anual 2020. Porto Alegre: CPRM, 2020. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21922>. Acesso em: 03 mar. 2021.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Mapeamento fisiográfico básico das sub-bacias pertencentes à Bacia do Rio Uruguai. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS

HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília, DF. **Anais[...]** Brasília, DF: ABRH, 2015. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/15053>. Acesso em: 03 set. 2021.

MULLER, Y. T.; FAN, F. M.; BUFFON, F. T.; MARCUZZO, F. F. N. Efeito da discretização na calibração do modelo MGB-IPH para a Bacia do rio Uruguai. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABRH, 2019. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21544>. Acesso em: 13 set. 2021.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/454>. Acesso em: 03 mar. 2021.

NAITZEL, L. T.; GOLDENFUM, J. A.; MARCUZZO, F. F. N. Recuperação de dados históricos da rede de referência e dos sistemas de alerta do rio Caí, Taquari e Uruguai. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 15., 2020, Brasil. **Anais...** Brasil: ABRH, 2020. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21807>. Acesso em: 13 set. 2021.

PEDROLLO, M. C. R.; SOTÉRIO, P. W.; GERMANO, A. de O. Estudo técnico para instalação e operação de um sistema de alerta hidrológico na bacia do rio Uruguai. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRH, 2017. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18892>. Acesso em: 03 mar. 2021.

PEIXOTO, C. A. B.; HOEZEL, M. **Setorização de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações: São Borja, Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2015. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21389>. Acesso em: 05 mar. 2021.

PINTO, E. J. de A. **Atlas pluviométrico do Brasil: metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico**. Belo Horizonte: CPRM, 2013. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/11560>. Acesso: 03mar.2021.

PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (coord.). **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos**. Brasília, DF: CPRM, 2011. Escala 1.5:000.000. Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade. 1 DVD. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique///Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>. Acesso em: 16 Jul. 2021.

SILVA, D. R. da; SILVA, P. R. da. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes: Alegrete, RS**. Porto Alegre: CPRM, 2013. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20084>. Acesso em: 05 mar. 2021.

SILVA, D. R. da; SILVA, P. R. da. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes: Itaqui, RS**. Porto

Alegre: CPRM, 2013. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20111>. Acesso em: 05 mar. 2021.

SILVA, P. R. da; SILVA, D. R. da. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes**: Rosário do Sul, RS. Porto Alegre: CPRM, 2012. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20134>. Acesso em: 05 mar. 2021.

SOUZA, C. J. R.; ALMEIDA, D. B.; KOEFENDER, A.; MARCUZZO, F. F. N. Diagramas unifilares e mapeamento das estações F, FD, P, PR e barramentos das Sub-bacias 75 a 79 no rio Uruguai. **Revista Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 21, n. 2, p. 65-74, jul./dez. 2017. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17839>. Acesso em: 15 set. 2021.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre: UFRGS. 2002.

WALD, J.; WOLFOWITZ, J. An exact test for randomness in the non-parametric case based on serial correlation. **The Annals of Mathematical Statistics**, Durham, v. 14, n. 4, p. 378-388, dec. 1943. DOI <https://doi.org/10.1214/aoms/1177731358>. Disponível em: <https://projecteuclid.org/journals/annals-of-mathematical-statistics/volume-14/issue-4/An-Exact-Test-for-Randomness-in-the-Non-Parametric-Case/10.1214/aoms/1177731358.full>. Acesso em: 05 mar. 2021.

## ANEXO I

Ficha Descritiva, Ficha Complementar e Croqui  
Estação Fluviométrica de Rosário do Sul, código 76310000

## FICHA DESCRITIVA DE ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA

### Identificação

Código:	76310000	Estação:	ROSÁRIO DO SUL	Tipo:	FDSQT
Região hidrográfica:	Rio Uruguai			Sub-bacia:	76
Bacia:	RIOS URUGUAI				
Município:	Rosário do Sul	Estado:	RS	Roteiro:	96
Latitude:	-30.2420	Longitude:	-54.9160	Altitude (m):	100
Instrumento:	GPS	Datum:	WGS 84		
Área de dren. (km <sup>2</sup> ):	12100	Instalada em:	01/05/1967	Extinta em:	
Coordenador:	ANA	Operador:	CPRM - SUREG/PA		
Código da folha:	2751	Nome da folha:	ROSARIO DO SUL		
Orgão executor:	DSG	Ano:	1982	Escala:	1:100.000

### Localização

- Junto aos pilares da ponte sobre o rio Santa Maria, em Rosário do Sul.

### Acessibilidade

- BR 290, direção Alegre - Porto Alegre, na cidade de Rosário do Sul.

### Seção de réguas

Margem: Margem esquerda  
Réguas: 000-200, 100-300, 300-500, 500-600, 600-700 e 700-1100  
SM1 - 25m a montante da seção de réguas

### Referências de nível

RN04 = 7116  
RN06 = 12562  
RN07 = 14957

### Seções e processos de medição

SM1 - 25m a montante da seção de réguas

Processo de medição: Vau/Ponte/Barco

Equipe:

Data: 29/05/2021

Estação: ROSÁRIO DO SUL

Código: 76310000

### Potamografia

#### Características do trecho

Regime: Perene                      Conformação: Retilínea                      Fundo: Irregular

#### Posição em relação à rede

Montante: DOM PEDRITO

Jusante:

#### Natureza e inclinação das margens

Esquerda: Média                      Arenosa com Vegetação de Médio Porte

Direita: Média                      Arenosa com Vegetação de Médio Porte

#### Leito

Natureza: Arenosa Sem Vegetação

#### Controle

Controle: Canal                      Localização: - Junto aos                      Distância

#### Observador

Nome:

Apelido:

Endereço:

Complemento:

Bairro:

Município: Rosário do Sul

Estado:

Rio Grande do Sul

CEP:

Telefone fixo:

Celular:

Autorizado:

Apelido:

Endereço:

Complemento:

Telefone fixo:

Celular:

Leiturista:



Observações

Equipamentos

---

Equipe:

Estação: ROSÁRIO DO SUL

Data: 29/05/2021

Código: 76310000

---

## ROT 96 – Rosário do Sul – 76310000/03054007 – PFDSQT

### Objetivos do monitoramento

A estação fluviométrica Rosário do Sul está instalada no rio Santa Maria, na área urbana da cidade de Rosário do Sul, sendo a única neste curso d'água. Dentro da rede hidrometeorológica nacional de referência, os objetivos deste ponto de monitoramentos são:

- Eventos hidrológicos críticos.
- Mudanças e tendências de longo prazo.
- Qualidade da água.

### Características físicas da estação

A estação automática está localizada na cabeceira da ponte da BR-158 sobre o rio Santa Maria junto da seção de réguas. A PCD está alocada em um poste metálico à aproximadamente 3m de altura. A antena, painel solar e o pluviômetro automático da estação estão fixados em um suporte de duas hastes sobre a caixa da PCD, os equipamentos podem ser acessados utilizando uma escada móvel. O sensor de nível é do tipo radar e está fixado junto da estrutura da ponte a cerca de 110m do poste da PCD, a comunicação entre o radar e a PCD é realizada através de um cabo ancorado na lateral da estrutura da ponte. A manutenção do radar requer a comunicação prévia da polícia rodoviária federal, para que proceda com o isolamento de uma das faixas da ponte.

### Medição de descarga

A medição de descarga é realizada de forma embarcada, com medidor acústico do tipo M9. As seções de medição são muito variáveis, pois existem grandes variações no leito, que ocorrem devido à granulometria muito fina dos sólidos.

### Controle

Esta estação possui controle de canal em toda a amplitude de cotas.

### Cota $H_0$

Não aplicável.

### Referências de Nível

- RN6 - 12562;
- RN4 - 7116;
- PA 066 - 14779;

### Descrição dos equipamentos

A estação possui monitoramento automático com amostragem a cada 15 minutos e transmissão via satélite a cada 1 hora.

Instalação da telemétrica: 2018

Padrão de conexão: conector militar de 4 vias.

ID GOES: BE421266, canal primário: 21, horário de transmissão: 00:30:50;

Modem: Vaissala 2º geração (preto);

Chave TASC0 padrão Hobeco;

Fabricante: Hobeco/Vaissala;

DataLogger: Vaissala QML201C;

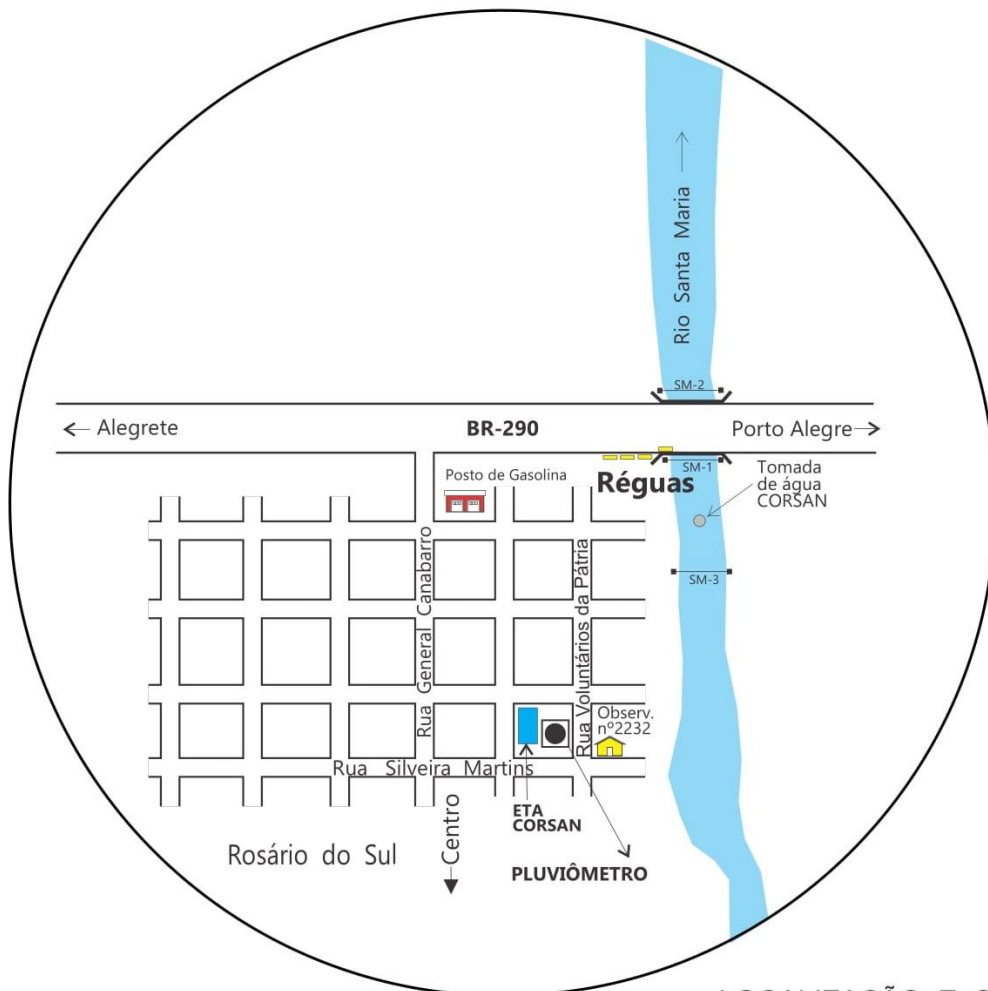
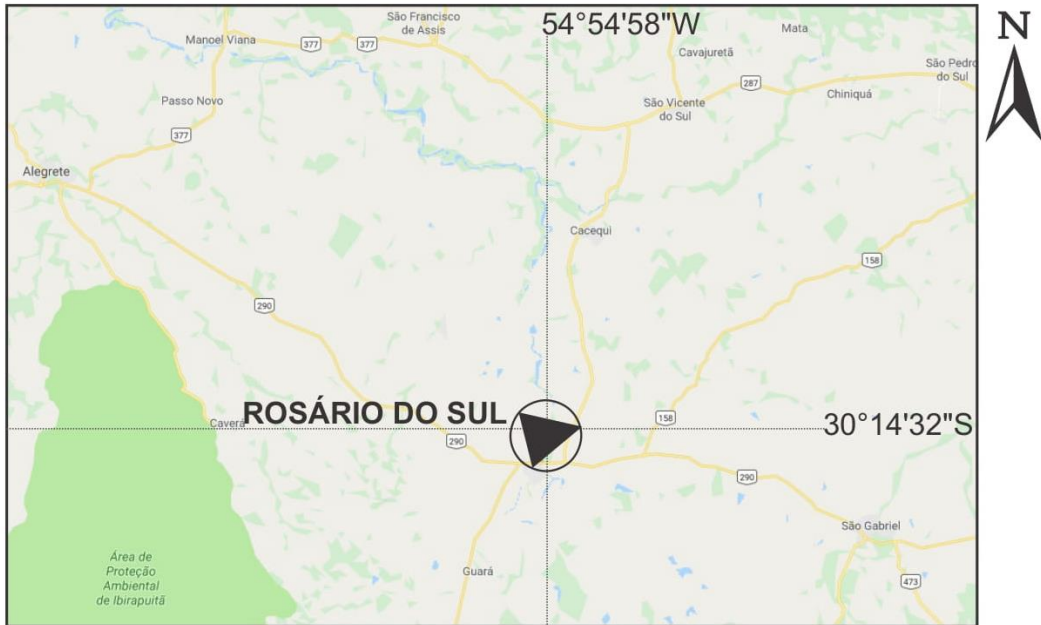
Bateria (12V e 26 Ah);

Sensor de nível tipo radar Sebal;

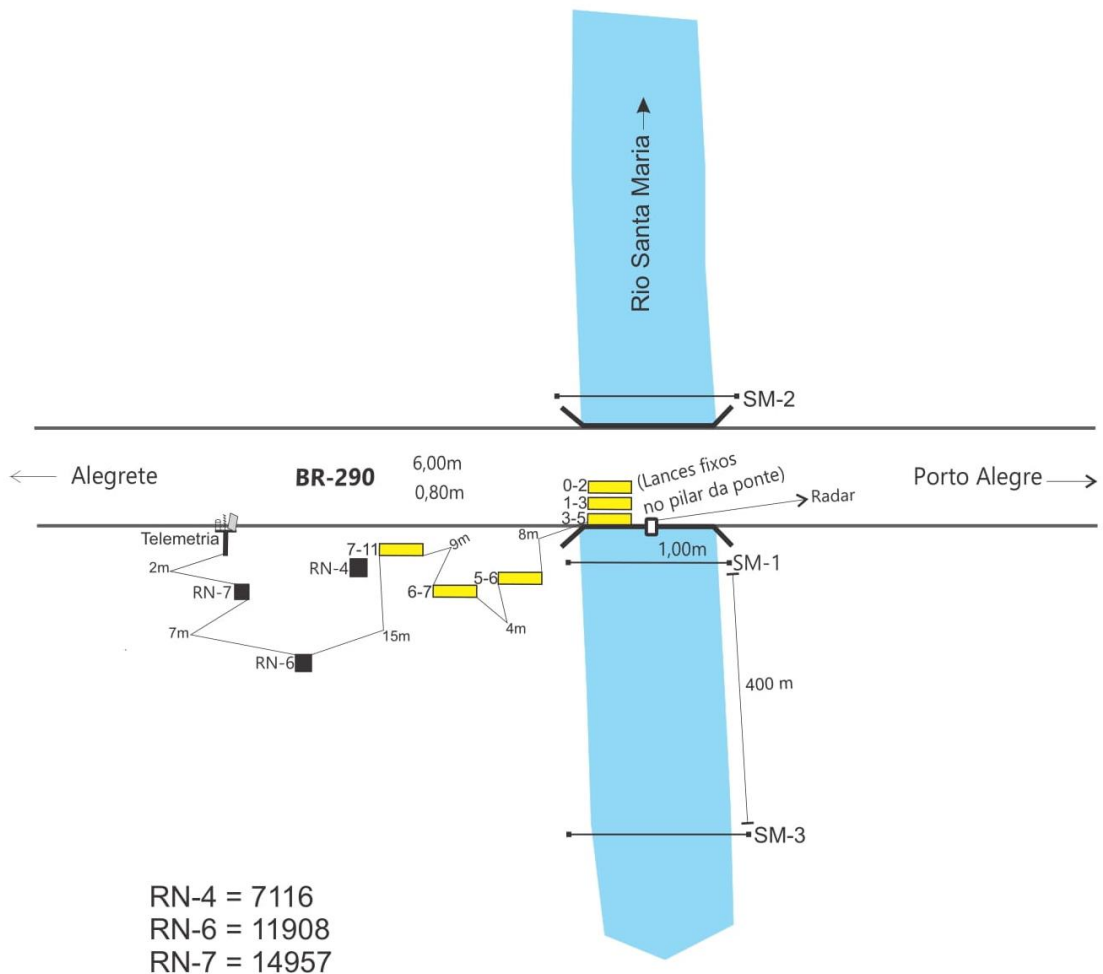
Cabo de comunicação militar – serial e conversor;

Pluviômetro tipo TB4, teste de calibração realizado com 15,7 mm na proveta padrão (resultando 20 mm de resposta), tolerável 10% de erro;

Número de patrimônio ANA: 21869



LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO  
 ROSÁRIO DO SUL  
 CÓDIGO: 76310000  
 22/03/2019



RIO SANTA MARIA EM ROSÁRIO DO SUL  
22/03/2019

ANEXO II  
Distribuição de Gumbel, Log-Normal e Normal.

## ANEXO II

### DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL

- Função Densidade de Probabilidade

$$f_X(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-\beta}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right]$$

$\alpha$  = Parâmetro de escala       $\beta$  = Parâmetro de posição

Limites:  $-\infty \leq x < \infty$

- Função Acumulada de Probabilidades

$$F_X(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right]$$

- Inversa da função acumulada

$$x = \beta - \alpha \ln[-\ln(F(x))]$$

- Momentos L

$$\lambda_1 = \beta + \alpha\gamma_E \quad \lambda_2 = \alpha \ln(2) \quad \lambda_3 = \alpha[2\ln(3) - 3\ln(2)] \quad \lambda_4 = \alpha[5\ln(4) - 10\ln(3) + 6\ln(2)]$$

$$\tau_3 = 0,1699 \quad \tau_4 = 0,1504$$

- Estimativa dos parâmetros pelos momentos-L

$$\hat{\alpha} = \frac{l_2}{\ln(2)}$$

$$\hat{\beta} = \frac{l_1}{\gamma_E \hat{\alpha}}$$

Onde  $l_1$  e  $l_2$  são os momentos-L amostrais e  $\gamma_E = 0,5572157$  é a constante de Euler.

Fonte: Hosking e Wallis (1997).

## ANEXO II

### DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL

Os dados transformados pelo logaritmo natural,  $Ln(x)$ , se distribuem como uma normal

### DISTRIBUIÇÃO NORMAL

- Função Densidade de Probabilidade

$$f_X(x) = \frac{1}{\sigma} \phi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$$

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}x^2\right)$$

Parâmetros:  $\mu$  é o parâmetro de posição e  $\sigma$  é o parâmetro de escala

Limites:  $-\infty \leq x < \infty$

- Função Acumulada de Probabilidades

$$F_X(x) = \Phi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$$

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \phi(t) dt$$

- Inversa da função acumulada

$x(F)$  não possui forma analítica

- Momentos-L

$$\lambda_1 = \mu \quad \lambda_2 = 0,5642\sigma = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sigma \quad \tau_3 = 0 \quad \tau_4 = 0,1226 = [30\pi^{-1}\arctan(\sqrt{2})] - 9$$

- Estimativa de parâmetros pelos momentos-L

$$\hat{\mu} = \lambda_1 \quad \hat{\sigma} = \lambda_2\sqrt{\pi}$$

Observação: Inicialmente os dados são transformados pelo logaritmo natural,  $Ln(x)$ . Em seguida são calculados os momentos-L e depois os parâmetros.

Fonte: Hosking e Wallis (1997).

ANEXO III  
Série de Dados Utilizados – Cotas (cm)  
Estatística da Série de Dados Utilizados – Cotas (cm)



### ANEXO III

#### Série de Dados Utilizados – Cotas (cm)

Máximos por ano civil (01/Jan a 31/Dez) devido a boa uniformidade de distribuição de volume de precipitação pluviométrica no decorrer dos meses do ano (MARCUIZZO e MELATI, 2016, 2017). Parte dos dados abaixo foram recuperados por meio do trabalho projetado e executado por Naitzel, Goldenfum e Marcuzzo (2020).

Nº	Data do Registro	Cota (cm)	Observações
1	11/08/1974	493	*DL. Verificado janeiro, março, junho, setembro, outubro e dezembro. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
2	04/10/1975	609	DL. Verificado junho. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
3	08/08/1976	616	DL
4	03/08/1977	690	DL. Verificado maio. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
5	01/08/1978	632	DL
6	03/10/1979	628	DL
7	25/10/1982	706	DL. Verificado março e outubro. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
8	01/03/1983	730	DL
9	27/05/1984	759	DL. Verificado abril. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
10	05/04/1985	587	DL. Verificado de janeiro a abril, julho e novembro. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
11	17/04/1986	682	DL. Verificado fevereiro e de junho a dezembro. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
12	20/04/1991	854	DL
13	15/04/1992	<b>**971</b>	<b>DL. Maior cota registrada dessa série histórica estudada.</b>
14	14/05/1993	791	DL. Verificado julho. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
15	04/08/1994	620	DL
16	20/07/1995	611	DL
17	11/04/1996	398	DL
18	29/12/1997	954	DL
19	01/01/1998	782	DL
20	19/10/1999	430	DL
21	25/09/2000	481	DL
22	05/09/2001	947	DL
23	28/04/2002	866	DL
24	03/05/2003	669	DL
25	15/09/2004	346	DL. Verificado dezembro. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.

Nº	Data do Registro	Cota (cm)	Observações
26	16/09/2005	540	DL. Verificado de janeiro a maio e agosto. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
27	22/08/2007	605	DL
28	22/08/2008	397	DL
29	22/11/2009	886	DL
30	29/07/2010	586	DL. Verificado dezembro. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
31	05/10/2011	323	DL. Verificado janeiro, novembro e dezembro. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
32	13/10/2012	646	DL. Verificado janeiro e março. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
33	15/11/2013	633	DL. Verificado junho. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
34	27/07/2014	514	DL
35	25/12/2015	859	DL
36	29/04/2016	641	DL
37	18/09/2017	687	DL. Verificado junho e outubro. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
38	04/10/2018	599	DL
39	14/01/2019	817	DL. Verificado março. Faltavam dados para fechar a estatística destes meses no Hidro.
40	18/06/2020	***230	DL. Cota de 230cm em 18/06/2020 era menor que o Limite Inferior do teste de GRUBBS E BECK (243cm).

Valores obtidos através da análise do gráfico de cotas com o apoio das estações 76300000 (Ponte Ibicuí da Armada) e 76251000 (Dom Pedrito) a montante e 76500000 (Jacaqua) a jusante, para anos completos (com todos os dados de cota preenchidos e todas as estatísticas calculadas) e sem boletim escaneizado.

Valores obtidos através da análise do gráfico de cotas com o apoio das estações 76300000 (Ponte Ibicuí da Armada) e 76251000 (Dom Pedrito) a montante e 76500000 (Jacaqua) a jusante, pois faltaram dados de cota dupla leitura em alguns meses e as estatísticas não foram calculadas para todos os meses do ano (anos incompletos).

Valores obtidos através da análise do gráfico de cotas com o apoio das estações 76300000 (Ponte Ibicuí da Armada) e 76251000 (Dom Pedrito) a montante e 76500000 (Jacaqua) a jusante e do boletim escaneizado de dupla leitura de cotas - para anos completos (com todos os dados de cota preenchidos e todas as estatísticas calculadas).

\* DL – Dupla Leitura (07h00 e 17h00) – Horário de Brasília.

\*\* Atenção: A maior cheia histórica, até a presente data (01/2022), registrada na estação Rosário do Sul (76310000), foi em 15/04/1992, quando alcançou a cota de 971cm as 17h, considerando os dados do banco de cotas médias e do banco cotas dupla leitura.

\*\*\* Dado não utilizado devido ao teste de limite de Grubbs e Beck.

## ANEXO III

### Estatística da Série de Dados Utilizados – Cotas (cm)

Vídeos na INTERNET registrando cheias no rio Santa Maria em Rosário do Sul/RS.

1. ENCHENTE EM ROSÁRIO DO SUL: <https://www.youtube.com/watch?v=5Rqs6bT2mJQ>.
2. ENCHENTE EM ROSÁRIO DO SUL: <https://www.youtube.com/watch?v=D8eNoyAp0tU>.
3. ENCHENTE EM ROSÁRIO DO SUL: praia das Areias Brancas: <https://www.youtube.com/watch?v=XHjtp1VBcWE>.

Estatísticas da série de máximos por ano civil (01/Jan a 31/Dez). Optou-se pelo ano civil devido a uniformidade de distribuição de chuva nos meses do ano e a impossibilidade de se estabelecer um mês para início e fim do ano hidrológico, conforme Marcuzzo e Melati (2016, 2017).

#### Estatísticas da Série

Média cm	Desvio-Padrão cm	Máximo cm	Mínimo cm	Amplitude cm	Assimetria	Mediana cm	1º Quartil cm	3º Quartil cm	AIQ cm
656,0	165,4	971,0	323,0	648,0	0,0	633,0	586,5	770,5	184,0

#### Estatísticas da série transformada: Ln(X)

Média	Desvio-Padrão	Máximo	Mínimo	Amplitude	Assimetria	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	AIQ
6,45248	0,27061	6,87833	5,77765	1,10067	-0,65190	6,45047	6,37417	6,64693	0,27276

#### Momentos-L e Razões-L

$l_1$	$l_2$	L-CV	L-SKEW	L-KURT
656,0256	94,3603	0,1438	0,0143	0,1480

#### Momentos-L e Razões-L da série transformada: Ln(X)

$l_1$	$l_2$	L-CV	L-SKEW	L-KURT
6,4525	0,1514	0,0235	-0,1194	0,1747

Função Acumulada de Probabilidade da Log-Normal para Máximos ( $\mu$  e  $\sigma$  são parâmetros da distribuição Log-Normal)

$$F_X(x) = \Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right), \text{ onde } \Phi(x) = \int_{-\infty}^x \phi(t)dt$$

Inversa da distribuição Log-Normal:  $x(F)$  não possui forma analítica

Parâmetros da Distribuição Log-Normal

Fonte: Hosking e Wallis (1997), páginas 193 e 194.

$$\text{Momentos-L: } \lambda_1 = \mu \quad \lambda_2 = 0,5642\sigma = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sigma \quad \text{Parâmetros: } \hat{\mu} = \lambda_1 \quad \text{e} \quad \hat{\sigma} = \lambda_2\sqrt{\pi}$$

Distribuição	Posição ( $\mu$ )	Escala ( $\sigma$ )
Log-Normal ( $\mu, \sigma$ )	6,45248110	0,26832559



## Projeto de regionalização de vazões nas bacias hidrográficas brasileiras

### Análise de Frequência de Cotas dos Sistemas de Alerta

#### ENDEREÇOS

##### Sede

SGAN- Quadra 603 – Conjunto J – Parte A – 1º andar  
Brasília – DF – CEP: 70.830-030  
Tel: 61 2192-8252  
Fax: 61 3224-1616

##### Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 – Urca  
Rio de Janeiro – RJ – CEP: 22.290-255  
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382  
Fax: 21 2542-3647

##### Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 – Santa Teresa  
Porto Alegre – RS – CEP: 90.840-030  
Tel.: 51 3406-7300  
Fax: 51 3233-7772

##### Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil, 1.731 – Funcionários  
Belo Horizonte – MG – CEP: 30.140-002  
Tel.: 31 3878-0376  
Fax: 31 3878-0383