

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL



NOTA TÉCNICA

Aferição direta e avaliação indireta do nível máximo de rios em estações fluviométricas e marcas de inundação no Rio Grande do Sul na grande cheia de maio de 2024

2ª Versão. Atualizada em 28/08/2024.

Agosto, 2024



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO
FEDERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Inácio Cavalcante Melo Neto

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Andrea de Oliveira Germano

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Emanuel Duarte Silva

EQUIPE RESPONSÁVEL PELO LEVANTAMENTO DE CAMPO

Rubens Esteves Kenup

Heber Paz Zanetti

Lavitor Benvenuto

Eduardo da Silveira Wilson

Matias Pacheco de Oliveira

Christian Cardoso Acosta

Francisco Fernando Noronha Marcuzzo

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL – DHT
Departamento de Hidrologia
Divisão de Hidrologia Aplicada

Programa de Gestão de Risco e Desastres

AÇÃO LEVANTAMENTOS, ESTUDOS, PREVISÃO E ALERTA DE EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS

NOTA TÉCNICA: Aferição direta e avaliação indireta do nível máximo de rios do Rio Grande do Sul na grande cheia de maio de 2024

AUTORES

Francisco Fernando Noronha Marcuzzo

Rubens Esteves Kenup

Heber Paz Zanetti

Lavitor Benvenuti

Matias Pacheco de Oliveira

Eduardo da Silveira Wilson

Christian Cardoso Acosta

Rejane Bao

Porto Alegre
Agosto, 2024



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1.	OS SISTEMAS DE ALERTAS HIDROLÓGICOS DO TAQUARI, CAÍ E URUGUAI NA CHEIA.....	12
1.2.	RESUMO DO ACUMULO DE CHUVA DA GRANDE INUNDAÇÃO DE MAIO DE 2024	13
2	METODOLOGIA UTILIZADA NOS LEVANTAMENTOS DOS NÍVEIS DA INUNDAÇÃO.....	13
3	DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO NA BACIA DO RIO CAÍ.....	15
4	DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO NA BACIA DO RIO TAQUARI .	10
4.1	DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO EM MUÇUM	10
4.2	DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO EM ENCANTADO	11
4.3	DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO EM ESTRELA E LAJEADO	14
4.4	DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO EM BOM RETIRO DO SUL E NO DISTRITO DE MARIANTE, PERTENCENTE AO MUNICÍPIO DE VENÂNCIO AIRES...	18
5	DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO DE MARCAS DE CHEIA EM ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS EM OUTRAS SUB-BACIAS NO RIO GRANDE DO SUL..	20
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
	APÊNDICE.....	Erro! Indicador não definido.
	AGRADECIMENTOS	24

1 INTRODUÇÃO

A maioria dos municípios do Rio Grande do Sul, entre o final de abril e o início do mês de maio de 2024, passou pelo maior evento de inundação já registrado no Estado. O pico da inundação na bacia do Taquari e Caí, que foram duas das mais afetadas, entre outras bacias, ocorreu entre os dias 01 e 03 de maio de 2024. Como consequência deste desastre hidrológico, sem precedentes registrados nas séries históricas das estações fluviométricas no Rio Grande do Sul, a maioria das Plataformas de Coleta de Dados (PCDs), com telemetria operadas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB), e de outros órgãos governamentais e privados, foram levados pela correnteza dos rios ou sofreram danos severos nos equipamentos, como nos sensores de níveis dos rios. Por conseguinte, a operação dos Sistemas de Alertas Hidrológicos (SAHs) das bacias dos rios Taquari e Caí, feita pelo SGB, foi seriamente comprometido durante o evento.

Diante desta situação, e a fim de gerar dados públicos de cotas do evento de inundação do início de maio de 2024, o Serviço Geológico do Brasil executou vários levantamentos de cotas em pontos registrados da cheia em alguns dos municípios atingidos na bacia do rio Taquari. Equipes do SGB, que estavam em campo durante o evento, contribuíram para registrar a maior cota atingida pelos rios no decorrer da inundação. Outros registros que marcam a maior cota da cheia, em várias localidades da bacia do Taquari, foram obtidos com ajuda das prefeituras, universidades e a população local em geral. Os levantamentos das marcas de cheia foram executados entre maio e julho de 2024, com início durante o processo de descenso do rio Taquari, indo até o processo de início de reconstrução das estações utilizadas nos SAHs e da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN).

Importante ressaltar que o Serviço Geológico do Brasil possuía equipes no campo que estavam executando outros serviços que, mediante a força e intensidade do que estava ocorrendo, foram deslocadas e/ou, se já no próprio local, reaproveitadas para o acompanhamento da inundação na bacia, o que corroborou para vários registros das marcas da cheia por todo o estado do Rio Grande do Sul.

Igualmente importante registrar, é o evento de inundação que ocorreu entre os dias 11 e 14 de maio de 2024, que, apesar de bem menor que o que ocorreu entre 01 e 03 de maio de 2024, também atingiu cotas elevadas de inundação nos municípios da bacia do rio Taquari, que, por já estarem em situação de calamidade, fez com que perdurasse os efeitos da grande cheia anterior.

Portanto, ressalta-se que, a presente nota técnica, tem o objetivo direto e específico de informar a cota e a localização de marcas de cheia registradas pelo próprio Serviço Geológico do Brasil ou pelas prefeituras, universidades ou a população local, e que foram levantadas por equipes técnicas de funcionários do Serviço Geológico do Brasil, não só na bacia hidrográfica do rio Taquari e Caí, mas nas outras

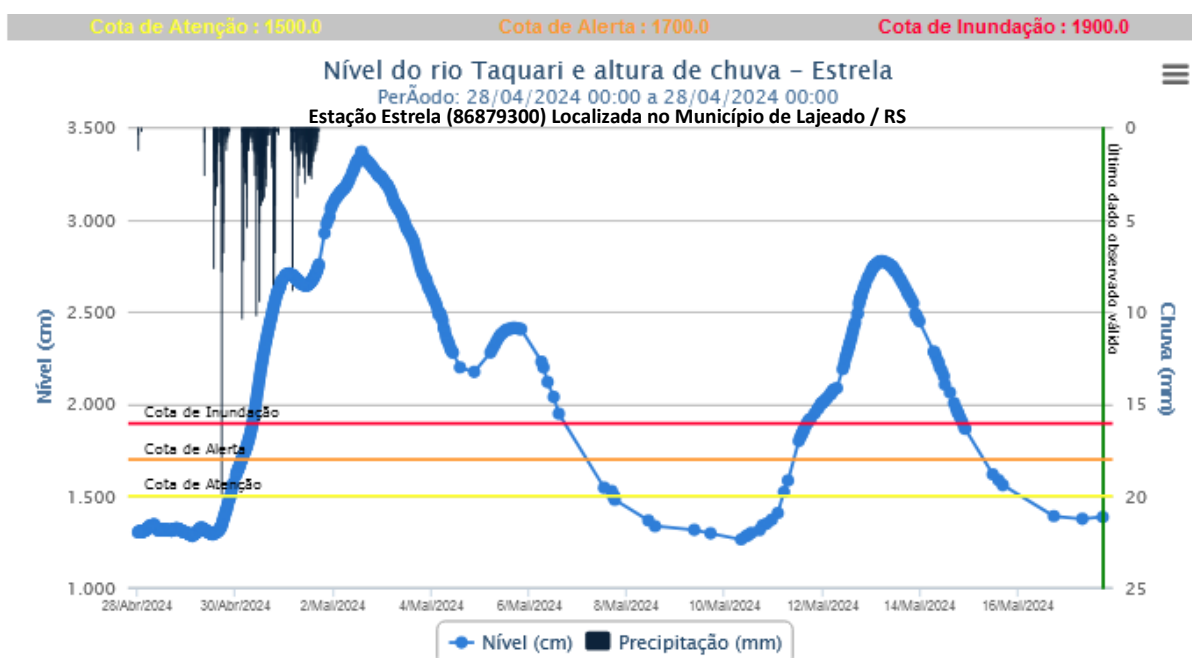
bacias do estado do Rio Grande do Sul, referente ao evento da grande inundação ocorrida no início de maio de 2024.

1.1. OS SISTEMAS DE ALERTAS HIDROLÓGICOS DO TAQUARI, CAÍ E URUGUAI NA CHEIA

Durante este evento de inundação, o Serviço Geológico do Brasil emitiu 28 boletins de alerta hidrológico do SAH do Taquari (www.sgb.gov.br/sace/taquari), sendo o primeiro emitido as 6h00 do dia 30/04/2024 e o último as 22h00 do dia 06/05/2024. Já na bacia do rio Caí, o Serviço Geológico do Brasil emitiu 12 boletins de alerta hidrológico do SAH do Caí (www.sgb.gov.br/sace/cai), sendo o primeiro emitido as 21h00 do dia 29/04/2024 e o último as 17h00 do dia 03/05/2024. Na bacia do rio Uruguai, que não foi tão severamente afetada neste evento como as bacias do Taquari e Caí, o Serviço Geológico do Brasil emitiu ininterruptamente 84 boletins de alerta hidrológico do SAH Uruguai (www.sgb.gov.br/sace/uruguai), contando das 21h00 do dia 29/04/2024 até as 1600 do dia 01/06/2024. Nota-se que, devido a resposta lenta dos níveis do rio Uruguai na parte baixa da bacia em território brasileiro, tanto no processo de ascensão dos níveis como no de descenso, o mesmo permaneceu em alerta por um tempo prolongado, visto que houve precipitações pluviométricas significativas no Alto e Médio Uruguai durante quase todo o mês de maio de 2024.

Durante o evento, o Serviço Geológico do Brasil possuía equipes no campo que conseguiram acompanhar o evento da inundação nas bacias, o que corroborou para vários registros de marcas da cheia. No município de Lajeado, por exemplo, havia uma equipe no campo para fazer um levantamento digital do terreno, na bacia do Taquari, que, devido ao evento e à perda do sensor e dos equipamentos de telemetria, foi reaproveitada para o monitoramento em tempo real das cotas do rio Taquari na localidade. Com isso foi possível, como pode-se observar na Figura 1, registrar em campo as cotas de ascensão e descenso do rio Taquari em Lajeado (estação Estrela 86879300) na grande cheia de 01 a 03 de maio de 2024 e de 11 a 14 do mesmo mês.

Figura 1. Gráfico gerado pelo SACE-SGB mostrando as cotas de 02 e de 13/05/2024.



1.2. RESUMO DO ACUMULO DE CHUVA DA GRANDE INUNDAÇÃO DE MAIO DE 2024

Em nota técnica (Collischonn *et al.*, 2024) publicada pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em trabalho conjunto com pesquisadora do Serviço Geológico do Brasil, concluiu-se que choveu mais no período que antecedeu a enchente da bacia hidrográfica do Guaíba em maio 2024 do que na grande cheia de maio de 1941 (Silveira, 2020). Segundo publicado na nota técnica, no evento de 2024 a chuva sobre a bacia hidrográfica do Guaíba iniciou, efetivamente, no dia 04 de abril, mas ainda de forma relativamente fraca, prosseguindo com algumas interrupções até o dia 27 de abril. Com isto verifica-se que o solo da bacia já vinha em processo de grande acúmulo de umidade. Observa-se na nota técnica que, entre o final de abril e o dia 03 de maio, a chuva acumulada teve seu volume aumentado muito rapidamente, e já no dia 05 de maio de 2024, data da ocorrência do nível máximo do rio Guaíba em Porto Alegre, a chuva acumulada na bacia hidrográfica já atingia o volume de 652 mm. Os autores concluem, de forma objetiva que, a chuva que resultou na cheia de 2024 na bacia hidrográfica do Guaíba, foi maior do que a chuva que resultou na cheia de 1941.

2 METODOLOGIA UTILIZADA NOS LEVANTAMENTOS DOS NÍVEIS DA INUNDAÇÃO

As informações de cotas das manchas de inundação aqui apresentadas, foram coletadas de duas formas. A primeira foi utilizando nível topográfico, que é um instrumento ótico, muito utilizado na instalação e manutenção de réguas linimétricas em estações fluviométricas. O nível topográfico possui o objetivo de determinar a diferença de nível (cota) existente entre dois pontos topográficos quaisquer, como neste caso, que foi determinar a diferença de nível entre as réguas linimétricas existentes (RN – Referência de Nível) e a marca de cheia, visto que, próximo as estações fluviométricas, a inundação atingiu cotas que não haviam réguas linimétricas instaladas. Foi realizado um levantamento (Figuras 2 e 3) com GPS-RTK [Global Position System - Real Time Kinematic (Sistema de Posicionamento Global - Posicionamento Cinemático em Tempo Real)] para levantamento de pontos de interesse e definição de altitude normal baseada no modelo geoidal hgeoHNOR_IMBITUBA, fornecido pelo IBGE. Assim, para determinação das coordenadas planialtimétricas das marcas deixadas pela grande cheia de maio de 2024, foram utilizados um par de receptores GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) com a metodologia denominada Estático Rápido. Tal metodologia se caracteriza por uma “base” onde um dos equipamentos fica coletando dados de satélites por um longo período de tempo, pelo menos quatro horas ininterruptas, em local de boa recepção de satélites, enquanto o receptor móvel ocupa por alguns poucos minutos (5 a 10 minutos) o ponto que se quer determinar as coordenadas (latitude, longitude e altitude). As coordenadas das “bases” foram determinadas pelo método denominado PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) no site (<https://servicodados.ibge.gov.br/api/docs/ppp?versao=1>) do IBGE

(Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2023) e o processamento dos pontos das marcas de cheia através do programa computacional TBC (*Trimble Business Center*). Com o objetivo de manter o padrão utilizado na Rede Hidrometeorológica Nacional, os valores das finais das altitudes foram baseados no modelo geoidal MAPGEO2015 (IBGE), tendo como resultado altitudes ortométricas.

Figura 2. Levantamento com GPS-RTK na estrutura da eclusa de Bom Retiro do Sul.



Figura 3. Levantamento com GPS-RTK na cidade de Bom Retiro do Sul (a) e em Lajeado (b).



3 DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO NA BACIA DO RIO CAÍ

A área de drenagem do rio Caí, segundo a publicação de Tschiedel, Pickbrenner e Marcuzzo (2012) é de 4.976 km². Abaixo segue a Tabela com as informações do levantamento dos níveis da grande cheia de maio de 2024, nas estações fluviométricas operadas pelo SGB na bacia do rio Caí. Os dados são em relação aos RNs / seções de réguas das respectivas estações fluviométricas.

Tabela 1. Dados de cotas niveladas, da grande cheia de maio de 2024, em estações fluviométricas da bacia do rio Caí, operadas pelo Serviço Geológico do Brasil.

Nome da Estação Fluviométrica	Código	RN da Estação	Ré	PR	Vante	Cota (mm)	Cota (m)
Barca do Caí	87170000	11525	1289	12814	*(-4694)	17508	17,51
Costa do rio Cadeia Montante	87230000	12115	1885	14000	1840	12160	12,16
Linha Gonzaga	87150000	8670	1365	10035	719	9316	9,32
Nova Palmira	87160000	9812	2550	12362	1585	10777	10,78
Passo Montenegro	87270000	8755	968	9723	*(-300)	10023	10,02
São Vendelino	87168000	7040	600	7640	1278	6362	6,36

*Régua invertida.

4 DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO NA BACIA DO RIO TAQUARI

Considerando a área de drenagem da bacia do rio Taquari, que segundo a publicação de Melati e Marcuzzo (2015) é de 26.373 km², foi mapeado uma pequena porção de terreno com as cotas máximas atingidas na grande inundação de maio de 2024. Os municípios que tiveram o mapeamento das cotas de cheia foram, de montante para jusante no rio Taquari, os seguintes: Muçum, Encantado, Estrela, Lajeado e Bom Retiro do Sul. Goldenfum *et al.* (2023), Marcuzzo e Pinto (2024) e Soares e Marcuzzo (2024) publicaram informações sobre as inundações de 2023 e 2024, importantes para o entendimento dos dados de cotas de marcas de cheia aqui publicados.

4.1 DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO EM MUÇUM

Em Muçum / RS, na grande cheia de maio de 2024, a cota registrada por leiturista foi 26,00 m, na madrugada do dia 02/05/2024, conforme relatado por Marcuzzo e Pinto (2024). Os autores também citam que a maior cota histórica registrada na estação fluviométrica Muçum (86510000), com área de drenagem aproximada de 16.000km², foi 26,108 m, alcançada por volta das 2h30min do dia 05/09/2023, na maior cheia da história registrada no município de Muçum/RS. Essa cota, segundo os mesmos autores, foi nivelada pela equipe de hidrotécnicos do SGB de Porto Alegre, no dia 08/09/2023, ou seja, três dias após o pico do maior evento de inundação do município. Um maior detalhamento sobre a cheia de maio de 2024, e a diferença com as de setembro e novembro de 2023, pode ser encontrada na publicação de Marcuzzo e Pinto (2024).

A Tabela 2 mostra os dados de cotas rastreadas e/ou niveladas, pela equipe do Serviço Geológico do Brasil, no município de Muçum / RS, referente a grande inundação do início de maio de 2024.

Tabela 2. Dados de cotas rastreadas e/ou niveladas, no município de Muçum / RS, referente a grande inundação do início de maio de 2024.

Marcas de Cheia em Muçum da Cheia de Maio de 2024	Latitude Sul (Global)	Longitude Oeste (Global)	Direção Norte UTM	Direção Leste UTM	Altitude Geométrica (Elipsoide)	Observação do Vetor GNSS.RMS	Observação do Vetor GNSS.Precisão H.	Observação do Vetor GNSS.Precisão V.	Observação do Vetor GNSS.PDOP	Observação do Vetor GNSS.Satélites	Observação do Vetor GNSS.Duração	Ondulação Geoidal (N)	Altitude Ortométrica	Zero da Régua	Cota em Relação Seção de Réguas (m)
Base na Prefeitura	29°09'59,14180"	51°52'16,65000"	6773261,35	415270,82	69,80	-	-	-	-	-	-	6,47	63,33	-	-
RN01 26990	29°09'56,87150"	51°52'16,05354"	6773331,34	415286,42	67,53	0,009	0,006	0,013	2,2	9	12:14,0	6,47	61,06	33,96	27,10
RN02 22900	29°10'02,11912"	51°52'08,94702"	6773171,25	415479,58	63,23	0,014	0,026	0,095	2,7	6	05:03,0	6,47	56,76	33,96	22,80
MCM01 (Hotel)	29°09'57,74094"	51°52'20,78669"	6773303,63	415158,75	66,16	0,007	0,004	0,008	1,5	13	08:31,0	6,48	59,68	33,96	25,72
MCM03	29°09'55,48304"	51°52'06,29746"	6773376,03	415549,65	66,84	0,006	0,006	0,013	2,2	8	05:03,0	6,47	60,37	33,96	26,40
MCM04	29°09'52,48225"	51°51'59,30139"	6773469,78	415737,96	66,69	0,012	0,011	0,026	2,3	8	05:05,0	6,47	60,22	33,96	26,26
MCM05	29°09'45,24409"	51°51'50,14740"	6773694,37	415983,61	66,92	0,013	0,012	0,025	2,2	8	05:02,0	6,47	60,45	33,96	26,48
MCM06	29°09'40,89347"	51°51'43,44465"	6773829,61	416163,70	67,02	0,016	0,013	0,023	2,0	9	06:37,0	6,47	60,55	33,96	26,59
MCM07	29°09'22,97553"	51°51'32,57369"	6774383,23	416453,35	67,65	0,007	0,006	0,011	1,8	10	05:04,0	6,48	61,17	33,96	27,21
MCM09	29°08'57,07497"	51°51'43,80624"	6775178,18	416144,05	68,62	0,027	0,032	0,050	2,3	9	05:01,0	6,50	62,12	33,96	28,15
MCM10	29°08'45,82737"	51°51'52,31802"	6775522,67	415911,53	68,87	0,014	0,055	0,077	1,6	11	06:34,0	6,51	62,36	33,96	28,39
MCM11	29°09'44,91002"	51°52'43,13820"	6773694,05	414552,00	65,94	0,009	0,010	0,019	2,0	10	06:19,0	6,49	59,45	33,96	25,48
MCM13 (Casa de Cultura)	29°10'00,03709"	51°52'10,36288"	6773235,05	415440,86	61,37	0,012	0,008	0,022	2,5	7	11:01,0	6,47	54,90	33,96	20,94
MCM15	29°09'55,49021"	51°52'30,89048"	6773370,88	414885,30	66,05	0,016	0,022	0,022	1,8	8	05:05,0	6,48	59,57	33,96	25,61
MCM (Ref. Régua)	29°09'55,82388"	51°52'11,62104"	6773364,47	415405,92	66,53	0,015	0,022	0,037	2,0	7	05:07,0	6,47	60,06	33,96	26,10

4.2 DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO EM ENCANTADO

Em Encantado / RS, na grande cheia de maio de 2024, a cota nivelada na estação Encantado (86720000), pela equipe de campo de hidrologia do Serviço Geológico do Brasil, foi 23,14 m; a qual ocorreu em 02/05/2024. Soares e Marcuzzo (2024) publicaram manchas de inundação da cheia de maio de 2024, em Encantado e Muçum, utilizando imagens de satélite e dados observados em campo.

Na Tabela 3, a seguir, observa-se as cotas niveladas a partir de um ponto rastreado por GPS-RTK, segundo a seção de régua da estação Encantado (86720000), conforme descrito na metodologia, em frigorífico (coordenadas aproximadas de 29°14'18''S e 51°51'43''W) da cidade de Encantado / RS, as margens do rio Taquari, conforme observado nas Figuras 4 e 5. Na entrada principal do frigorífico, próximo a guarita, se encontram as placas de metais com as datas das cheias marcando as cotas atingidas.

A Tabela 4 mostra os dados de cotas rastreadas e/ou niveladas, pela equipe do Serviço Geológico do Brasil, no município de Encantado / RS, referente a grande inundação do início de maio de 2024.

Tabela 3. Dados de cotas niveladas de cheias, a partir de um ponto rastreado, de um frigorífico as margens do rio Taquari no município de Encantado / RS.

Ponto no Frigorífico	Cota (mm)	Cota (cm)	Cota (m)	Data da Cheia / Observações
Base Frigorífico	18923	1892,3	18,92	Referência RN02 Cota 18933 (Estação Fluviométrica Encantado 86720000)
Marca de Cheia no Frigorífico	19860	1986	19,86	08/07/2020
Marca de Cheia no Frigorífico	22632	2263,2	22,63	05/09/2023
Marca de Cheia no Frigorífico	20967	2096,7	20,97	18/11/2023
Marca de Cheia no Frigorífico	23142	2314,2	23,14	02/05/2024
Marca de Cheia no Frigorífico	18591	1859,1	18,59	12/05/2024

Figura 4. Local da marca de cheia de 02/05/2024, no frigorífico em Encantado /RS.



Figura 5. Locais das marcas de cheia de 08/07/2020, 05/09/2023 e 18/11/2023, no frigorífico em Encantado /RS e o local da base de rastreamento das marcas de cheia no município.



Tabela 4. Dados de cotas rastreadas e/ou niveladas, no município de Encantado / RS, referente a grande inundação de maio de 2024.

Marcas de Cheia em Encantado da Cheia de Maio de 2024	Latitude Sul (Global)	Longitude Oeste (Global)	Direção Norte	Direção Leste	Altitude Geométrica (Elipsoide)	Observação do Vetor GNSS.RMS	Observação do Vetor GNSS.Precisão H.	Observação do Vetor GNSS.Precisão V.	Observação do Vetor GNSS.PDOP	Observação do Vetor GNSS.Satélites	Observação do Vetor GNSS.Duração	Ondulação Geoidal (N)	Altitude Ortométrica	Zero da Régua	Cota em Relação Seção de Régua (m)
Base Frigorífico	-29°14'17,63970"	-51°51'43,80760"	6765311,80	416216,43	53,41	-	-	-	-	-	-	6,28	47,13	-	-
RN02 18933	-29°14'36,90355"	-51°51'40,82646"	6764719,48	416301,26	53,40	0,013	0,013	0,021	1,7	9	0:05:13	6,26	47,14	28,20	18,95
RN05 17600	-29°14'07,01872"	-51°51'19,72182"	6765643,45	416864,24	52,05	0,007	0,008	0,015	2,0	8	0:05:02	6,27	45,78	28,20	17,59
MCE01	-29°14'31,90805"	-51°51'49,21931"	6764871,57	416073,58	57,14	0,012	0,008	0,016	1,6	10	0:07:25	6,27	50,87	28,20	22,68
MCE02	-29°14'23,09461"	-51°51'44,70593"	6765143,73	416193,42	57,48	0,006	0,007	0,023	3,3	7	0:05:16	6,27	51,21	28,20	23,01
MCE03	-29°14'07,91469"	-51°51'42,13143"	6765611,45	416259,48	57,78	0,011	0,013	0,025	2,0	9	0:05:50	6,28	51,50	28,20	23,30
MCE04	-29°13'43,84780"	-51°51'45,25208"	6766351,57	416169,79	58,79	0,014	0,013	0,022	2,1	9	0:06:37	6,30	52,49	28,20	24,30
MCEPRESIDIO	-29°14'20,32619"	-51°52'04,59019"	6765224,97	415656,02	57,08	0,011	0,008	0,017	1,9	8	0:07:57	6,28	50,80	28,20	22,61

4.3 DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO EM ESTRELA E LAJEADO

Na Figura 6 observa-se a marca de cheia no município de Lajeado / RS, referente a grande inundação de 02/05/2024, registrada *in loco*, as 13h30min, pela equipe do SGB presente na cidade, no exato momento em que o rio Taquari começou a recuar após a cheia. A equipe, conforme a Figura 6, parafusou um parafuso na calçada, demarcando o nível em que o rio Taquari chegou, próximo a prefeitura de Lajeado.

Nas Tabelas 5 e 6, encontram-se os dados dos rastreamentos, executados ainda no mês de maio de 2024, das marcas de cheia do rio Taquari nos municípios de Estrela e Lajeado.

Figura 6. Fotos mostrando o parafuso da marca de cheia em Lajeado, quando o nível do rio Taquari atingiu seu nível máximo, em 02/05/2024, às 13h30min. O parafuso, colocado pela equipe do Serviço Geológico do Brasil, se encontra subindo a rua Júlio de Castilhos n. 529, após a prefeitura de Lajeado, na calçada da direita, antes de chegar na esquina com a rua Francisco Óscar Karnal. A Tabela 6 mostra as informações de coordenadas e demais dados deste ponto.

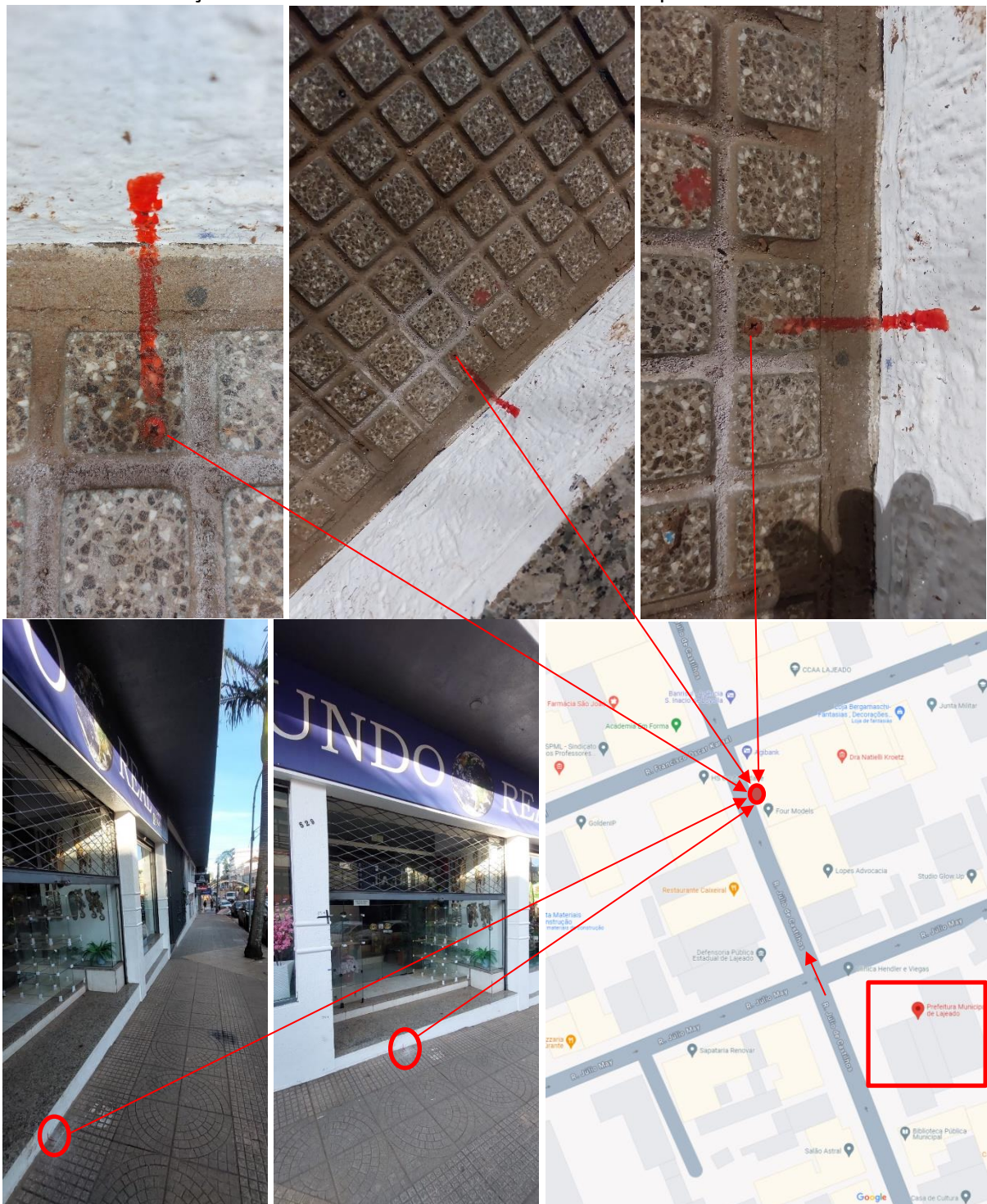


Tabela 5. Dados de cotas rastreadas e/ou niveladas, no município de Estrela / RS, referente a grande inundação de maio de 2024.

Marcas de Cheia em Encantado da Cheia de Maio de 2024	Latitude Sul (Global)	Longitude Oeste (Global)	Direção Norte UTM	Direção Leste UTM	Altitude Geométrica (Elipsoide)	Observação do Vetor GNSS.RMS	Observação do Vetor GNSS.Precisão H.	Observação do Vetor GNSS.Precisão V.	Observação do Vetor GNSS.PDOP	Observação do Vetor GNSS.Satélites	Observação do Vetor GNSS.Duração	Ondulação Geoidal (N)	Altitude Ortométrica	*Zero da Régua (Necessita verificação)	Cota em Relação Seção de Régua (m)
Base Univates	-29°26'41,9753"	-51°57'16,9425"	6742332,088	407410,516	97,09	-	-	-	-	-	-	6,09	91,00	-	91,45
MCE01	-29°31'49,63712"	-51°58'16,90872"	6.732.848,93	405.874,01	32,57	0,026	0,027	0,067	2,7	9	0:05:02	5,96	26,61	-0,45	27,06
MCE02	-29°31'11,24233"	-51°58'11,95410"	6.734.031,83	405.997,52	33,22	0,011	0,020	0,038	2,2	11	0:05:03	5,98	27,24	-0,45	27,70
MCE03	-29°30'32,80324"	-51°58'21,80980"	6.735.212,78	405.722,30	34,91	0,013	0,016	0,028	1,9	13	0:05:03	6,01	28,90	-0,45	29,36
MCE04	-29°30'30,17802"	-51°57'58,61920"	6.735.298,78	406.346,01	37,62	0,012	0,023	0,034	1,7	12	0:05:27	5,99	31,63	-0,45	32,09
MCE05	-29°30'16,76150"	-51°57'49,29458"	6.735.713,83	406.593,64	36,78	0,013	0,020	0,032	1,4	13	0:05:08	5,99	30,79	-0,45	31,25
MCE06	-29°30'02,33815"	-51°57'49,75387"	6.736.157,68	406.577,60	37,06	0,013	0,021	0,037	1,9	9	0:05:04	6,00	31,06	-0,45	31,52
MCE07	-29°29'47,30557"	-51°57'22,97968"	6.736.626,33	407.294,72	36,84	0,010	0,016	0,032	1,7	11	0:05:01	5,98	30,86	-0,45	31,32
MCE08	-29°29'31,90718"	-51°57'34,09135"	6.737.097,82	406.991,60	36,94	0,014	0,019	0,044	1,9	10	0:05:10	6,00	30,94	-0,45	31,39
MCE09	-29°29'26,78114"	-51°57'49,79947"	6.737.252,11	406.567,30	37,63	0,007	0,058	0,068	1,8	11	0:05:12	6,02	31,61	-0,45	32,06
MCE10	-29°29'07,93967"	-51°57'38,32912"	6.737.834,60	406.871,40	37,90	0,008	0,018	0,067	4,6 <small>Póuca Precisão Altimétrica</small>	7	0:05:04	6,02	31,88	-0,45	32,33
MCE11	-29°28'57,61499"	-51°57'25,82705"	6.738.155,17	407.205,47	38,33	0,010	0,048	0,074	1,8	11	0:05:01	6,02	32,31	-0,45	32,76
MCE12	-29°28'44,37152"	-51°57'14,60339"	6.738.565,28	407.504,39	38,81	0,014	0,030	0,051	2,0	10	0:05:02	6,02	32,79	-0,45	33,24
MCE13	-29°30'05,19072"	-51°58'07,28516"	6.736.065,95	406.106,28	36,59	0,020	0,055	0,064	2,7	7	0:05:05	6,01	30,58	-0,45	31,03
MCE14	-29°28'42,52459"	-51°57'09,75809"	6.738.623,20	407.634,42	39,36	0,014	0,019	0,040	1,6	11	0:05:39	6,01	33,35	-0,45	33,80

*O valor da cota do zero da régua da estação Estrela (86879300), em Lajeado / RS, necessita verificação, devido ao transporte de cotas da estação fluviométrica da margem esquerda (município de Estrela) para a margem direita (município de Lajeado) do rio Taquari.

Tabela 6. Dados de cotas rastreadas e/ou niveladas, no município de Lajeado / RS, referente a grande inundação de maio de 2024.

Marcas de Cheia em Encantado da Cheia de Maio de 2024	Latitude Sul (Global)	Longitude Oeste (Global)	Direção Norte UTM	Direção Leste UTM	Altitude Geométrica (Elipsoide)	Observação do Vetor GNSS.RMS	Observação do Vetor GNSS.Precisão H.	Observação do Vetor GNSS.Precisão V.	Observação do Vetor GNSS.PDOP	Observação do Vetor GNSS.Satélites	Observação do Vetor GNSS.Duração	Ondulação Geoidal (N)	Altitude Ortométrica	*Zero da Régua (Necessita verificação)	Cota em Relação Seção de Régua (m)
Base Univates	-29°26'41,9753"	-51°57'16,9425"	6742332,088	407410,516	97,09	-	-	-	-	-	-	6,09	91,00	-	91,45
Auxiliar RN2829	-29°28'16,35743"	-51°57'53,65874"	6739418,88	406445,41	33,10	0,015	0,008	0,048	2,0	2	12:31,0	6,07	27,03	-	26,57
Auxiliar Prefeitura	-29°27'58,86289"	-51°57'48,21499"	6739958,57	406587,58	35,08	0,014	0,014	0,026	2,5	9	30:16,0	6,08	29,00	-	28,54
MCL01	-29°25'35,48726"	-51°57'30,92301"	6744375,47	407017,04	44,60	0,014	0,046	0,084	1,7	11	0:05:12	6,14	38,46	-0,45	38,91
MCL02	-29°25'34,22242"	-51°57'27,10178"	6744415,25	407119,69	44,34	0,014	0,024	0,047	1,7	11	0:05:03	6,14	38,20	-0,45	38,66
MCL03	-29°25'54,45159"	-51°57'19,64204"	6743794,25	407325,80	44,07	0,010	0,010	0,016	1,5	12	0:05:02	6,12	37,95	-0,45	38,41
MCL04	-29°26'10,13815"	-51°56'47,99924"	6743318,38	408182,31	43,28	0,026	0,031	0,043	4,7	7	0:07:51	6,09	37,19	-0,45	37,65
MCL05	-29°26'23,88752"	-51°56'51,76121"	6742894,36	408084,39	43,35	0,011	0,010	0,016	1,6	11	0:05:03	6,08	37,27	-0,45	37,72
MCL06	-29°26'56,36215"	-51°56'33,37649"	6741898,82	408587,80	41,66	0,015	0,010	0,016	1,6	12	0:05:02	6,05	35,61	-0,45	36,06
MCL07	-29°26'45,51499"	-51°56'13,25174"	6742237,06	409127,27	42,05	0,020	0,021	0,034	1,5	11	0:05:02	6,04	36,01	-0,45	36,46
MCL08	-29°27'15,38664"	-51°56'34,84198"	6741312,93	408553,06	41,48	0,011	0,010	0,017	1,5	12	0:05:05	6,04	35,44	-0,45	35,89
MCL09	-29°27'31,16281"	-51°56'45,06978"	6740825,11	408281,48	40,93	0,014	0,012	0,026	2,0	9	0:05:02	6,04	34,89	-0,45	35,35
MCL10C	-29°27'44,13167"	-51°57'54,72376"	6740410,55	406408,51	39,41	0,025	0,054	0,087	3,7 <small>Pouca Precisão Altimétrica</small>	4	0:15:01	6,09	33,32	-0,45	33,78
MCL11	-29°27'46,39157"	-51°57'53,60620"	6740341,24	406439,19	39,33	0,013	0,026	0,048	2,0	9	0:05:05	6,09	33,24	-0,45	33,69
MCL12	-29°27'50,11149"	-51°57'55,88515"	6740226,23	406378,75	39,02	0,012	0,025	0,062	2,2	9	0:05:07	6,09	32,93	-0,45	33,38
MCL13	-29°27'52,02165"	-51°57'53,23308"	6740168,03	406450,67	38,91	0,010	0,031	0,093	2,0	9	0:05:09	6,09	32,82	-0,45	33,27
MCL14	-29°27'53,34522"	-51°57'48,14145"	6740128,42	406588,16	39,17	0,021	0,033	0,090	3,2	5	0:06:49	6,08	33,09	-0,45	33,54
MCL15	-29°27'57,40947"	-51°57'49,71442"	6740002,97	406546,82	Determinado por Nivelamento Geométrico, Partindo do Ponto Auxiliar Prefeitura (GPS) Considerado a Cota de Cheia em Lajeado Até ser Executado o Nivelamento com Nível. O Ponto se Encontra Subindo a Rua Júlio de Castilhos, Após a Prefeitura de Lajeado, na Calçada da Direita, Antes de Chegar na Esquina com a Rua Francisco Óscar Karnal. A Figura 6 Mostra Este Ponto.							6,08	33,21	-0,45	33,66

*O valor da cota do zero da régua da estação Estrela (86879300), em Lajeado / RS, necessita verificação, devido ao transporte de cotas da estação fluviométrica da margem esquerda (município de Estrela) para a margem direita (município de Lajeado) do rio Taquari.

4.4 DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO EM BOM RETIRO DO SUL E NO DISTRITO DE MARIANTE, PERTENCENTE AO MUNICÍPIO DE VENÂNCIO AIRES

Em Bom Retiro do Sul / RS, foram rastreados dois marcos próximos a eclusa e sete marcas de cheia na cidade (Figura 7 e Tabela 7).

A cota nivelada pela equipe de hidrologia do SGB, no distrito de Mariante, às margens do rio Taquari próximo à rodovia RS-287, pertencente ao município de Venâncio Aires / RS, na estação fluviométrica Porto Mariante (86895000), foi de exatos 20,50 m.

Figura 7. Base do rastreamento na eclusa de Bom Retiro do Sul / RS e rastreamento na cidade.



Tabela 7. Dados de cotas rastreadas e/ou niveladas, no município de Bom Retiro do Sul / RS, referente a grande inundação de maio de 2024.

Marcas de Cheia em Encantado da Cheia de Maio de 2024	Latitude Sul (Global)	Longitude Oeste (Global)	Direção Norte UTM	Direção Leste UTM	Altitude Geométrica (Elipsóide)	Observação do Vetor GNSS.RMS	Observação do Vetor GNSS.Precisão H.	Observação do Vetor GNSS.Precisão V.	Observação do Vetor GNSS.PDOP	Observação do Vetor GNSS.Satélites	Observação do Vetor GNSS.Duração	Ondulação Geoidal (N)	Altitude Ortométrica	Zero da Régua	Cota em Relação Seção de Réguas (m)
Base Eclusa	-29°36'28,65980"	-51°57'01,50130"	6724277,33	407974,15	31,76	-	-	-	-	-	-	5,83	25,93	-	-
MARCO M2	-29°36'29,36901"	-51°56'58,79071"	6724256,10	408047,24	18,85	0,011	0,008	0,016	1,6	10	0:05:03	5,82	13,03	-	-
MARCO MBO4	-29°36'28,87022"	-51°56'58,40265"	6724271,53	408057,55	22,79	0,013	0,014	0,024	1,8	9	0:05:18	5,82	16,97	-	-
MCBRS01	-29°36'40,13827"	-51°56'29,98484"	6723930,93	408824,74	27,09	0,016	0,015	0,021	1,6	9	0:05:21	5,80	21,29	-	-
MCBRS02	-29°36'32,93856"	-51°56'40,46002"	6724150,25	408541,18	26,87	0,019	0,022	0,033	2,0	6	0:05:12	5,81	21,06	-	-
MCBRS03	-29°36'28,47380"	-51°56'38,10079"	6724288,19	408603,52	27,17	0,02	0,013	0,022	2,0	8	0:06:06	5,80	21,37	-	-
MCBRS04	-29°36'25,68182"	-51°56'32,93074"	6724375,26	408741,89	27,20	0,012	0,01	0,023	2,1	7	0:05:16	5,80	21,40	-	-
MCBRS05	-29°36'23,50904"	-51°56'28,74521"	6724443,06	408853,92	27,24	0,009	0,006	0,018	2,3	9	0:09:34	5,80	21,44	-	-
MCBRS06	-29°36'19,99643"	-51°56'30,68913"	6724550,75	408800,76	27,23	0,009	0,007	0,016	2,0	10	0:06:43	5,80	21,43	-	-
MCBRS07	-29°36'19,61272"	-51°56'43,34503"	6724559,79	408460,24	27,75	0,005	0,004	0,006	1,7	11	0:10:21	5,81	21,94	-	-

5 DADOS OBTIDOS COM O LEVANTAMENTO DE MARCAS DE CHEIA EM ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS EM OUTRAS SUB-BACIAS NO RIO GRANDE DO SUL

Os levantamentos de cotas das marcas de cheia da grande inundação do início de maio de 2024, em estações fluviométricas operadas pelo Serviço Geológico do Brasil, e de responsabilidade da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), foram niveladas em maio de 2024, e, sua maioria, nos meses seguintes ao evento de inundação. Essas cotas das marcas de cheia nas estações fluviométricas, podem ser observadas na Tabela 8.

Na sub-bacia do Alto Jacuí (sub-bacia 85), no nivelamento das cotas da cheia de início de maio de 2024, obteve-se: 9,38 m na estação fluviométrica Passo da Rocha (85480000) e 12,04 m na estação fluviométrica São Sepé – Montante (85623000).

Na sub-bacia da Laguna dos Patos (sub-bacia 87), no nivelamento das cotas da cheia de início de maio de 2024, obteve-se: 4,99 m na estação fluviométrica Ilha da Pintada (87450005); 4,07 m na estação fluviométrica Cristal (87460007); 3,97 m na estação fluviométrica Ipanema (87460120) e 3,67 m na estação fluviométrica Ponta dos Coatis (87500020).

Na sub-bacia do rio Ijuí (sub-bacia 75), no nivelamento (ou aferição na régua) das cotas da cheia de início de maio de 2024, obteve-se: 9,29 m na estação fluviométrica Conceição (75200000).

Na sub-bacia do rio Ibicuí (sub-bacia 76), no nivelamento (ou aferição na régua) das cotas de cheia de início de maio de 2024, obteve-se: 13,24 m na estação fluviométrica Ernesto Alves (76460000); 14,84 m na estação fluviométrica Manoel Viana (76560000) e 11,71 m na estação fluviométrica Passo Mariano Pinto (76800000).

Tabela 8. Cotas da grande cheia do início de maio de 2024, em estações fluviométricas operadas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB), e de responsabilidade da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), niveladas nos meses seguintes ao evento de inundação.

Código	Nome da Estação	Cota Nivelada (m)
75200000	CONCEIÇÃO	9,29
76460000	ERNESTO ALVES	13,24
76560000	MANOEL VIANA	14,84
76800000	PASSO MARIANO PINTO	11,71
85480000	PASSO DO ROCHA	9,38
85623000	SÃO SEPÉ - MONTANTE	12,04
85900000	RIO PARDO	20,21
86160000	PASSO TAINHAS	6,51
86720000	ENCANTADO	23,14
86895000	PORTO MARIANTE	20,5
87150000	LINHA GONZAGA	9,32
87160000	NOVA PALMIRA	10,78
87168000	SÃO VENDELINO	6,36
87170000	BARCA DO CAÍ	17,51
87230000	COSTA DO RIO CADEIA	12,16
87270000	PASSO MONTENEGRO	10,02
87450005	ILHA DA PINTADA	4,99
87460007	CRISTAL	4,07
87460120	IPANEMA	3,97
87500020	PONTA DOS COATIS	3,67

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COLLISCHONN, W.; RUHOFF, A.; CABELEIRA FILHO, R.; PAIVA, R.; FAN, F.; POSSA, T.; PICKBRENNER, K. **Chuva da cheia de 2024 foi mais volumosa e intensa que a da cheia de 1941 na bacia hidrográfica do Guaíba**. Porto Alegre: UFRGS-IPH, 2024. (Nota Técnica). Disponível em: <https://www.ufrgs.br/iph/nota-tecnica-chuva-da-cheia-de-2024-foi-mais-volumosa-e-intensa-que-a-da-cheia-de-1941-na-bacia-hidrografica-do-guaiba/>. Acesso em: 29 jul. 2024.

GOLDENFUM, J. A.; RUHOFF, A.; FAN, F. M.; PAIVA, R.; COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F.; MEIRELLES, F.; MICHEL, G. P.; KOBAYAMA, M. **Nota sobre a cheia ocorrida nos dias 4 e 5 de setembro na Bacia do Rio Taquari-Antas**. Porto Alegre: UFRGS-IPH, 2023. Disponível em: <https://www.assufrgs.org.br/wp-content/uploads/2023/09/Nota-sobre-a-cheia-ocorrida-nos-dias-4-e-5-de-setembro-na-Bacia-do-rio-Taquari-v2.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **API do Serviço de posicionamento por ponto preciso (IBGE-PPP): versão 1.0.0**. [Brasília, DF]: IBGE, 2023. Disponível em: <https://servicodados.ibge.gov.br/api/docs/ppp?versao=1>. Acesso em: 23 Ago. 2024.

LIMA, S.; PAIVA, R. **Análise dos impactos em cenários de rompimento hipotéticos da UHE 14 de julho no rio Taquari-Antas**. Porto Alegre: UFRGS-IPH, 2024. (Nota Técnica). Disponível em: <https://www.ufrgs.br/iph/nota-tecnica-analise-dos-impactos-em-cenarios-de-rompimento-hipoteticos-da-uhe-14-de-julho-no-rio-taquari-antas/>. Acesso em: 29 jul. 2024.

MARCUZZO, F. F. N.; PINTO, E. J. de A. A grande cheia histórica de 2024 no Rio Grande do Sul no rio Taquari, no município de Muçum. In: ENCONTRO NACIONAL DE DESASTRES, 4., Niterói, RJ, 2024. **Anais [...]** Curitiba, PR: ABRH, 2024.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Modelos digitais de elevação na delimitação automática das sub-bacias do rio Taquari-Antas no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 25-29 abr. 2015a, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. v. 1. p. 360-367. Disponível: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15126>. Acesso em: 29 jul. 2024.

SILVEIRA, A. L. L. da. Chuvas e vazões da grande enchente de 1941 em Porto Alegre, RS. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 35, p. 69-90, 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/217187>. Acesso em: 29 jul. 2024.

SOARES, D. M.; MARCUZZO, F. F. N. Grandes cheias de 2023 e 2024 do rio Taquari: estudo preliminar das áreas inundadas em Encantado e Muçum. In: ENCONTRO NACIONAL DE DESASTRES, 4., Niterói, RJ, 2024. **Anais [...]** Curitiba, PR: ABRH, 2024.

TSCHIEDEL, A. da F.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. Análise hidromorfológica da Sub-Bacia 87. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 11., 2012, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2012. p. 1- 20. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17426>. Acesso em: 29 jul. 2024.

AGRADECIMENTOS

O SGB agradece a Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES) pelo apoio recebido nos levantamentos de campo nos municípios de Lajeado e Estrela.

O auxílio prestado pelos professores Dra. Sofia Royer Moraes, Me. Rafael Rodrigo Eckhardt e o biólogo Luiz Carlos Oliveira da Silva, da UNIVATES, foi essencial para que os rastreamentos e nivelamentos das cotas de cheia pudessem ser desenvolvidos nestes dois municípios.