

RELATÓRIO DE ATIVIDADES

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA



SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO TAQUARI

**Relatório Técnico de Operação no período
de novembro de 2020 a novembro de 2021**

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Dezembro 2021

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL – DHT
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

Relatório de Atividades

Departamento de Hidrologia

SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO TAQUARI

**Relatório Técnico de Operação no período
de novembro de 2020 a novembro de 2021**

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Franco Turco Buffon

André Chagas

Camila Dalla Porta Mattiuzi

Emanuel Duarte Silva

Artur Jose Soares Matos



**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM**

Porto Alegre, 2021

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Pedro Paulo Dias Mesquita

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Frederico Claudio Peixinho

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

EQUIPE

Franco Turco Buffon

André Kimrse Chagas

Camila Dalla Porta Mattiuzi

Emanuel Duarte Silva

Artur Jose Soares Matos

SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO – BACIA DO RIO TAQUARI

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021)

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Franco Turco Buffon

André Kimrse Chagas

Camila Dalla Porta Mattiuzi

Emanuel Duarte Silva

Artur Jose Soares Matos

FOTOS DA CAPA: Rio Taquari no Porto de Estrela/RS. Estudo para locação de réguas linimétricas GEHITE/PA – CPRM (junho/2021).

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

B929	Buffon, Franco Turco Relatório de Atividades Departamento de Hidrologia: Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Taquari: relatório técnico de operação no período de novembro de 2020 a novembro 2021 / Franco Turco Buffon; André Chagas; Camila Dalla Porta Mattiuzi ; Emanuel Duarte Silva; Artur José Soares Matos. – Porto Alegre: CPRM, 2021. 1 recurso eletrônico : PDF ; il. ISBN 978-65-5664-194-2 1. Desastres naturais. 2. Chuvas intensas. 3. Inundações. I. Chagas, André II. Mattiuzi, Camila Dalla Porta III. Silva, Emanuel Duarte. IV. Matos, Artur Jose Soares. V. Título.
	CDD 551.48

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Ana Lúcia Coelho CRB 10/840

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

Serviço Geológico do Brasil - CPRM
www.cprm.gov.br
seus@cprm.gov.br

APRESENTAÇÃO

Neste relatório são apresentadas as atividades executadas durante a operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Taquari (SAH-Taquari), realizada pela Superintendência Regional de Porto Alegre (SUREG/PA) no âmbito do Projeto Sistema de Alerta Hidrológico, compreendendo o monitoramento dos eventos hidrológicos observados no ano de 2021.

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio Taquari está localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, abrange uma região de serra em elevadas altitudes com grandes vales, possui extensões de planícies aluviais na região desde seu trecho médio até sua foz no rio Jacuí, e compreende uma área aproximada de 26,5 mil km². O Sistema de Alerta do Rio Taquari (SAH-Taquari) entrou em operação em 2015, e através deste sistema é realizado o monitorando dos níveis do rio Taquari e afluentes, além de previsões hidrológicas de cheias, as quais subsidiam a tomada de decisão e ações dos municípios e defesas civis em situações de risco hidrológico. Ao longo do ano de 2021 o SAH-Taquari foi responsável pela emissão de 03 boletins extraordinários, contendo previsões de níveis para as cidades de Muçum, Encantado, Estrela e Lajeado, durante o monitoramento de um único evento hidrológico no qual os níveis de alerta foram superados. Além das atividades de monitoramento e alerta, foram realizadas reuniões de alinhamento com as defesas civis locais e da microrregional do Vale do Taquari, bem como re-calibração dos modelos cota-cota de previsão de níveis. No âmbito das atividades de campo foi realizada campanha para atualização dos níveis de referência para inundação, além de implantação de réguas linimétricas na estação Estrela e substituição de PCDs com GRPS por GOES em Taquari e Porto Mariante. Adicionalmente foram realizadas vistorias para identificação de locais com potencial para instalação de novas estações de monitoramento o que possibilitará a integração, no futuro, dos municípios de Guaporé, Roca Sales e Arroio do Meio ao sistema.

ABSTRACT

The River Taquari Hydrographic Basin is located in the central region of the state of Rio Grande do Sul, covers a mountain region at high altitudes with large valleys, in addition to having large extensions of alluvial plains in the region from its middle stretch to its mouth in the river Jacuí, extending over an area of approximately 26,500 km². The Taquari River Alert System (SAH-Taquari) began operating in 2015, through this system monitoring the levels of the Taquari River and its tributaries, in addition to hydrological flood forecasts, which support decision-making and actions of the municipalities and civil defenses in situations of hydrological risk. Throughout 2021, SAH-Taquari was responsible for issuing 03 extraordinary bulletins, containing level forecasts for the cities of Muçum, Encantado, Estrela, and Lajeado, during the monitoring of a single hydrological event where alert levels were exceeded. In addition to monitoring and alerting activities, alignment meetings were held with local civil defenses and the micro-regional of Vale do Taquari, as well as a recalibration of forecast models based on linear regression of levels. As part of field activities, a campaign was carried out to update reference levels for flooding, in addition to the implementation of linear gauges at the Estrela station and replacement of PCDs with GRPS by GOES in Taquari and Porto Mariante. Additionally, inspections were carried out to identify locations with the potential for installing new monitoring stations, which will enable the integration, in the future, of the municipalities of Guaporé, Roca Sales, and Arroio do Meio into the system.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI	14
2.1 Características Fisiográficas.....	14
2.2 Solos, Uso e Ocupação.....	15
2.3 Demografia	16
2.4 Hidrologia.....	18
2.5 Monitoramento Hidrometeorológico	20
3. OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA DO RIO TAQUARI.....	21
3.1 Área de Abrangência	21
3.2 Boletins Emitidos	23
3.3 Monitoramento Pluviométrico.....	24
3.4 Monitoramento Fluviométrico	26
4. ATIVIDADES DE 2021	34
4.1 Participação e Organização de Reuniões e Eventos.....	34
4.2 Levantamento de Cotas de Inundação.....	36
4.3 Melhorias da Infraestrutura da Estações	37
4.4 Expansão do sistema	40
4.5 Modelagem Empírica.....	41
4.5.1 Muçum.....	41
4.5.2 Encantado	42
4.5.3 Estrela	43
5. OUTRAS ATIVIDADES E PUBLICAÇÕES	44
6. AGRADECIMENTOS	46
7. CONCLUSÕES	46
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Taquari. Fonte: SEMA-RS, 2021.	13
Figura 2. Altimetria na bacia hidrográfica do rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021).....	14
Figura 3. Mapa de solos na bacia hidrográfica do rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de IBGE (2002).	15
Figura 4. Usos do solo na bacia hidrográfica do rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de MMA (2021).	16
Figura 5. Divisão política dos municípios na bacia hidrográfica do rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de IBGE (2010).	17
Figura 6. População dos municípios na bacia hidrográfica do rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de IBGE (2010).	17
Figura 7. Isoietas médias anuais e precipitação média anual. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de Pinto <i>et al.</i> (2011)	18
Figura 8. Níveis mínimos, médios e medianos diários na estação Muçum, no Rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021).....	19
Figura 9. Níveis mínimos, médios e medianos diários na estação Porto Mariante, no Rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021).	20
Figura 10. Estações hidrometeorológicas em operação na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de ANA (2021).	21
Figura 11. Estações do SAH Taquari. Elaborado pelo Autor (2021).	22
Figura 12. Boletins emitidos no SAH-Taquari desde 2015. Elaborado pelo Autor (2021).....	23
Figura 13. Boletins emitidos no SAH-Taquari desde 2015, por ano de operação. Elaborado pelo Autor (2021).	23
Figura 14. Frequência total mensal de boletins emitidos no SAH-Taquari desde 2015. Elaborado pelo Autor (2021).	24

Figura 15. Precipitação acumulada em janeiro e fevereiro de 2021. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de Huffman <i>et al.</i> (2019a,b).	25
Figura 16. Precipitação acumulada em março e abril de 2021. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de Huffman <i>et al.</i> (2019a,b).	25
Figura 17. Precipitação acumulada em maio e junho de 2021. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de Huffman <i>et al.</i> (2019a,b).	25
Figura 18. Precipitação acumulada em julho e agosto de 2021. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de Huffman <i>et al.</i> (2019a,b).	26
Figura 19. Precipitação acumulada em setembro e outubro de 2021. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de Huffman <i>et al.</i> (2019a,b).	26
Figura 20. Monitoramento Fluviométrico em Muçum, no Rio Taquari, no ano de 2021. Elaborado pelo Autor (2021).	27
Figura 21. Monitoramento Fluviométrico em Encantado, no Rio Taquari, no ano de 2021. Elaborado pelo Autor (2021).	27
Figura 22. Monitoramento Fluviométrico em Estrela, no Rio Taquari, no ano de 2021. Elaborado pelo Autor (2021).	28
Figura 23. Cotagrama estações fluviométricas localizadas no rio Taquari durante o evento ocorrido em maio de 2021. Elaborado pelo Autor (2021).	29
Figura 24. Cotagrama estação Muçum e chuva acumulada nas estações do SAH-Taquari durante o evento. Elaborado pelo Autor (2021).	30
Figura 25. Cotagrama estação Encantado e chuva acumulada nas estações do SAH-Taquari durante o evento. Elaborado pelo Autor (2021).	31
Figura 26. Cotagrama estação Estrela e chuva acumulada nas estações do SAH-Taquari durante o evento. Elaborado pelo Autor (2021).	32
Figura 27. Cotagrama das estações 86879300 com previsões realizadas durante o evento hidrológico ocorrido no mês de maio de 2021. Elaborado pelo Autor (2021).	33

Figura 28. Reunião em Lajeado em junho de 2021. Fonte: Portal Região dos Vales (2021).....	34
Figura 29. Evento da Microrregional de Defesa Civil do Vale do Taquari para apresentação da CPRM, em Lajeado, julho de 2021. Fonte: Silva (2021).	35
Figura 30. Reunião para locação das réguas linimétricas em Lajeado, junho de 2021. Fonte: Mallmann (2021).....	35
Figura 31. Boletim fictício para utilização no simulado, novembro de 2021. Elaborado pelo Autor (2021).....	36
Figura 32. Atualização dos níveis de inundação, presença da defesa civil e vice-prefeito de Estrela, outubro de 2021.....	37
Figura 33. Instalação de réguas linimétricas na estação Estrela, em Lajeado, outubro de 2021. Fonte: Hautrive (2021).	38
Figura 34. Instalação de PCD com transmissão GOES na estação Taquari, novembro de 2021.	39
Figura 35. Instalação de PCD com transmissão GOES na estação Porto Mariante, dezembro de 2021.....	40
Figura 36: Estação Barra do Fão, localizada no município de Pouso Novo – RS..	41
Figura 37. Dispersão de dados da calibração de modelos de regressão múltipla baseado em diferenças de níveis para Muçum. Elaborado pelo Autor (2021). ..	42
Figura 38. Regressão entre dados de níveis máximos entre Linha José Júlio e Muçum. Elaborado pelo Autor (2021).	42
Figura 39. Dispersão de dados da calibração de modelos de regressão múltipla baseado em diferenças de níveis para Muçum. Elaborado pelo Autor (2021). ..	43
Figura 40. Regressão entre dados de níveis máximos entre Muçum e Encantado. Elaborado pelo Autor (2021).	43
Figura 41. Dispersão de dados da calibração de modelos de regressão múltipla baseado em diferenças de níveis para Estrela. Elaborado pelo Autor (2021).....	44

Figura 42. Regressão entre dados de níveis máximos entre Encantado e Estrela.
Elaborado pelo Autor (2021).44

Figura 43: Turma da 1º edição do curso básico on-line de capacitação em
percepção e mapeamento de risco geológico 45

1. INTRODUÇÃO

A Bacia do Rio Taquari está localizada na região Nordeste do estado do Rio Grande do Sul e possui uma área aproximada de 26,5 mil km² (Figura 1). Na extensão do rio Taquari e seus afluentes são recorrentes os episódios de precipitações que deflagram elevações significativas em seus níveis: as ocorrências de eventos de cheias na Bacia do Rio Taquari estão associadas tanto a precipitações de longa duração quanto às precipitações intensas e de menor duração. Para monitorar as diferentes condições hidrológicas ao longo da Bacia do Rio Taquari entrou em operação, em 2015, o Sistema de Alerta Hidrológico (SAH) Taquari, o qual é operado e mantido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). O SAH-Taquari conta com 12 estações de monitoramento hidrometeorológico e realiza previsões de níveis para quatro municípios.

Neste relatório são apresentados os resultados da operação do SAH-Taquari no ano de 2021.

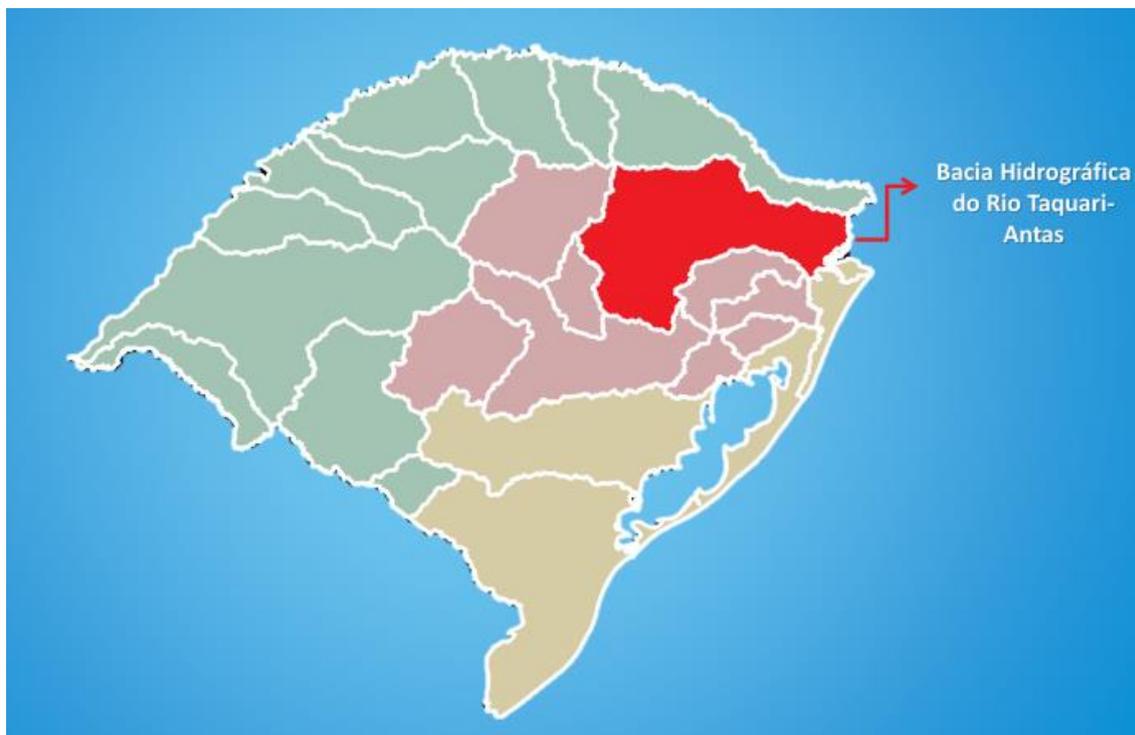


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Taquari. Fonte: SEMA-RS, 2021.

2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI

2.1 Características Fisiográficas

A bacia do rio Taquari é uma sub-bacia do rio Jacuí, possui forma irregular, situando-se entre as latitudes 28°00' e 29°55' e longitudes de 49°55' e 52°00' WGR (Figura 2). Seus limites são a bacia do rio Pelotas, ao norte; a bacia do Jacuí, ao oeste e ao sul; e as bacias dos rios Caí e Sinos e pequenas bacias costeiras, ao leste. Drena uma área de aproximadamente 26.428 km², o que corresponde a cerca de 9% do território gaúcho.

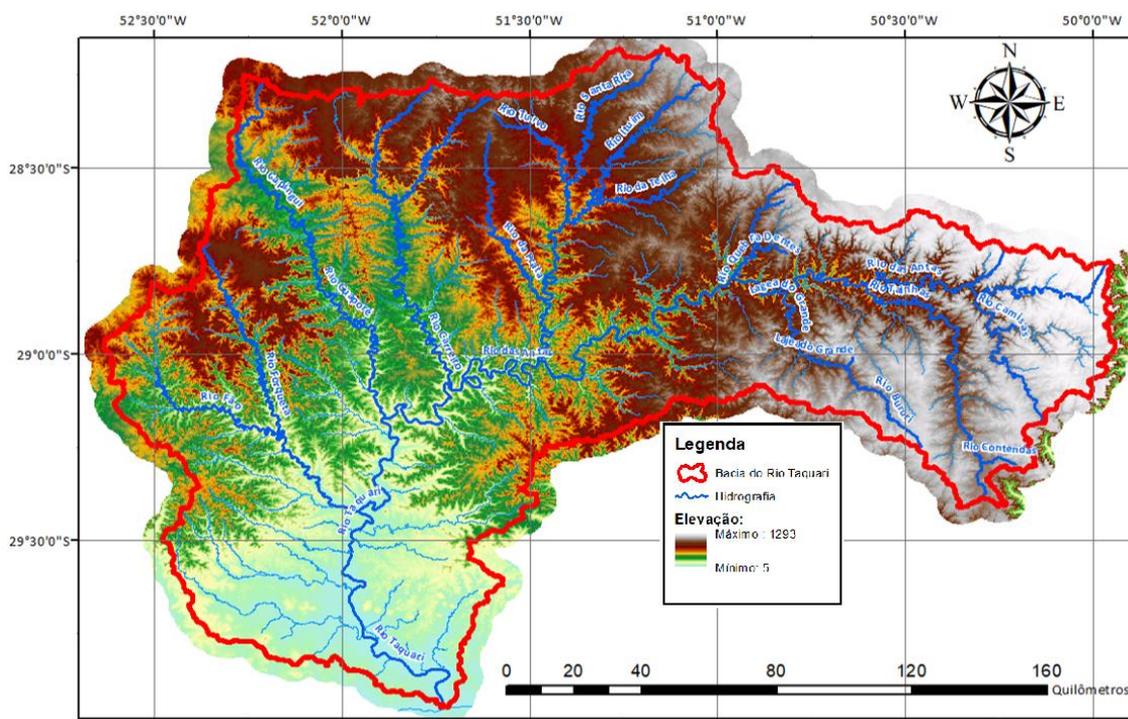


Figura 2. Altimetria na bacia hidrográfica do rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021).

O rio Taquari nasce na Serra Geral, próximo a região dos Aparados da Serra, no município de São José dos Ausentes, em altitudes superiores a 1.100m, sendo denominado “rio das Antas” até a foz do rio Carreiro. Desenvolve-se para oeste até a cidade de Muçum, onde muda para direção norte-sul, até desembocar no rio Jacuí, junto a cidade de Triunfo, após um percurso aproximado de 520km. Seus principais afluentes são os rios da Prata, Carreiro, Guaporé e Forqueta.

Até a cidade de Muçum, o rio vence regiões muito acidentadas, onde as seções transversais demonstram um forte encaixamento do seu curso, com vales altos de margens abruptas. Esse comportamento só se altera a jusante da cidade de Muçum, quando as declividades são mais amenas e as margens são baixas.

2.2 Solos, Uso e Ocupação

Próximo às nascentes do rio Antas, localiza-se uma superfície aplainada, onde grande parte dos solos origina-se de rochas efusivas ácidas onde predominam os solos de textura argilosa ou muito argilosa. Em altitudes um pouco menores, ocorrem os solos derivados de rochas efusivas básicas de textura muito argilosa, principalmente nas imediações de Vacaria e Lagoa Vermelha, onde o relevo característico é forte ondulado e montanhoso, e os solos que predominam são um complexo de solos, quase todos com fase pedregosa. Apesar de forte inclinação representada pelo relevo, são áreas intensamente utilizadas nas pequenas propriedades que dominam a cenário fundiário local, dado o ótimo nível de fertilidade natural. Já nas baixas altitudes, com influência de outros materiais de origem, os solos aumentam sua diversidade. Destacam-se os solos com texturas variando entre arenosa e média, originados de arenitos. Outros solos, com deficiência de drenagem, aparecem nas proximidades da foz do Taquari. A Figura 3 a seguir apresenta o mapa de solos da bacia (IBGE, 2002).

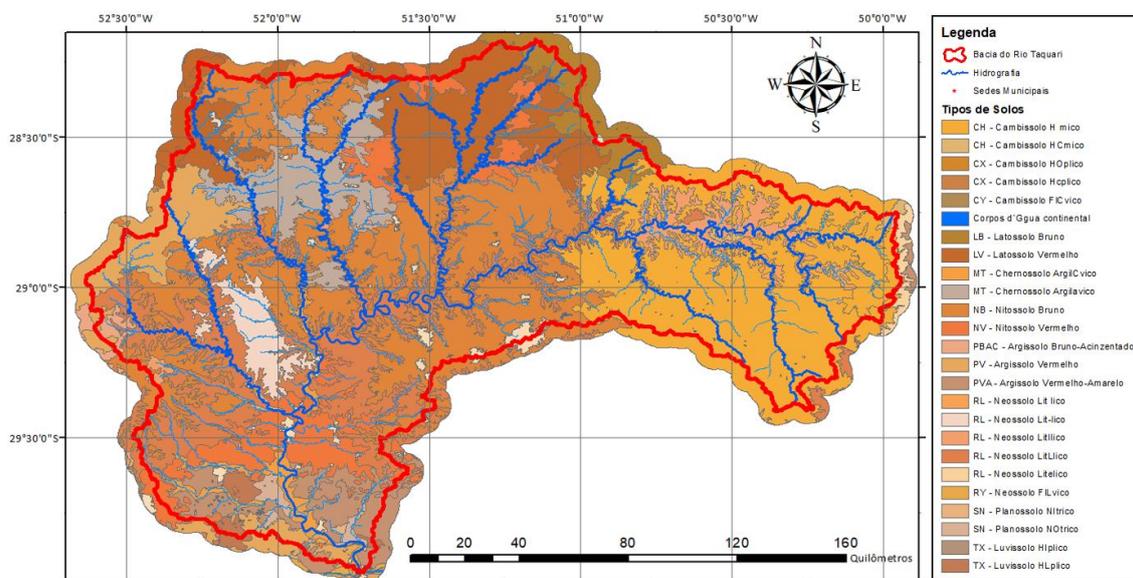


Figura 3. Mapa de solos na bacia hidrográfica do rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de IBGE (2002).

Em relação ao uso e ocupação do solo (Figura 4), na região das nascentes do rio Taquari-Antas, nos campos de cima da serra (estepes), predomina a criação extensiva de gado. Esta paisagem muda na altura da cidade de Antônio Prado, onde passa a predominar a pequena propriedade rural com uso intensivo do solo, principalmente pecuária. Quanto ao uso agrícola, destacam-se em área cultivada as sub-bacias dos rios Carreiro, Forqueta e das Antas, nas quais predominam as

culturas de milho e soja. Além destas culturas, o arroz é cultivado nas partes mais planas, ao sul da bacia.

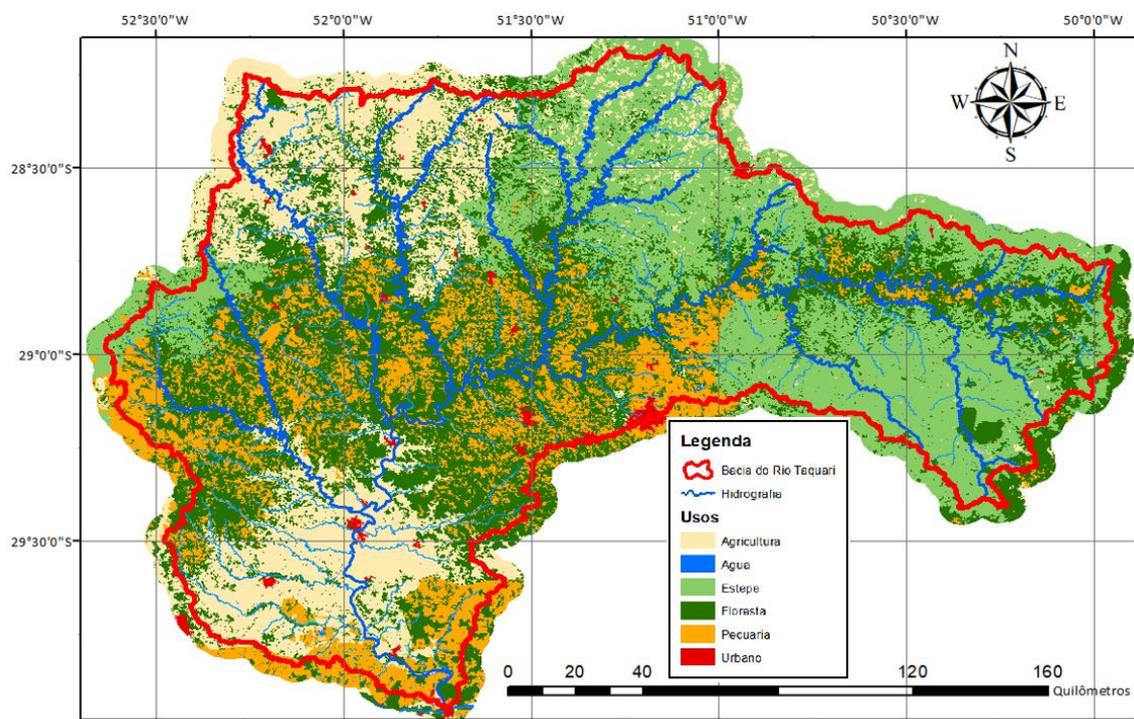


Figura 4. Usos do solo na bacia hidrográfica do rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de MMA (2021).

A vegetação de floresta é principalmente Ombrófila Mista com árvores do tipo latifoliada, cujo elemento principal é a Araucária, desenvolvendo-se junto a pequenos arbustos e capões. Sua continuidade é interrompida pela ocorrência de estepes, campos limpos com domínio das espécies rasteiras, cujas modalidades e locais de ocorrência recebem denominações diferentes.

2.3 Demografia

A bacia do rio Taquari está localizada em uma das regiões mais desenvolvidas do Rio Grande do Sul. Os municípios integrantes (Figura 5) desta bacia concentram 20% do PIB estadual, caracterizando-se por possuírem a base econômica voltada para o setor industrial. Na indústria destacam-se os setores de vestuário e artefatos de tecidos, metalúrgica, madeira, produtos alimentares, mobiliário, calçados e minerais não metálicos. Destaca-se também o setor hidrelétrico, com três UHEs e mais de dez PCH, aproveitando o potencial energético das quedas devido às declividades da bacia.

Representando cerca de 16% da população estadual (Figura 6) os municípios integrantes da bacia do Taquari-Antas caracterizam-se por um elevado grau de

urbanização, por uma densidade demográfica de 40 hab/km² e por uma taxa de crescimento populacional próxima à média do Estado.

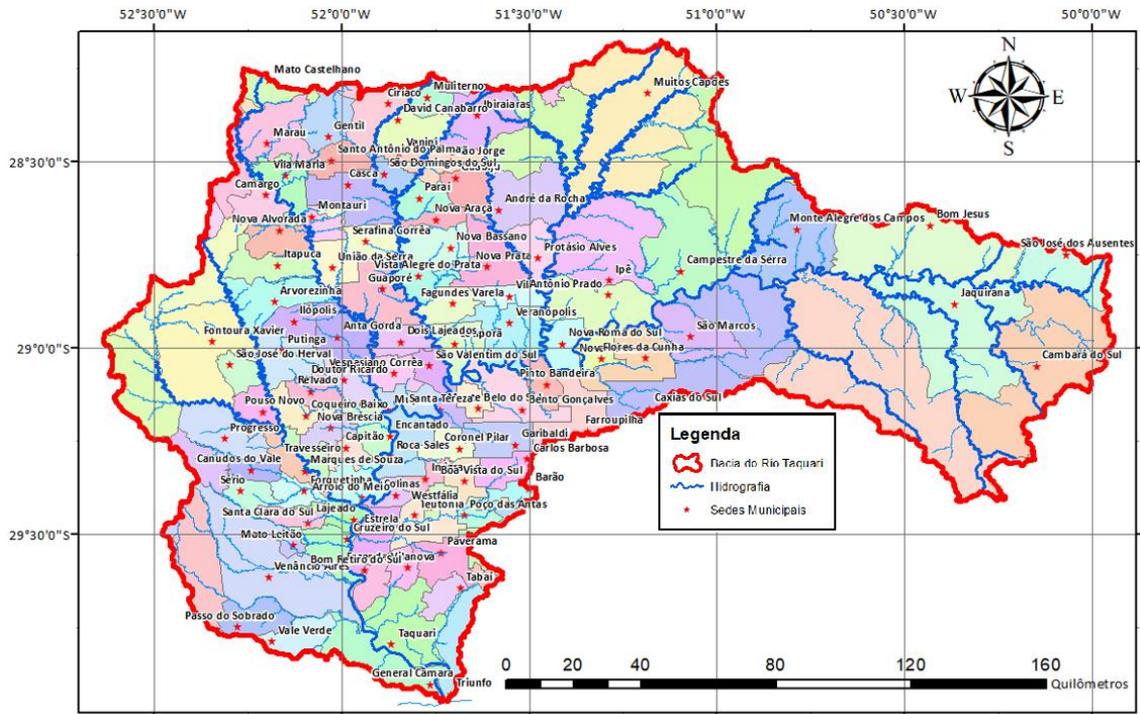


Figura 5. Divisão política dos municípios na bacia hidrográfica do rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de IBGE (2010).

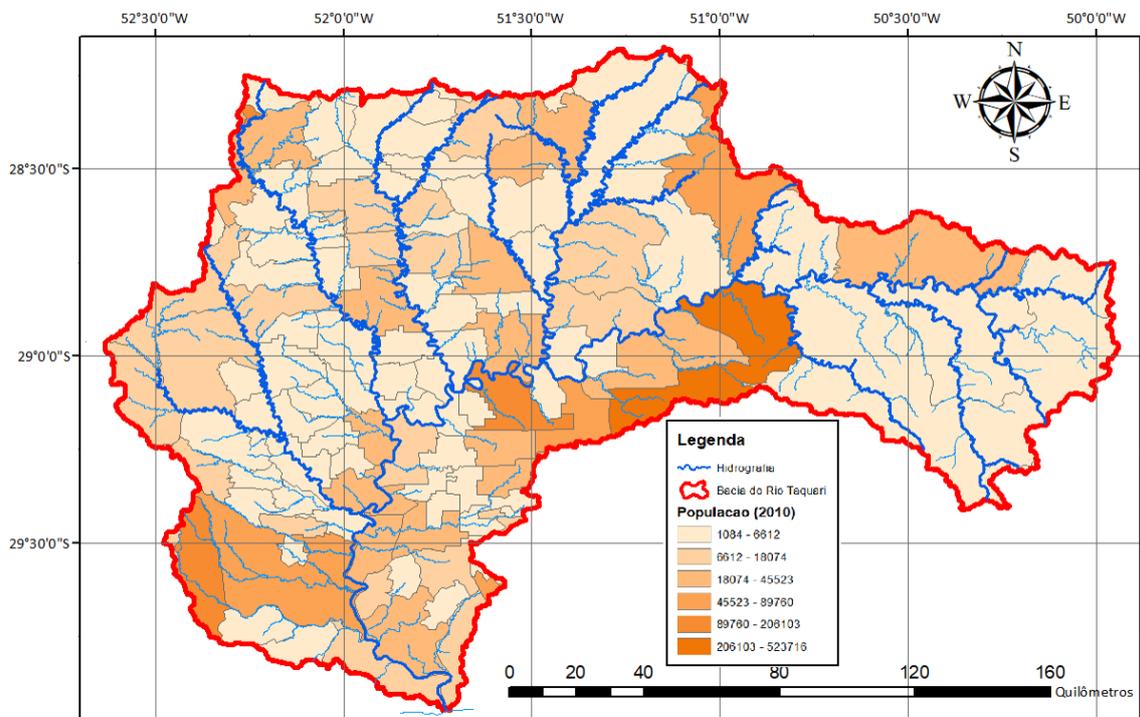


Figura 6. População dos municípios na bacia hidrográfica do rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de IBGE (2010).

Os municípios nos quais há estações que recebem previsões de níveis nos boletins de monitoramento do SAH Taquari estão apresentados na Tabela 1, juntamente com suas respectivas populações, conforme dados do censo IBGE (2010). Ao todo, a população dos municípios atendidos chega a aproximadamente 127 mil habitantes.

Tabela 1. Municípios atendidos e população

Município	População (hab)
Muçum	4.791
Encantado	20.514
Estrela	30.626
Lajeado	71.481

Elaborado pelo Autor (2021) com dados de (IBGE, 2010)

2.4 Hidrologia

A caracterização da precipitação na bacia do rio Taquari é apresentada na Figura 7, através das isoietas médias anuais e precipitação média anual para o período de 1977 a 2006, obtidas a partir do Atlas Pluviométrico do Brasil (Pinto *et al.*, 2011).

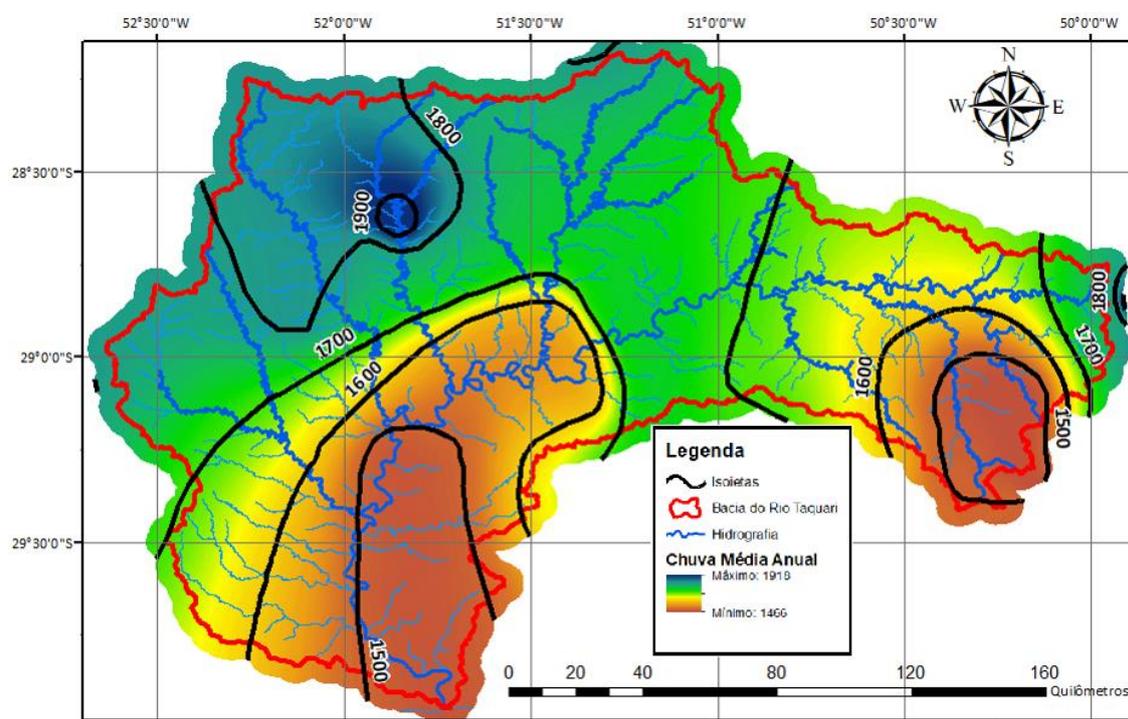


Figura 7. Isoietas médias anuais e precipitação média anual. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de Pinto *et al.* (2011)

A precipitação tem uma distribuição uniforme durante o ano, não havendo um período de seca definido. As precipitações médias anuais variam de 1.900 mm nas cabeceiras dos afluentes (rio Guaporé) da margem direita do rio Taquari, até

1.400 mm na região de baixa altitude próximo à foz e na região de maior altitude próximo as escarpas litorâneas.

A deflagração de eventos hidrológicos extremos na bacia do rio Taquari ocorre tanto por precipitações de longa duração provocadas pelas frentes frias, quanto com precipitações intensas e de menor duração nos períodos mais quentes.

Nas regiões de maior declividade, a bacia se caracteriza por escoamentos superficiais rápidos e bruscas variações de descargas, rede de drenagem densa com tendência radial, pouca cobertura vegetal, pouca profundidade e baixa permeabilidade dos solos. Na Figura 8 pode-se observar o comportamento hidrológico na estação de Muçum, na qual estão apresentados os níveis mínimos e máximos diários ao longo do ano, bem como está destacado (em azul) o ano de 2001 em que ocorreu a maior nível observado nesta estação.

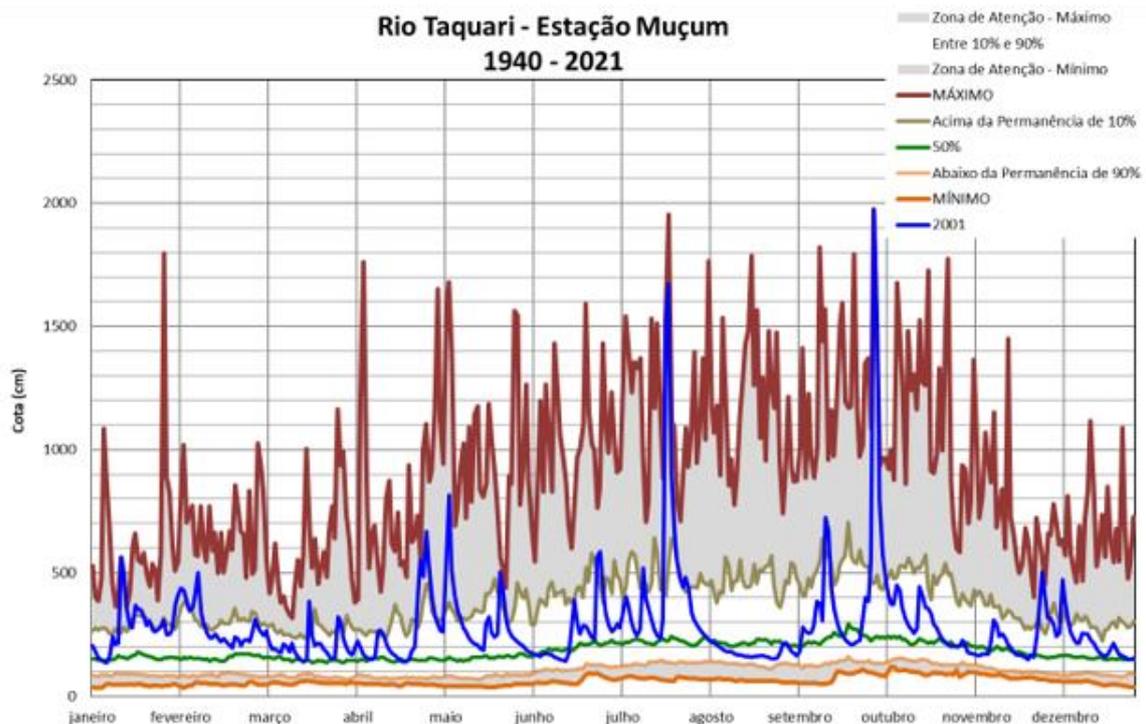


Figura 8. Níveis mínimos, médios e medianos diários na estação Muçum, no Rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021)

Nas regiões de menor declividade o escoamento superficial perde energia, se torna mais lentos e com variações mais graduais, com ocorrência de planícies de inundação e influências de remanso provocados pela barragem de navegação em Bom Retiro do Sul e pelo rio Jacuí na foz. Como exemplo deste comportamento,

na Figura 9, estão apresentados os níveis da estação Porto Mariante, destacando (em azul) o ano de 1941 em que ocorreu a maior nível observado nesta estação.

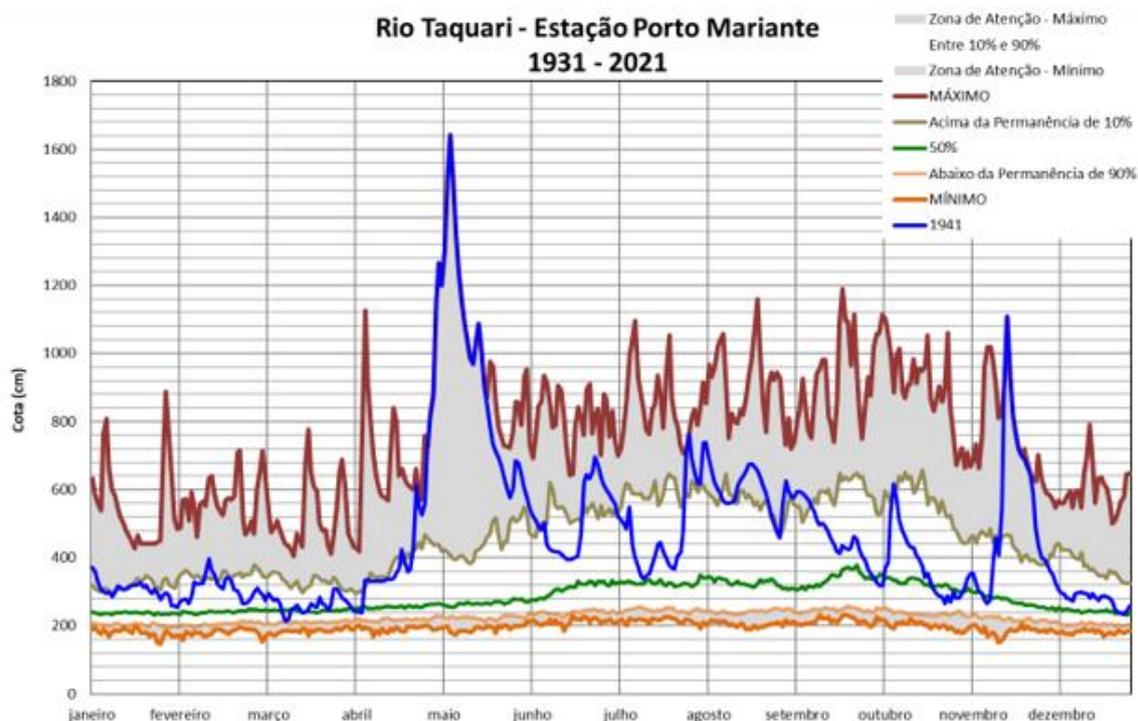


Figura 9. Níveis mínimos, médios e medianos diários na estação Porto Mariante, no Rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021).

2.5 Monitoramento Hidrometeorológico

Conforme dados do inventário das estações hidrometeorológicas nacionais (ANA, 2021) existem 54 estações pluviométricas convencionais e 45 estações fluviométricas convencionais em operação na área de extensão da Bacia do Rio Taquari, além de 171 estações telemétricas; a distribuição das estações está apresentada na Figura 10.

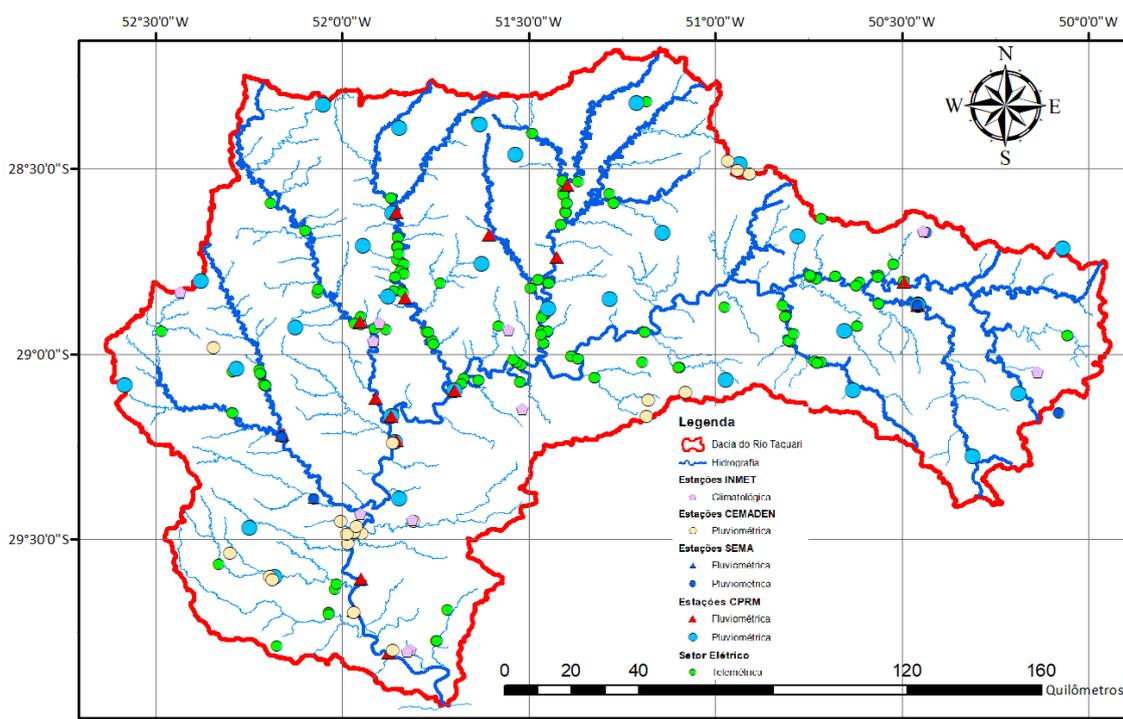


Figura 10. Estações hidrometeorológicas em operação na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de ANA (2021).

3. OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA DO RIO TAQUARI

O Sistema de Alerta Hidrológico (SAH) Taquari entrou em operação em outubro de 2015, sendo realizadas previsões de níveis para 4 municípios no Rio Grande do Sul: Muçum, Encantado, Estrela e Lajeado. Maior detalhamento deste monitoramento é apresentado na próxima seção deste relatório.

3.1 Área de Abrangência

As estações operadas pela CPRM que compõem o monitoramento hidrometeorológico do SAH Taquari estão apresentadas na Figura 11; em destaque estão as três estações para as quais se realiza previsão de níveis, são elas: Estrela, Encantado e Muçum, todas no rio Taquari.

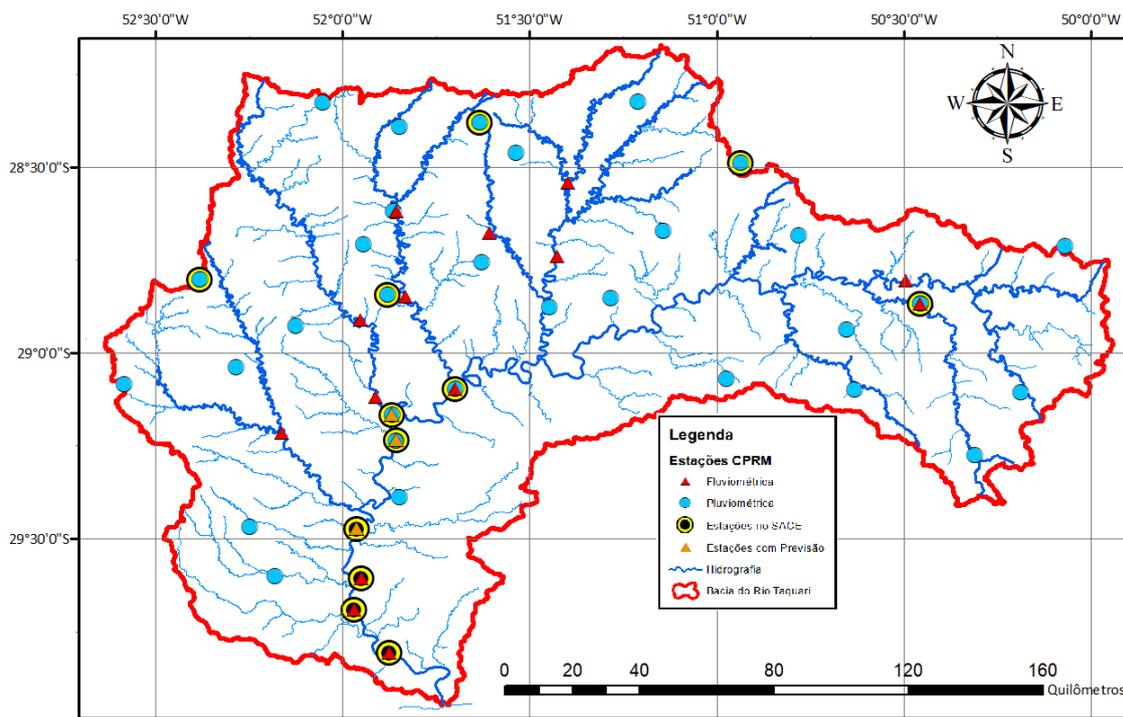


Figura 11. Estações do SAH Taquari. Elaborado pelo Autor (2021).

O SAH Taquari é composto atualmente por 12 estações de monitoramento hidrológico automáticas (Tabela 2), distribuídas ao longo da calha principal do rio Taquari e de seus principais afluentes; a Tabela 2 ilustra as informações geográficas dos pontos de monitoramento. As estações coletam, primariamente, dados pluviométricos e fluviométricos, com intervalo de 15 minutos, os dados são agrupados em blocos horários, com quatro intervalos cada, e transmitidos via satélite.

Tabela 2 – Estações Integrantes do Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Taquari.

Sigla	Nome	Município	Longitude	Latitude	Rio	Area (km ²)
02852004	Auler	Soledade	-52,38154	-28,8034	-	-
02850045	Vacaria	Vacaria	-50,95361	-28,5175	-	-
02851044	Guaporé	Guaporé	-51,90155	-28,86871	-	-
02851072	Ibiraíaras	Ibiraíaras	-51,63277	-28,37277	-	-
86160000	Passo Tainhas	Jaquirana	-50,39594	-28,88269	Rio Tainhas	1120
86472000	Linha José Júlio	Santa Tereza	-51,69956	-29,09807	Rio das Antas	13000
86510000	Muçum	Muçum	-51,86722	-29,16694	Rio Taquari	16000
86720000	Encantado	Encantado	-51,85507	-29,23519	Rio Taquari	19100
86879300	Estrela	Estrela	-51,96281	-29,47349	Rio Taquari	22472
86882000	Bom Retiro do Sul	Bom Retiro do Sul	-51,9504	-29,60837	Rio Taquari	23900
86895000	Porto Mariante	Venâncio Aires	-51,9665	-29,69958	Rio Taquari	24600
86950000	Taquari	Taquari	-51,87659	-29,80688	Rio Taquari	25900

Elaborado pelo Autor (2021).

3.2 Boletins Emitidos

Desde o início da operação foram emitidos ao todo 50 boletins extraordinários de alerta de cheia, sendo 3 no ano de 2021, a distribuição mensal e anual dos boletins emitidos é apresentada nas Figuras 12 e 13, a seguir. Eventos hidrológicos extremos podem ocorrer em qualquer mês do ano na região da Bacia do Rio Taquari, porém os maiores eventos se concentram entre os meses de maio e outubro, conforme Figura 14.

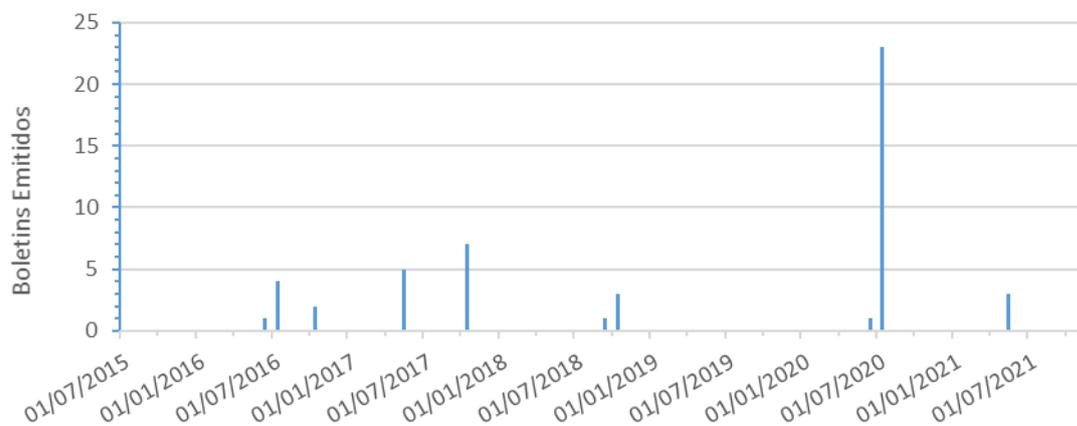


Figura 12. Boletins emitidos no SAH-Taquari desde 2015. Elaborado pelo Autor (2021).

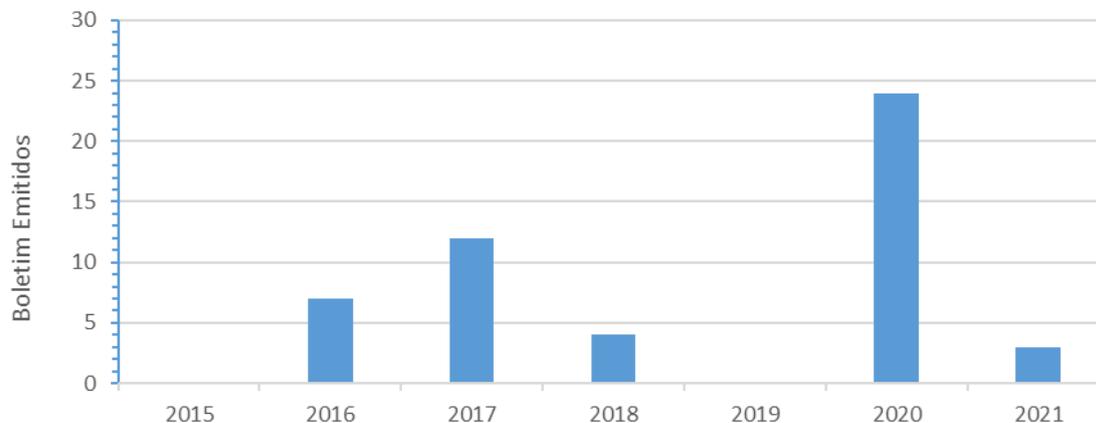


Figura 13. Boletins emitidos no SAH-Taquari desde 2015, por ano de operação. Elaborado pelo Autor (2021).

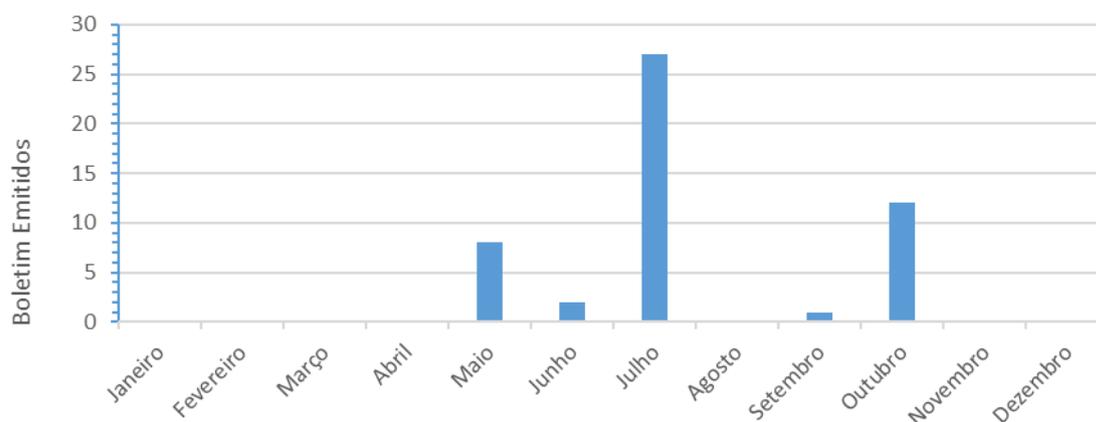


Figura 14. Frequência total mensal de boletins emitidos no SAH-Taquari desde 2015. Elaborado pelo Autor (2021).

O acesso às informações do monitoramento SAH Taquari pode ser realizado através da plataforma [SACE - SAH Taquari](#) (Sistema de Alerta de Eventos Críticos), que foi desenvolvida pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) para disponibilizar todas as informações geradas no contexto dos Sistemas de Alerta Hidrológico.

3.3 Monitoramento Pluviométrico

Nas Figura 155 a 19 estão apresentadas as precipitações acumuladas de janeiro a outubro de 2021 na área que compreende a bacia do rio Taquari.

A precipitação acumulada mensal de janeiro a julho de 2021 foi obtida através do produto GPM IMERG Final Precipitation L3 1 month 0.1 degree x 0.1 degree V06 (GPM_3IMERGM) (Huffman et al., 2019a), já a precipitação acumulada mensal de agosto a outubro foi obtida através do produto GPM IMERG Late Precipitation L3 Half Hourly 0.1 degree x 0.1 degree V06 (GPM_3IMERGHHL) (Huffman et al., 2019b), devido à disponibilidade de dados. Os produtos IMERG fornecem a precipitação obtida a partir de vários satélites com sensores de microondas passivos da constelação GPM (Global Precipitation Measurement), os quais após processamento e calibração têm resolução espacial de 0.1°.

Em geral são observados se comportamentos distintos da precipitação ao longo da extensão da Bacia do Rio Taquari, com destaque para as precipitações elevadas na região ao norte e noroeste da bacia, entre maio e outubro de 2021, a qual ocasionou a rápida elevação dos níveis (em maio) dos rios e resultou em um evento que atingiu nível de alerta na estação Estrela. Destaca-se também o baixo volume observado em abril e em julho.

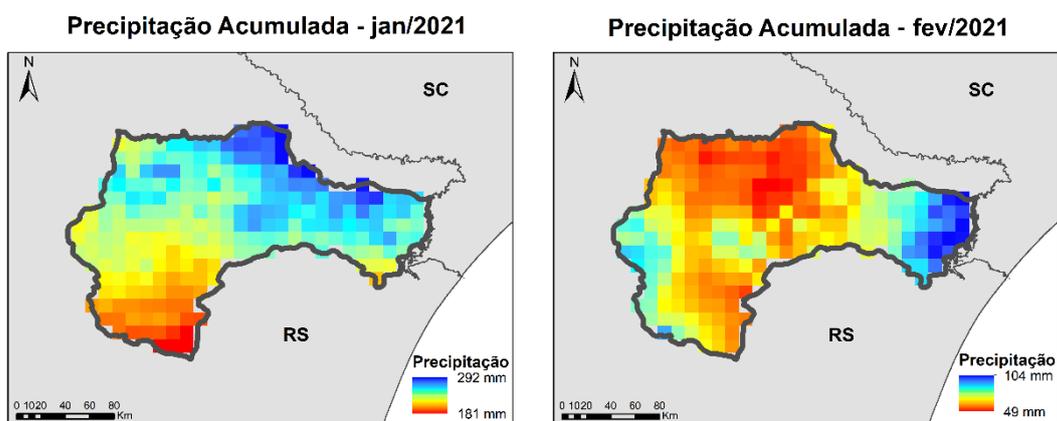


Figura 15. Precipitação acumulada em janeiro e fevereiro de 2021. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de Huffman *et al.* (2019a,b).

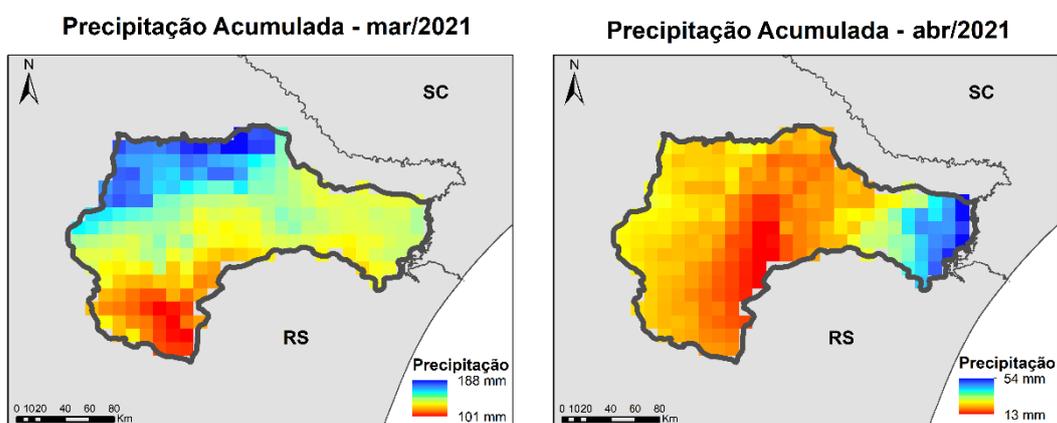


Figura 16. Precipitação acumulada em março e abril de 2021. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de Huffman *et al.* (2019a,b).

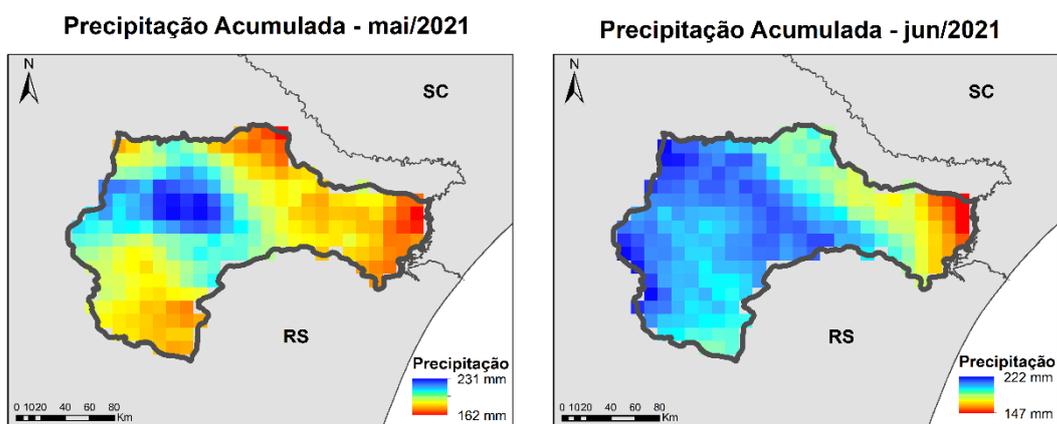


Figura 17. Precipitação acumulada em maio e junho de 2021. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de Huffman *et al.* (2019a,b).

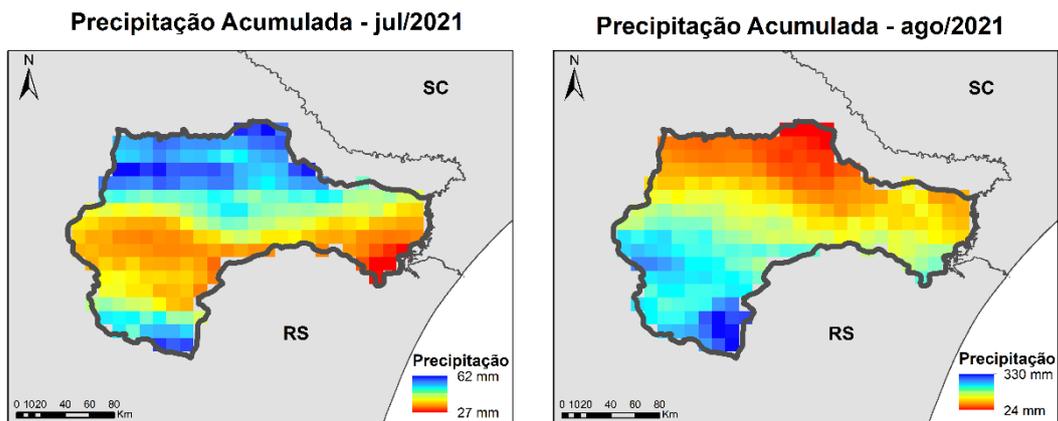


Figura 18. Precipitação acumulada em julho e agosto de 2021. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de Huffman *et al.* (2019a,b).

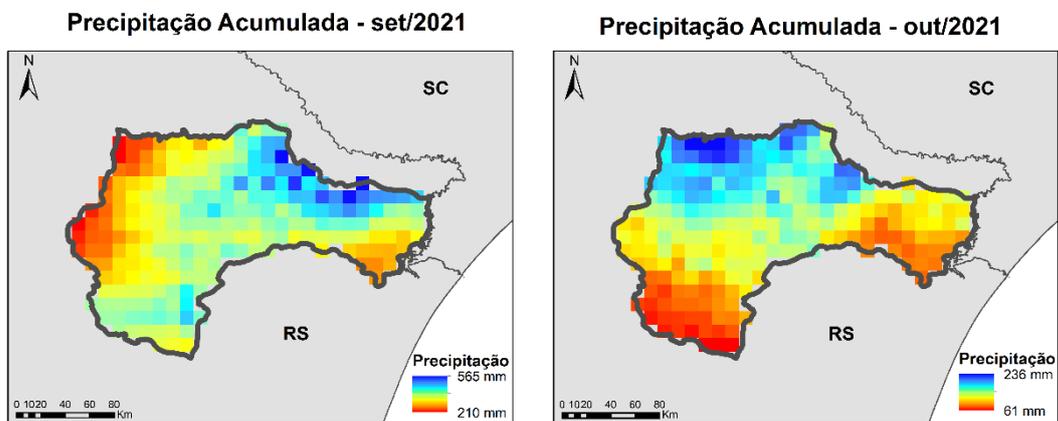


Figura 19. Precipitação acumulada em setembro e outubro de 2021. Elaborado pelo Autor (2021) com dados de Huffman *et al.* (2019a,b).

3.4 Monitoramento Fluviométrico

Nas Figuras 20 a 22 estão apresentados o monitoramento dos níveis dos rios ao longo do ano de 2021, até novembro, nas três estações fluviométricas nas quais se realiza previsão de níveis. Nas estações localizadas no rio Taquari as maiores cotas observadas ocorreram em janeiro, maio e junho.

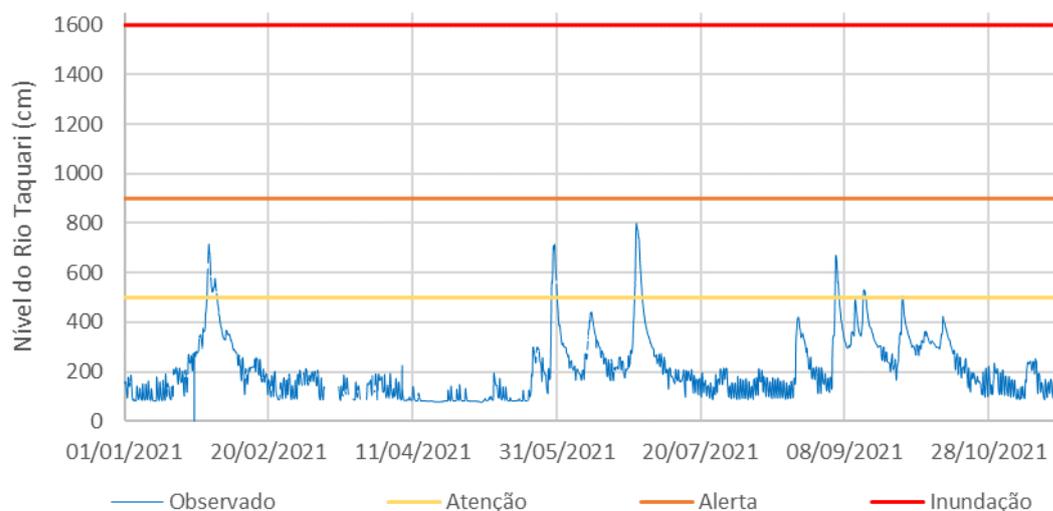


Figura 20. Monitoramento Fluviométrico em Muçum, no Rio Taquari, no ano de 2021.
Elaborado pelo Autor (2021).

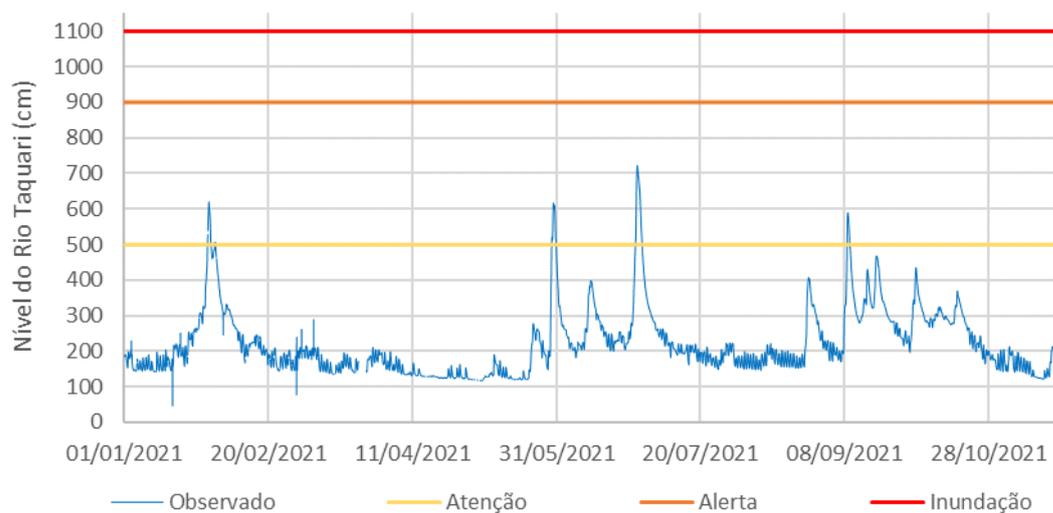


Figura 21. Monitoramento Fluviométrico em Encantado, no Rio Taquari, no ano de 2021.
Elaborado pelo Autor (2021).

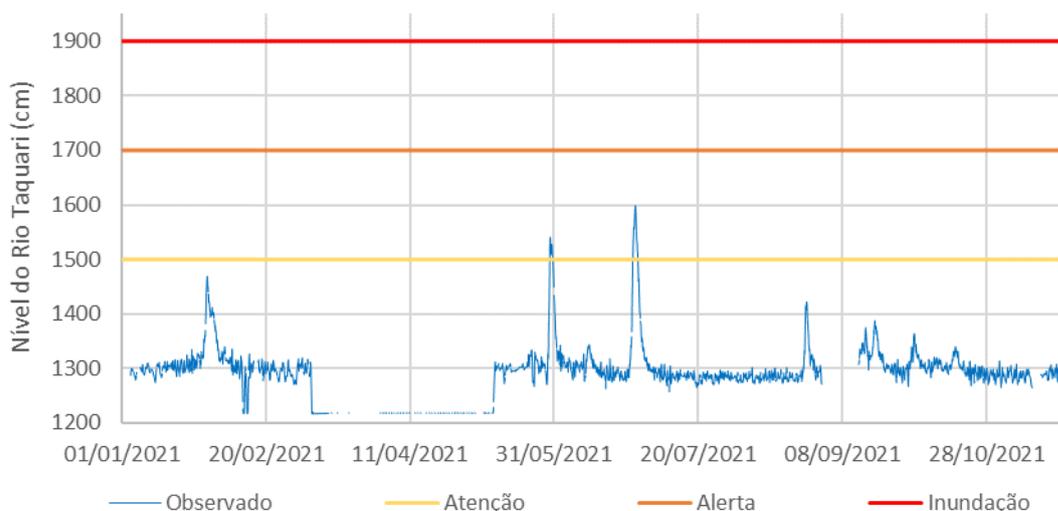


Figura 22. Monitoramento Fluviométrico em Estrela, no Rio Taquari, no ano de 2021.
Elaborado pelo Autor (2021).

- **Detalhamento do evento ocorrido em maio de 2021**

Em junho de 2021 ocorreu a atualização nos níveis de referência da estação Estrela (86879300), elevando o nível de referência para o estado de alerta de 15 para 17 metros. Em decorrência dessa elevação houve emissão de boletins hidrológicos extraordinários apenas no evento ocorrido no mês de maio, quando vigorava a antiga cota de referência. O evento ocorreu entre 28/05/2021 e 31/05/2021, com precipitações que variaram de 30 mm (02951070) à 82,2 mm (02851072). Foram observadas elevações dos níveis no rio Taquari com máximas de 715 cm em Muçum, 617 cm em Encantado e 1541 cm em Estrela/Lajeado. O tempo de recorrência para os níveis supracitados é inferior a 1 ano.

A Figura 23 apresenta a evolução dos níveis do rio Taquari em diversos pontos de monitoramento. A Tabela 3 apresenta um resumo dos níveis máximos observados durante o evento.

Tabela 3. Níveis máximos observados durante o evento ocorrido em maio de 2021.

Estação	Nível Máximo Observado (cm)	Data - Hora
86510000	715	30/5/21 7:45
86720000	617	29/5/21 23:30
86879300	1541	29/5/21 17:00

Elaborado pelo Autor (2021)

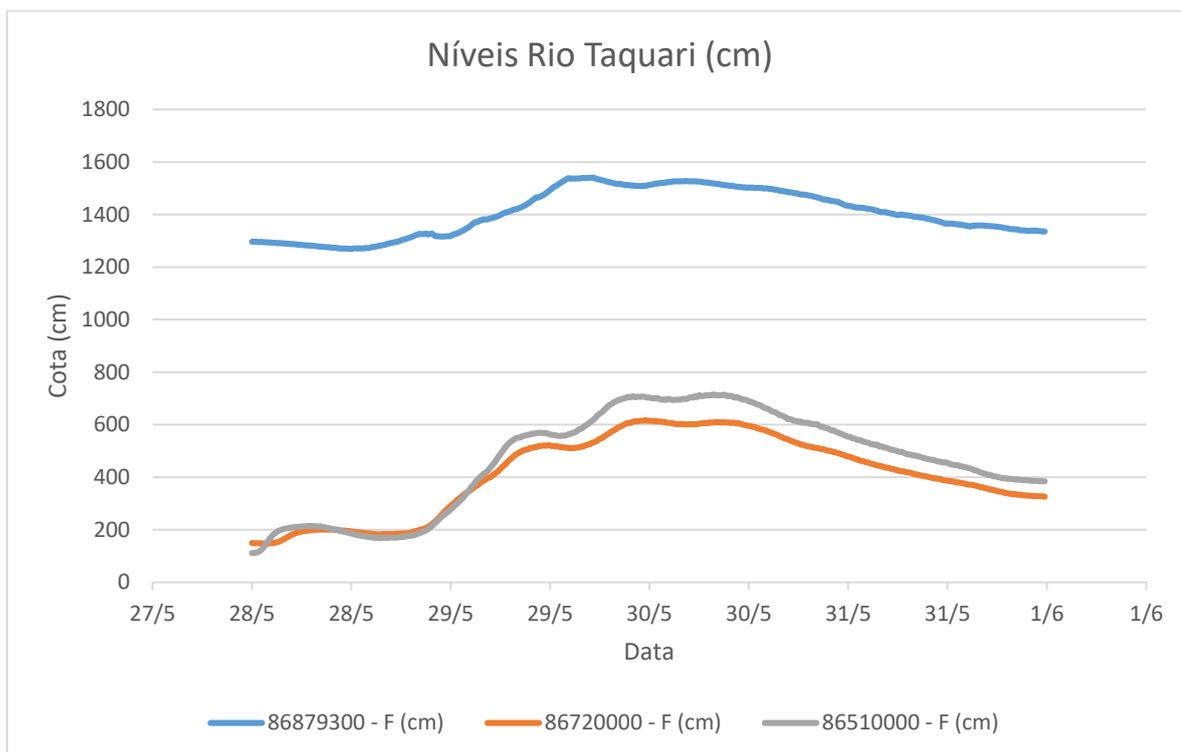


Figura 23. Cotagrama estações fluviométricas localizadas no rio Taquari durante o evento ocorrido em maio de 2021. Elaborado pelo Autor (2021).

A precipitação registrada no período foi superior a 30 mm em todos os postos de monitoramento, atingido 82,2 mm no posto 02851072 (Ibiraíaras). A máxima precipitação registrada em um período de 24 horas foi de 82 mm, entre as 07:00 do dia 28/05/2021 e 07:00 do dia 29/05/2021, também na estação Ibiraíaras. A Tabela 4 traz uma síntese dos dados de precipitação observados durante o evento. As Figuras 24 a 26 apresentam a evolução dos níveis do rio Caí nas estações Muçum (86510000), Encantado (8720000) e Estrela (86879300) comparativamente ao total de precipitação acumulada em diferentes postos de monitoramento na bacia.

Tabela 4. Dados de precipitação observados durante o evento ocorrido em maio de 2021.

Estação	Precipitação Acumulada (mm) 4 dias (28/05-31/05/2021)	Máxima Precipitação Acumulada em 24h (mm)
86879300	65.8	65.8 (28-29/05/2021 10:45:00)
02951010	76.6	76.6 (28-29/05/2021 3:00:00)
02951070	30	23.0 (28-29/05/2021 5:00:00)
02850009	74	73.8 (28-29/05/2021 3:15:00)
02851072	82.2	82 (28-29/05/2021 7:00:00)
02850045	57.4	57 (28-29/05/2021 5:00:00)

Elaborado pelo Autor (2021)

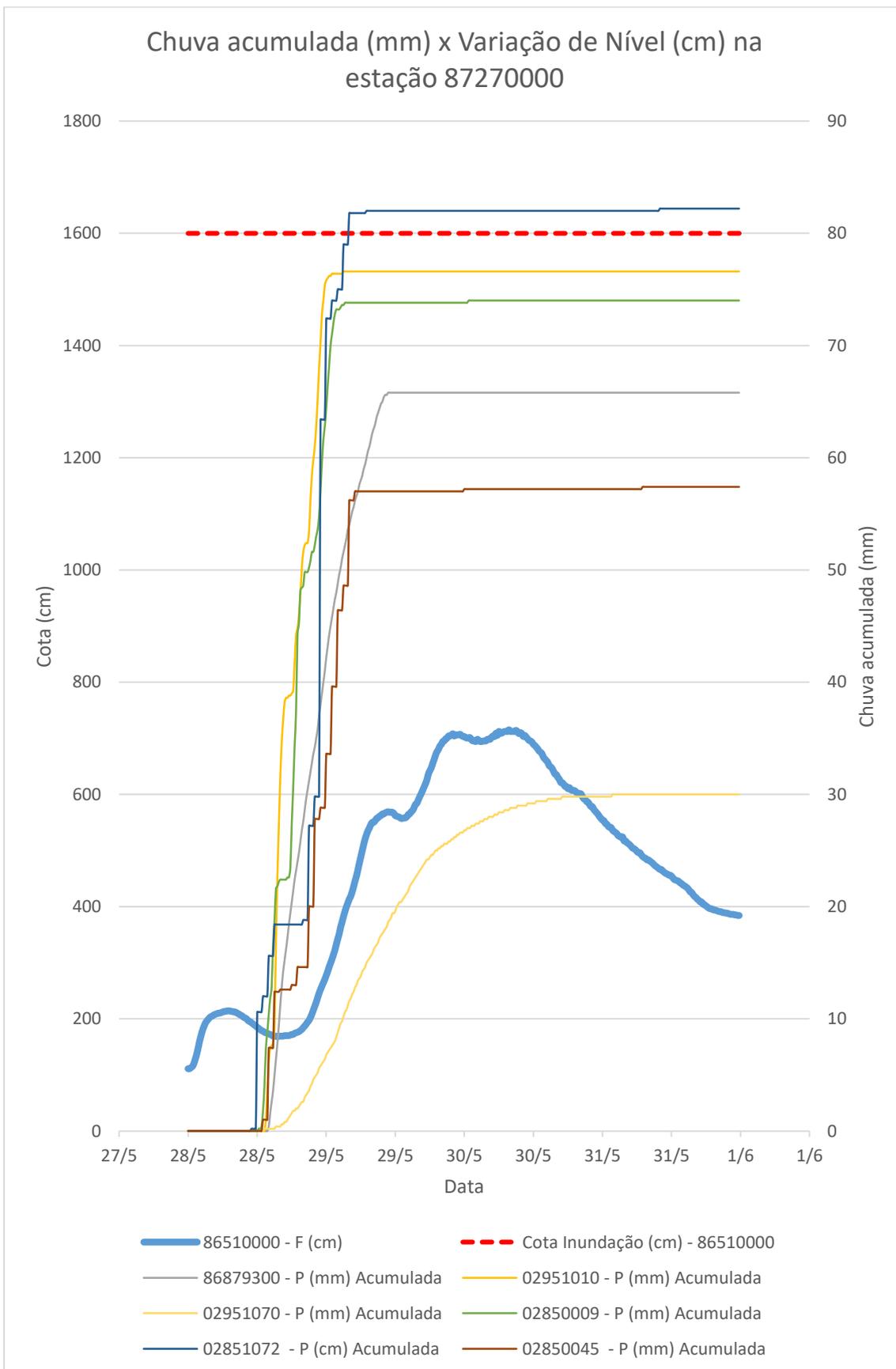


Figura 24. Cotagrama estação Muçum e chuva acumulada nas estações do SAH-Taquari durante o evento. Elaborado pelo Autor (2021).

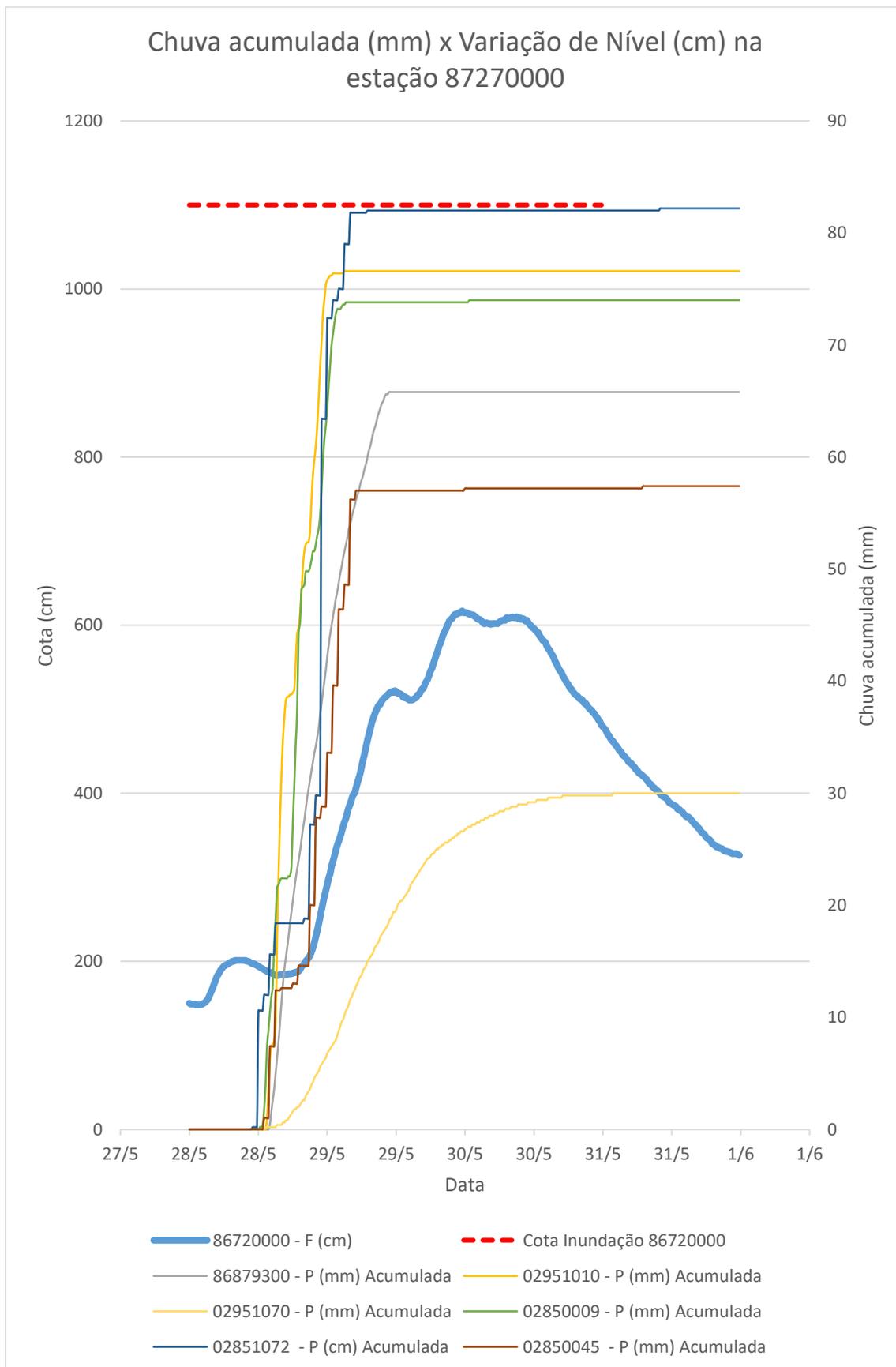


Figura 25. Cotagrama estação Encantado e chuva acumulada nas estações do SAH-Taquari durante o evento. Elaborado pelo Autor (2021).

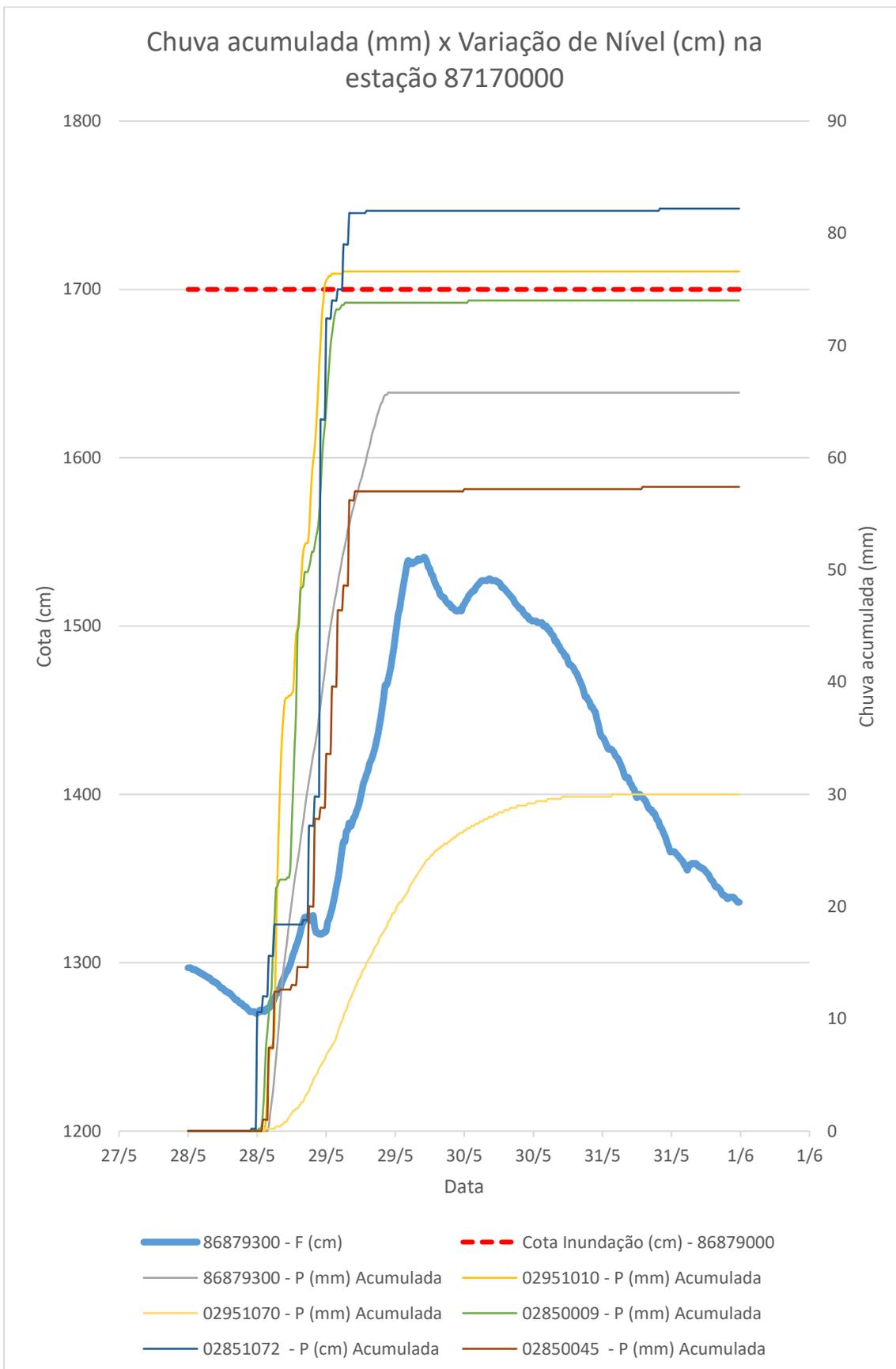


Figura 26. Cotagrama estação Estrela e chuva acumulada nas estações do SAH-Taquari durante o evento. Elaborado pelo Autor (2021).

Durante o evento o Sistema de Alertas Hidrológicos da Bacia do Rio Taquari (SAH-Taquari) produziu e disponibilizou três boletins de alerta hidrológico com previsões de níveis para os municípios de Estrela/Lajeado, beneficiando diretamente uma população de aproximadamente 102.000 pessoas. A Figura 27 traz um comparativo entre os valores previstos e observados para a estação Estrela, o erro médio observado nas previsões foi de aproximadamente 13,3 centímetros.

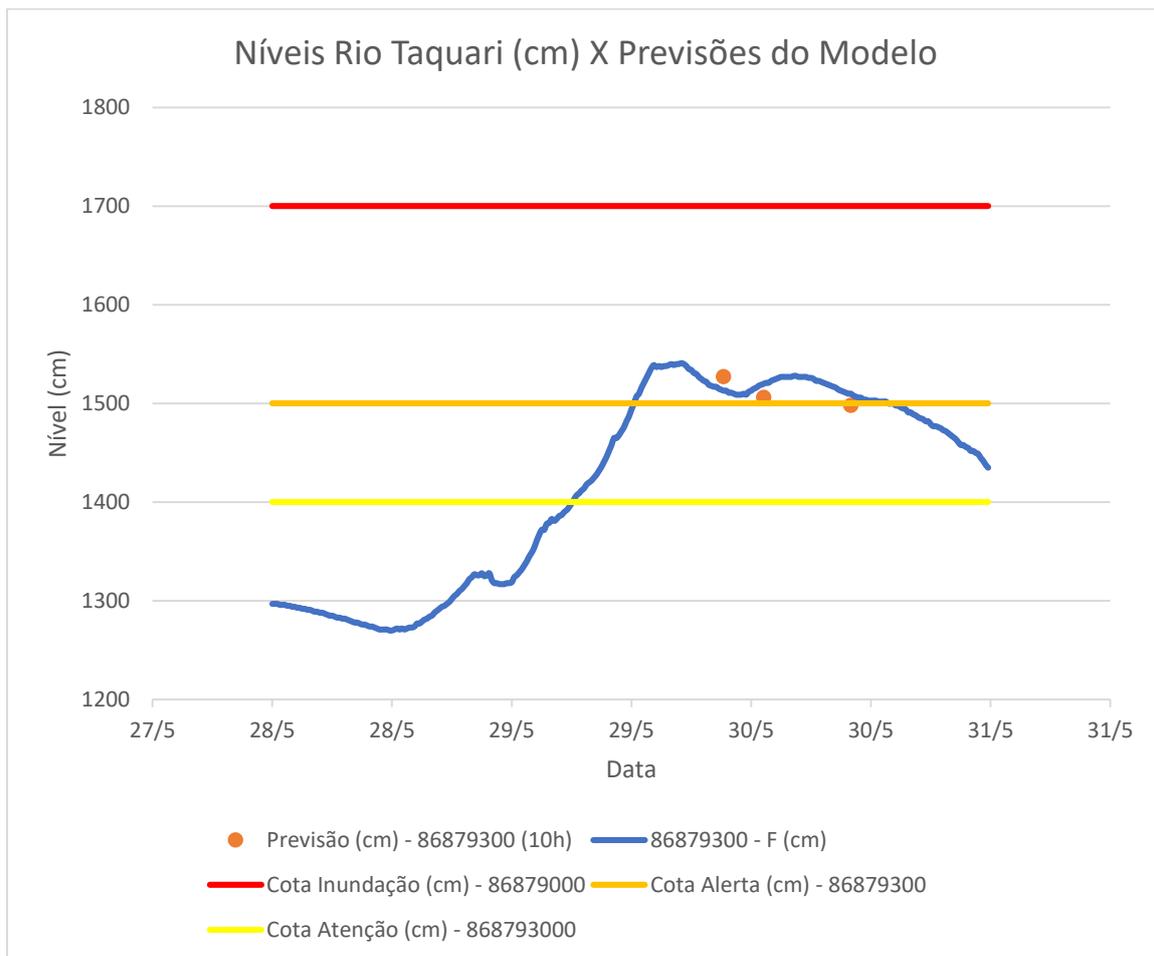


Figura 27. Cotagrama das estações 86879300 com previsões realizadas durante o evento hidrológico ocorrido no mês de maio de 2021. Elaborado pelo Autor (2021).

4. ATIVIDADES DE 2021

A seguir estão apresentadas as principais atividades desenvolvidas ao longo do ano de 2021 dentro da operação e área de abrangência do SAH Taquari.

4.1 Participação e Organização de Reuniões e Eventos

Apesar das restrições impostas pela pandemia de covid-19 a equipe do SAH-Taquari esteve presente em diversos eventos de forma virtual e presencial, cumprindo todos os requisitos de distanciamento social, ao longo do ano de 2021. Com foco em temas ligados a operação de sistemas de alertas hidrológicos, mapeamento de inundações, coleta e processamento de dados hidrometeorológicos foi possível contribuir para a capacitação dos membros de defesas civis de vários municípios do estado do Rio Grande do Sul.

Em junho de 2021 ocorreu uma reunião de aproximação com a prefeitura de Lajeado e coordenação da Microrregional de Defesa Civil do Vale do Taquari, para tratar da integração do Serviço Geológico do Brasil com as coordenações municipais que compõem a microrregional e sobre o alinhamento de possíveis parcerias dentro do contexto do SAH Taquari (Figura 28).



Figura 28. Reunião em Lajeado em junho de 2021. Fonte: Portal Região dos Vales (2021).

Em julho de 2021 ocorreu nova reunião (Figura 29), dessa vez com as coordenações municipais de Defesa Civil, e que contou com a presença do Coordenador Estadual e Regional de Defesa Civil, onde foi realizada apresentação das atividades desenvolvidas pela CPRM no âmbito do monitoramento de recursos hídricos e dos sistemas de alertas hidrológicos, além das atividade da

gestão territorial, visando alinhar com as defesas civis que compõem a microrregional de defesa civil do Vale do Taquari as possibilidades de utilização e interpretação dos produtos gerados, bem como visou promover a integração da CPRM com os coordenadores de defesa civil para a melhoria da comunicação entre as instituições.



Figura 29. Evento da Microrregional de Defesa Civil do Vale do Taquari para apresentação da CPRM, em Lajeado, julho de 2021. Fonte: Silva (2021).

Além destas, também ocorreu reunião com a equipe da secretaria de planejamento de Lajeado e a coordenadoria de defesa civil municipal (Figura 30), onde em conjunto foi realizada a definição de um local para a instalação das réguas linimétricas da estação Estrela.



Figura 30. Reunião para locação das réguas linimétricas em Lajeado, junho de 2021. Fonte: Mallmann (2021)

A equipe do SAH-Taquari também esteve presente no simulado de inundação realizado pela Coordenação Regional da Defesa Civil (CREPDEC 8) no mês de novembro, na ocasião foi possível interagir com os membros das defesas civis através da realização de um simulado, onde previsões hidrológicas fictícias foram geradas para as cidades de Estrela, Lajeado, Encantado e Muçum (Figura 31).

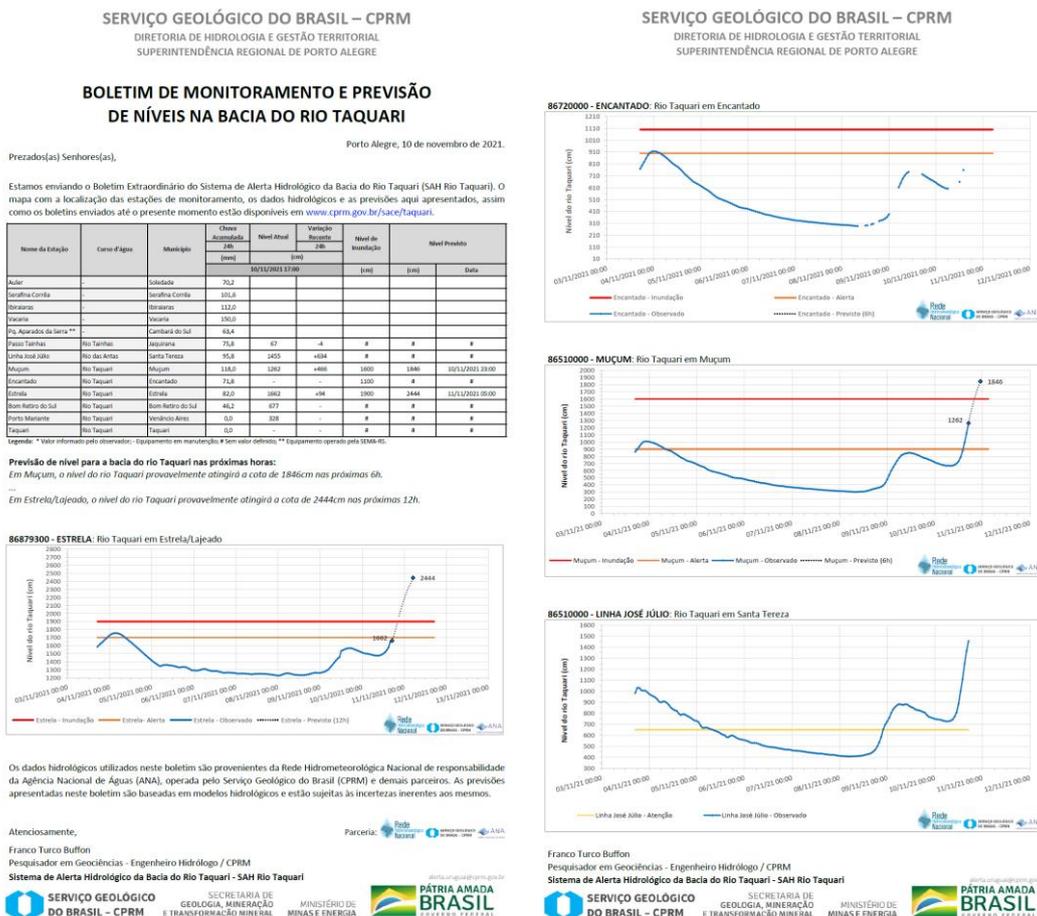


Figura 31. Boletim fictício para utilização no simulado, novembro de 2021. Elaborado pelo Autor (2021).

4.2 Levantamento de Cotas de Inundação

O SAH-Taquari têm sua rotina, como determinação de escala de plantonistas e emissão de boletins, orientada por níveis limimétricos (cotas) de referência, os quais também são utilizados para comunicação da situação hidrológica atual e futura ao público externo. Até o ano de 2020, os sistemas operados pelo Serviço Geológico do Brasil possuíam três níveis de referência: Cota de atenção (Possibilidade moderada de ocorrência de inundação), Cota de Alerta (Possibilidade elevada de ocorrência de inundação) e Cota de Inundação (Cota

em que o primeiro dano é observado no município). Esses limiares são definidos conforme metodologia proposta por Germano e Matos (2017), com pequenas adaptações para adequação a realidade local.

Com o intuito de manter os níveis de referência atualizados e compatíveis com as rotinas operacionais das defesas civis locais, durante os meses de outubro e novembro, foi realizada campanha de campo com a finalidade de coleta de pontos de referência para atualização dos níveis de inundação e utilização futura na elaboração de mapas de inundação (Figura 32). Os pontos de controle foram coletados por meio de rastreamento GNSS de precisão (L1/L2) a partir da indicação, pela defesa civil (DC) local, de regiões primeiramente afetadas durante a ocorrência de inundações. Os levantamentos foram realizados nos municípios de Muçum, Encantado, Estrela e Lajeado.



Figura 32. Atualização dos níveis de inundação, presença da defesa civil e vice-prefeito de Estrela, outubro de 2021.

4.3 Melhorias da Infraestrutura da Estações

Visando atender a uma demanda do município de Lajeado, para facilitar o acesso à leitura das réguas pelo corpo de defesa civil local, em outubro de 2021, foi instalada uma seção de réguas linimétricas na área urbana do município. A instalação ocorreu em um, pequeno, porto localizado na rua Osvaldo Aranha; a nova seção replica os dados observados na seção de réguas da estação Estrela que fica no município limítrofe. A Figura 33 ilustra o processo de nivelamento das réguas da nova seção.



Figura 33. Instalação de réguas linimétricas na estação Estrela, em Lajeado, outubro de 2021.
Fonte: Hautrive (2021).

Dando continuidade ao processo de modernização das estações do SAH-Taquari, nos meses de novembro e dezembro, as estações Taquari e Porto Mariante foram reinstaladas e passaram a contar com transmissão via satélite (GOES). A transmissão via satélite possibilitará maior confiabilidade ao sistema, uma vez que não é afetada por indisponibilidades que as redes de telefonia móvel costumam sofrer durante a ocorrência de eventos hidrológicos extremos. As Figuras 34 e 35 ilustram as obras de instalação das estações. Outra melhoria de infraestrutura implementada durante o ano foi a transferência do equipamento automático da estação Serafina Corrêa para a estação, vizinha, Guaporé. A mudança possibilitará maior proteção ao equipamento, bem como permitirá o suporte de um observador hidrológico.



Figura 34. Instalação de PCD com transmissão GOES na estação Taquari, novembro de 2021.



Figura 35. Instalação de PCD com transmissão GOES na estação Porto Mariante, dezembro de 2021.

4.4 Expansão do sistema

No âmbito do processo de expansão dos pontos de monitoramento e cobertura do sistema, em outubro, foi realizada campanha de campo, com a finalidade de identificar locais para instalação de novas estações e municípios com potencial para serem integrados ao sistema. Foram vistoriados locais nos municípios de Roca Sales, Arroio do Meio, Santa Tereza, Marques de Souza e Pouso Novo. A Figura 36 ilustra a localização de uma possível estação a ser incorporada ao sistema, localizada no município de Pouso Novo.



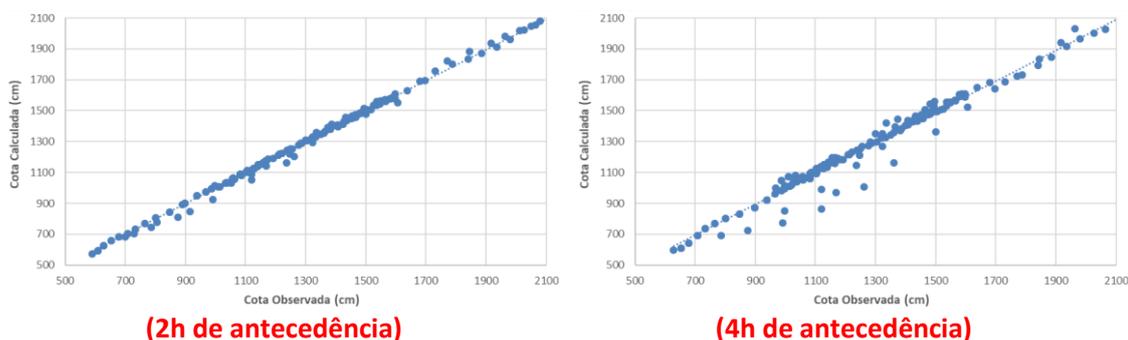
Figura 36: Estação Barra do Fão, localizada no município de Pouso Novo – RS.

4.5 Modelagem Empírica

Com o intuito de elaborar modelos de previsão dos níveis alternativos para operação do SAH-Taquari, foram realizadas análises de regressão linear simples e múltipla com dados provenientes das series telemétricas das estações Muçum, Linha José Julio, Encantado e Estrela.

4.5.1 Muçum

Com base em regressão linear múltipla, foram calibrados modelos com 2 e 4 horas de antecedência para Muçum, utilizando como dados de entrada a diferença de cotas entre o instante atual e o intervalo de tempo anterior da própria estação Muçum e da estação Linha José Júlio (Figura 37).



(2h de antecedência)

(4h de antecedência)

Figura 37. Dispersão de dados da calibração de modelos de regressão múltipla baseado em diferenças de níveis para Muçum. Elaborado pelo Autor (2021).

Além da regressão baseada nas diferenças de níveis, foi realizado um ajuste linear correlacionando o nível máximo da estação Linha José Júlio ao nível máximo observado em Muçum, considerando um tempo de deslocamento de onda entre 6 e 8 horas (Figura 38).

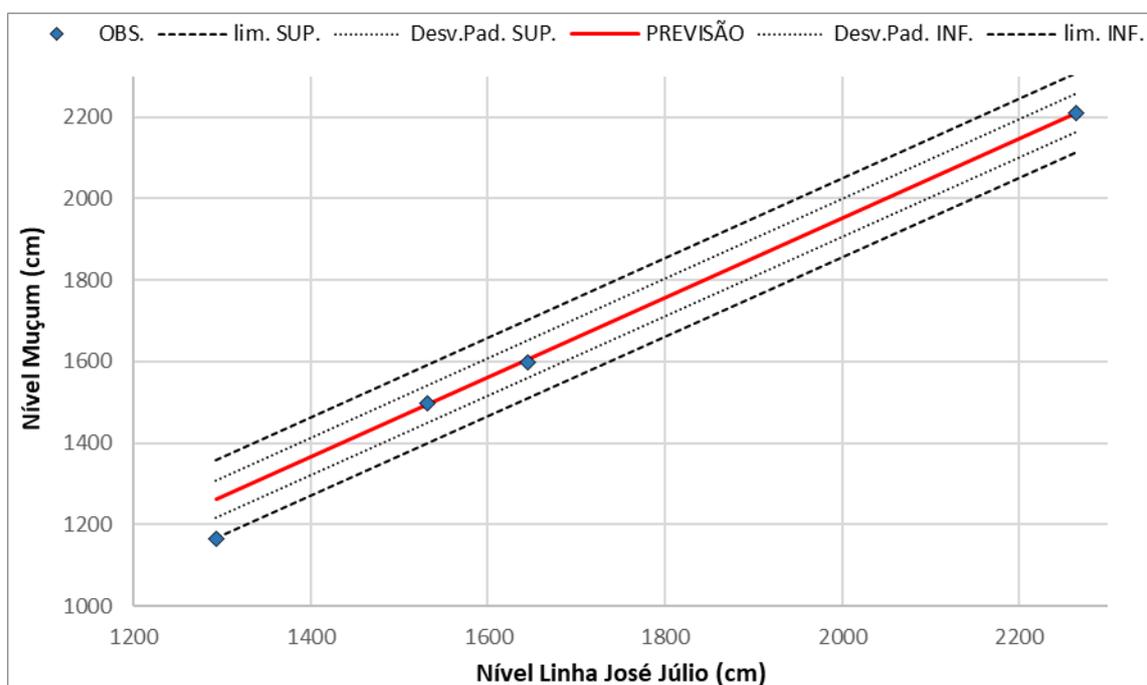
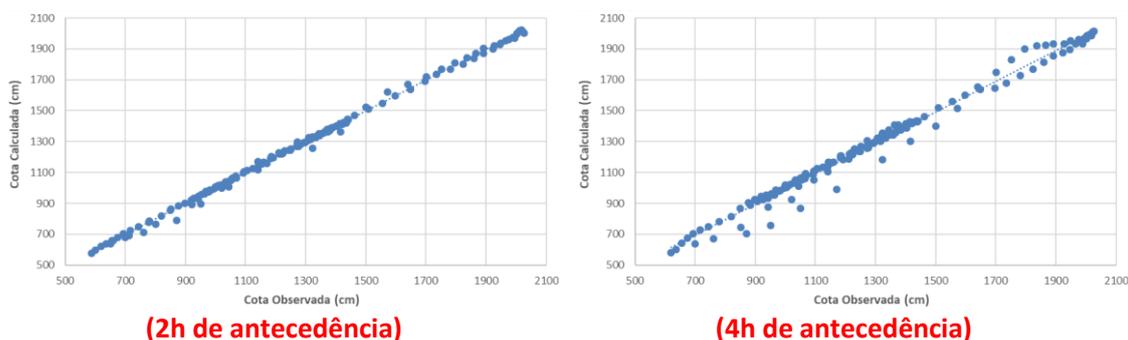


Figura 38. Regressão entre dados de níveis máximos entre Linha José Júlio e Muçum. Elaborado pelo Autor (2021).

4.5.2 Encantado

Com base em regressão linear múltipla, foram calibrados modelos com 2 e 4 horas de antecedência para Encantado, utilizando como dados de entrada a diferença de cotas entre o instante atual e o intervalo de tempo anterior da própria estação Encantado, da estação Muçum e da estação Linha José Júlio (Figura 39).



(2h de antecedência)

(4h de antecedência)

Figura 39. Dispersão de dados da calibração de modelos de regressão múltipla baseado em diferenças de níveis para Muçum. Elaborado pelo Autor (2021).

Além da regressão baseada nas diferenças de níveis, foi realizado um ajuste linear correlacionando o nível máximo da estação Muçum ao nível máximo observado em Encantado, considerando um tempo de deslocamento de onda entre 2 e 3 horas (Figura 40).

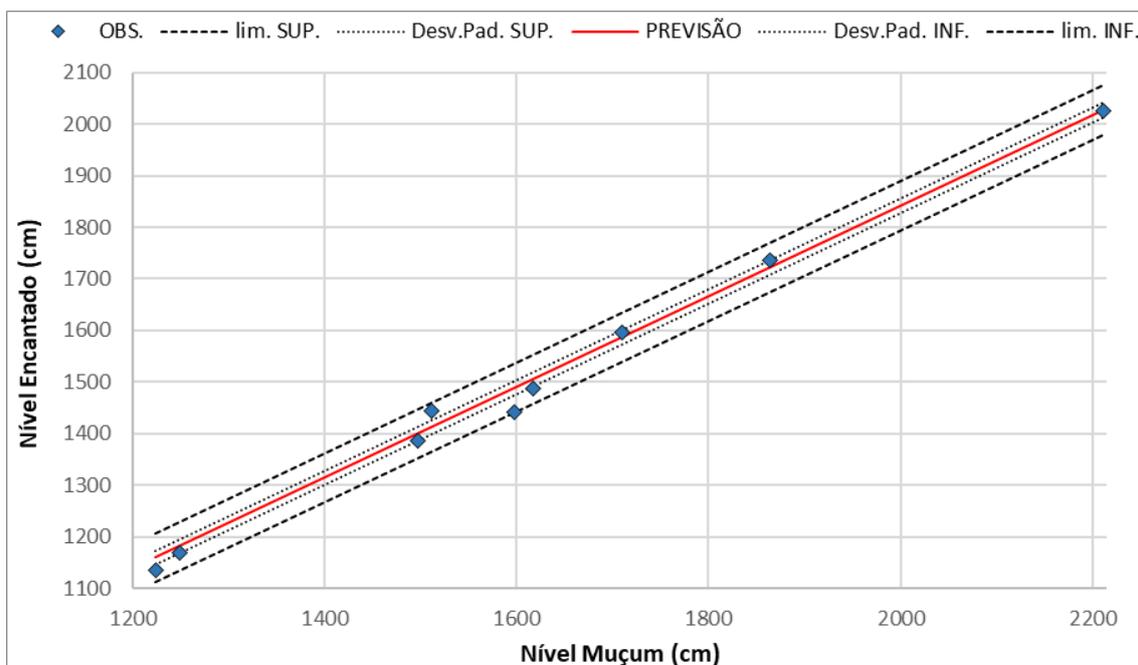
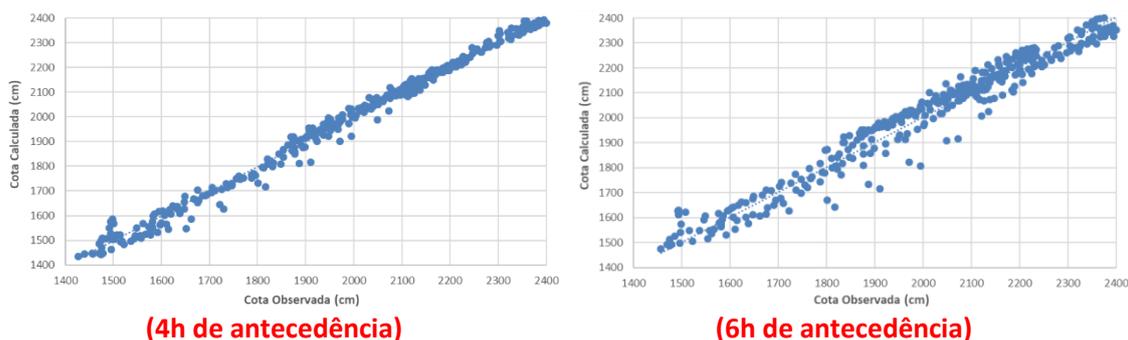


Figura 40. Regressão entre dados de níveis máximos entre Muçum e Encantado. Elaborado pelo Autor (2021).

4.5.3 Estrela

Com base em regressão linear múltipla, foram calibrados modelos de com 4 e 6 horas de antecedência para Estrela, utilizando como dados de entrada a diferença de cotas entre o instante atual e o intervalo de tempo anterior da própria estação Estrela, da estação Encantado e da estação Muçum (Figura 41).



(4h de antecedência)

(6h de antecedência)

Figura 41. Dispersão de dados da calibração de modelos de regressão múltipla baseado em diferenças de níveis para Estrela. Elaborado pelo Autor (2021).

Além da regressão baseada nas diferenças de níveis, foi realizado um ajuste linear correlacionando o nível máximo da estação Encantado ao nível máximo observado em Estrela considerando um tempo de deslocamento de onda entre 6 e 10 horas (Figura 42).

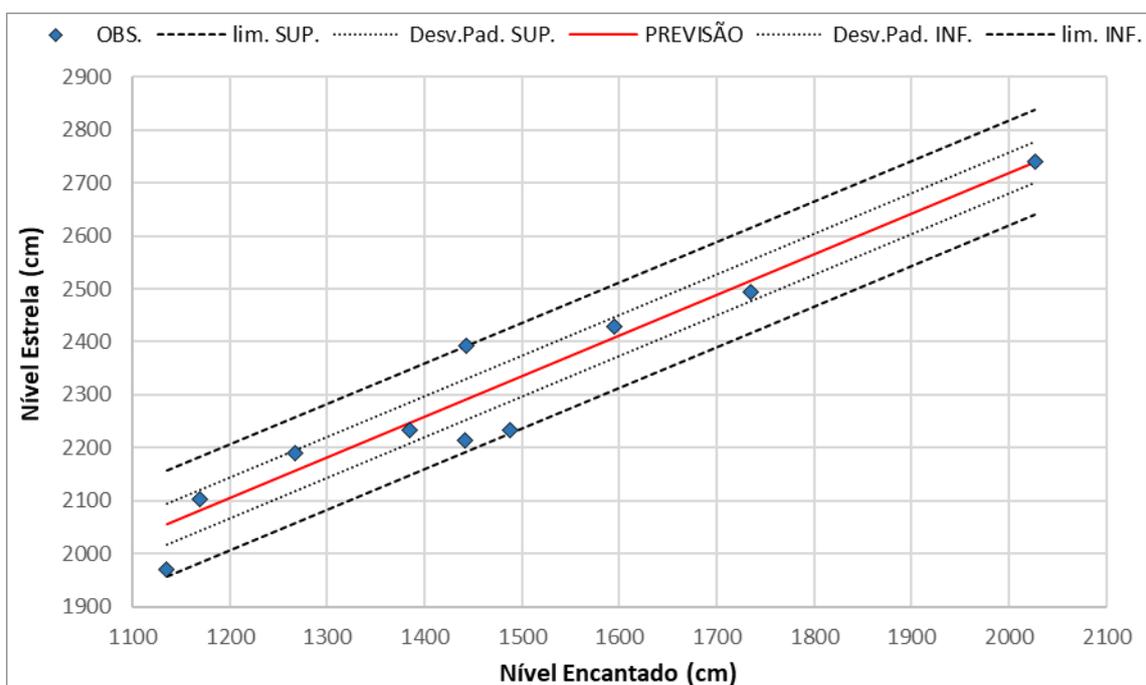


Figura 42. Regressão entre dados de níveis máximos entre Encantado e Estrela. Elaborado pelo Autor (2021).

5. OUTRAS ATIVIDADES E PUBLICAÇÕES

Com a temática voltada ao mapeamento de áreas de risco geológico, o curso básico de capacitação em percepção e mapeamento de risco geológico teve um espaço dedicado a sistemas de alertas de eventos extremos, onde foi possível abordar os conceitos básicos e apresentar a metodologia adotada pelo SGB/CPRM na operação de seus sistemas de alerta. O curso teve duas edições

(Março e Julho), contando com trinta participantes em cada. A Figura 43 ilustra o encerramento da 1ª edição realizada de forma on-line.

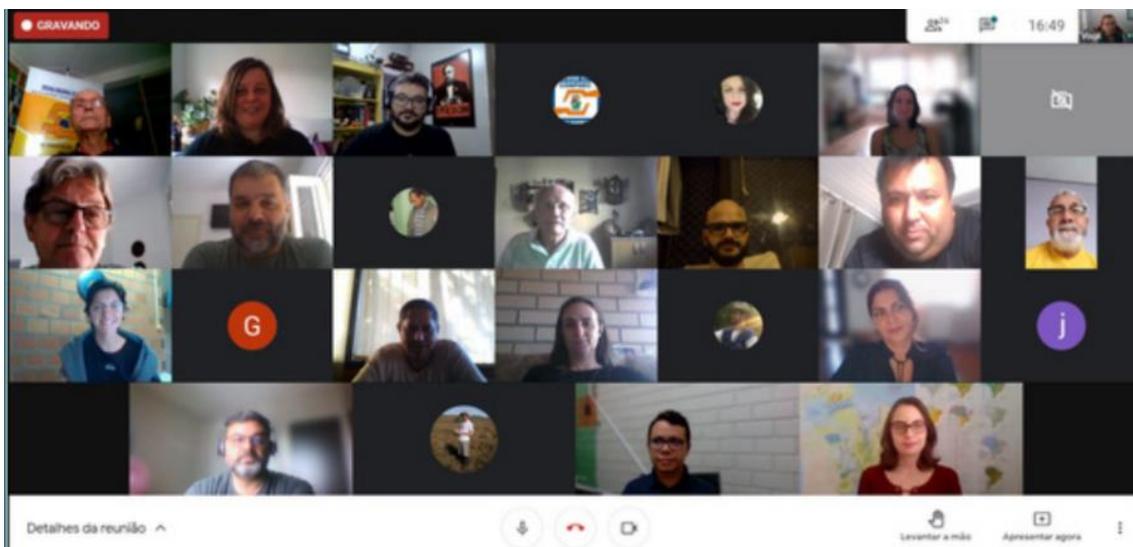


Figura 43: Turma da 1ª edição do curso básico on-line de capacitação em percepção e mapeamento de risco geológico

Em janeiro de 2021 ocorreu também as atividades de campo da ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes dos municípios de Lajeado e Encantado. Além destes, a Carta de Suscetibilidade de Estrela está disponível para consulta e download no Repositório Institucional de Geociências – RIGEO:

- [Lajeado](https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22295) (Lamberty; Peixoto, 2021): <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22295>
- [Encantado](https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22294) (Lamberty; Peixoto, 2021): <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22294>
- [Estrela](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/15103) (CPRM, 2014): <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/15103>

O relatório de setorização de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações está disponível para consulta e download no seguinte Repositório Institucional de Geociências – RIGEO:

- [Arroio do Meio](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20093) (Viero; Lamberty, 2016): <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20093>
- [Cruzeiro do Sul](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20093) (Hoelzel, 2013): <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20093>
- [Encantado](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20097) (Peixoto; Lamberty, 2019): <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20097>
- [Estrela](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20095.2) (Peixoto; Mendonça, 2020): <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20095.2>
- [Fontoura Xavier](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20106.2) (Peixoto; Mendonça, 2020): <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20106.2>
- [Lajeado](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20099) (Hoelzel, 2013): <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20099>

- [Soledade](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20721) (Lamberty, 2018): <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20721>
- [Taquari](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20139) (Viero; Hoelzel, 2013): <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20139>
- [Teutônia](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20140) (Hoelzel, 2013): <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20140>
- [Venâncio Aires](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20143) (Viero; Peixoto, 2013): <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20143>

6. AGRADECIMENTOS

A operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Taquari é possível com a utilização dos dados hidrológicos provenientes da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA), operada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e demais parceiros. Por meio de Termo de Execução Descentralizada (TED) de operação da RHN, a Agência Nacional de Águas disponibiliza apoio operacional e financeiro para operação e manutenção das estações da RHN/RHNR, bem como para uso de equipamento de medição.

7. CONCLUSÕES

Apesar das dificuldades impostas pelo distanciamento social em decorrência da pandemia de Covid-19 a operação do SAH-Taquari, durante o ano de 2021, alcançou seu objetivo central subsidiando o processo de tomada de decisão, dos agentes responsáveis pelo gerenciamento de situações de risco, com informações de qualidade e em tempo hábil. Durante o período de monitoramento, novembro de 2020 a novembro de 2021, não foram percebidos eventos de grande magnitude. Na ocasião onde o nível de alerta foi atingido o sistema foi capaz de antever a não superação dos níveis de inundação. A antecipação da não ocorrência de um evento de maior potencial de danos é importante, uma vez que pode otimizar a logística dos agentes envolvidos, bem como tem potencial de tranquilizar a população das regiões diretamente afetadas.

A operação de 2021 permitiu aprimorar a integração entre os agentes de defesa civil e o Serviço Geológico do Brasil, através da realização de treinamentos e reuniões, onde dúvidas e necessidades dos agentes foram compartilhadas. Também foi possível realizar o primeiro contato com municípios que demonstraram interesse em receber os produtos desenvolvidos pelo projeto.

Para o ano de 2022 esperamos ser possível integrar mais municípios ou sistema, expandir sua rede de monitoramento, bem como disponibilizar novos produtos, como o monitoramento hidrológico mensal e o alerta de estiagem.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Hidroweb: Downloads; Inventário Brasília, DF: ANA, 2021. (Atualizado em 05/11/2021). Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/download>. Acesso em: 05 nov. 2021.

GERMANO, A. O.; MATOS, A. 2017. Metodologia para definição de cotas de referência em sistemas de alerta e previsão hidrológica. Anais, XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH. Disponível em: <http://anais.abrh.org.br/works/2975>

HAUTRIVE, G. Começa instalação de régua para medir nível das águas do Rio Taquari em Lajeado. Setembro/2021. Disponível em: <https://independente.com.br/comeca-instalacao-de-reguas-para-medir-nivel-das-aguas-do-rio-taquari-em-lajeado/>

HUFFMAN, G.J.; STOCKER, E.F.; BOLVIN, D.T.; NELKIN, E.J.; TAN, J. (2019a), GPM IMERG Final Precipitation L3 1 month 0.1 degree x 0.1 degree V06, Greenbelt, MD, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC).

HUFFMAN, G.J.; STOCKER, E.F.; BOLVIN, D.T.; NELKIN, E.J.; TAN, J. (2019b). GPM IMERG Late Precipitation L3 Half Hourly 0.1 degree x 0.1 degree V06. Greenbelt, MD, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2002. Mapa Exploratório de Solos do Estado do Rio Grande do Sul, escala 1:250.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cidades: censo 2010. Brasília, DF: IBGE, 2020. Disponível em: www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=downloads. Acesso em: 05 nov. 2021.

MALLMANN, B. Serviço Geológico projeta nova régua a Lajeado. Agosto/2021. Disponível em: <https://grupoahora.net.br/conteudos/2021/08/26/servico-geologico-projeta-nova-regua-a-lajeado/>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?/> Acesso em: 2021.

PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; PICKBRENNER, K.; SALGUEIRO, J. P. de B.; SOUSA, H. R. 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.

PORTAL REGIÃO DOS VALES. Prefeitura de Lajeado discute com órgão responsável melhorias no sistema de prevenção de cheias. Junho/2021. Disponível em: <http://www.regiaodosvales.com.br/prefeitura-de-lajeado-discute-com-orgao-responsavel-melhorias-no-sistema-de-prevencao-de-cheias/>.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA – SEMA/RS. G040 - Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g040-bh-taquari-antas>. Acesso em: novembro de 2021.

SILVA, C. Defesas Civas da região voltam a discutir sistemas de monitoramento de enchentes. Julho/2021. Disponível em: <https://independente.com.br/defesas-civas-da-regiao-voltam-a-discutir-sistemas-de-monitoramento-de-enchentes/>.