

RELATÓRIO DE ATIVIDADES

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA



SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE
Relatório Técnico de Operação no período de novembro de 2020 a
março de 2021

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Setembro, 2021

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

Relatório de Atividades

Departamento de Hidrologia

**ÁREA: LEVANTAMENTOS, ESTUDOS, PREVISÃO E ALERTA DE EVENTOS
HIDROLÓGICOS CRÍTICOS**

SUBÁREA: SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021)

REALIZAÇÃO

Departamento de Hidrologia e Gestão Territorial

AUTORES

José Alexandre Pinto Coelho Filho
Artur José Soares Matos
Breno Guerreiro da Motta



Belo Horizonte, 2021

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Costa Lima Leite de 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 TÉCNICA

Alessandro José da Silva

Artur José Soares Matos – D.Sc.

Breno Guerreiro da Motta - M.Sc.

Claudinei Geraldo Vieira

Elizabeth Guelman Davis

Emília Yumi Kawaguchi

Fernando Silva Rego - M.Sc.

José Alexandre Pinto Coelho - M.Sc.

Maria Letícia Rabelo Alves Patrus

Rodney Geraldo do Nascimento

PLANTONISTAS

Bárbara de Oliveira Lobo Cordeiro

Jackson Tiago Ribeiro

José Geraldo Alves Franco

Juliani Costa Marinho

Luiza Clemente Cardoso

Pablo de Almeida Gonçalves

Wallace Belizario de Freitas

Wanda Xavier Franca

Wesley Natan da Rocha

ESTÁGIARIOS

Larissa Brant Pimenta de Faria

Paula Rossana Dório Anastácio

Este relatório está em consonância com o Programa de Mineração e Desenvolvimento que traça o Plano de Metas e Ações 2020/2023 da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia, especificamente no Plano 3.3 – Ampliar o Conhecimento Geológico e dentro das Metas I – Ampliar o conhecimento dos riscos geológicos para a prevenção de desastres naturais e J – Ampliar e aperfeiçoar os sistemas de alertas de cheias

Este relatório está em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU)¹.

A Agenda 2030 e os ODS afirmam que para pôr o mundo em um caminho sustentável é urgentemente necessário tomar medidas ousadas e transformadoras. Os ODS constituem uma ambiciosa lista de tarefas para todas as pessoas, em todas as partes, a serem cumpridas até 2030. Se cumprirmos suas metas, seremos a primeira geração a erradicar a pobreza extrema e iremos poupar as gerações futuras dos piores efeitos adversos da mudança do clima.

Os Sistemas de Alertas Hidrológicos (SAH) estão inseridos nos seguintes objetivos da ODS:



¹ Link para cartilha da ODS dos SAHs:

http://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/21778/1/7_sistemas_de_alerta_hidrologico_outubro_ok.pdf

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES NATURAIS

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021)

REALIZAÇÃO

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

AUTORES

José Alexandre Pinto Coelho Filho

Artur José Soares Matos

Breno Guerreiro da Motta

FOTOS DA CAPA: Registro fotográfico do rio Doce, na cidade de Governador Valadares-MG, durante as atividades de medições de vazões realizadas pela equipe do Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C 616 Serviço Geológico do Brasil -SGB/ CPRM Companhia de Pesquisa Recursos Minerais

Sistema de alerta hidrológico da Bacia do Rio Doce: relatório da Bacia do Rio Doce: relatório técnico de operação o período de novembro de 2020 a março de 2021/Organizadores José Alexandre Pinto Coelho Filho, Artur José Soares Matos, Breno Guerreiro da Motta (Coods) – Belo Horizonte:CPRM,2021.

96p. 3.910 kbytes . Programa de Recursos Hídricos Superficiais. Coleção de Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos – SAH Doce. Disponível em [www.cprm.gov.br/ RIGEO](http://www.cprm.gov.br/RIGEO).

Conteúdo: Inclui[mapa] índice dos municípios integrantes no Sistema de Alerta da Bacia do Rio Doce no Estado do Espírito Santo e de Minas Gerais, em formato de figura. Contém mapa de localização das estações monitoradas em formato de figura.

ISBN: 978-65-5664-138-6

1-Hidrologia de Minas Gerais 2- Hidrologia do Espírito Santo 3- Hidrometria 4- Curva chave. I-Título II- Coelho Filho, J.A P. Org.-III Matos, A.J.S.,Org. IV- Motta, B.G.da. V- Coleção.

CDU: 551.577(815.1A/Z)

Ficha Catalográfica por Bibliotecária M. Madalena Costa Ferreira CRB/MG1393 – Biblioteca Regional da CPRM de Belo Horizonte-MG

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

O Sistema de Alerta contra enchentes é uma medida não estrutural adotada para a prevenção/mitigação de prejuízos causados por eventos de cheias nas bacias hidrográficas. Essas enchentes podem ser causadas, em grande parte, pela perda crescente da cobertura vegetal nativa, ocupação das planícies de inundação dos cursos de água, e impermeabilização do solo nas bacias hidrográficas, bem como pela ocorrência de eventos de precipitação potencialmente causadores de inundação.

Com relação aos eventos de chuvas na bacia do rio Doce, cabe especial destaque àqueles decorrentes da formação de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCASs), que ocorrem com maior frequência no período chuvoso de novembro a março na Região Sudeste do Brasil, provocando aumento no nível dos rios monitorados, e conseqüentemente demandando maior atenção na operação do Sistema de Alerta da bacia.

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM, empresa pública federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia – MME, cuja missão é gerar e disseminar o conhecimento geocientífico com excelência, opera o Sistema de Alerta Hidrológico de Eventos Críticos nos principais cursos de água do país, beneficiando diversas instituições públicas e privadas, além da Defesa Civil e populações ribeirinhas, para que possam tomar decisões preventivas ou que mitiguem os danos causados por eventos de inundação.

Em parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Serviço Geológico do Brasil – CPRM opera o Sistema de Alerta hidrológico da Bacia do rio Doce no período chuvoso da Região Sudeste do Brasil, entre os meses de novembro a março. O Sistema de Alerta hidrológico da bacia do rio Doce funciona desde o ano de 1997, beneficiando cidades e municípios localizados nas proximidades das calhas dos rios Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Suaçuí Grande e Doce.

O Sistema tem como objetivo alertar direta e indiretamente 16 municípios quanto ao risco de ocorrência de inundações na bacia do rio Doce. O Serviço Geológico do Brasil – CPRM transmite diariamente a diversas instituições governamentais, tais como o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, e prefeituras dos municípios da bacia do Doce, um Boletim Técnico contendo informações sobre

os níveis dos rios nas estações fluviométricas monitoradas. Outros detalhes podem ser verificados em: www.cprm.gov.br/sace.

Nesse contexto, o presente relatório apresenta os principais aspectos relacionados à operação do Sistema de Alerta no período de novembro de 2020 a março de 2021, e as ações realizadas pelos Engenheiros Hidrólogos e Hidrotécnicos da CPRM para a elaboração dos boletins de acompanhamento hidrológico dos níveis dos rios monitorados na bacia do Doce, e que podem contribuir como instrumento para a prevenção/mitigação dos efeitos causados por eventos de cheias nessas localidades.

RESUMO

Há mais de 20 anos o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, por meio da Superintendência Regional de Belo Horizonte (Sureg-BH), opera o Sistema de Alerta Hidrológico na bacia do rio Doce, em parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). O Sistema de Alerta contra enchentes é uma medida não estrutural adotada para a prevenção/mitigação de prejuízos causados por eventos de cheias nas bacias hidrográficas. Neste contexto, o presente estudo irá apresentar os principais resultados da operação 2020-2021 do Sistema de Alerta do rio Doce, em sua etapa de operação ativa, ou seja, cobrindo o período chuvoso entre os meses de outubro de 2020 a março de 2021 na Região Sudeste do Brasil, no qual foram emitidos 140 boletins técnicos contendo os níveis dos rios Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Doce, e Suaçuí Grande, e que podem contribuir como instrumento para a prevenção/mitigação dos efeitos causados por eventos de cheias nessas localidades.

Palavras-Chave – Sistema de Alerta Hidrológico, Bacia do rio Doce, Rede Hidrometeorológica Nacional.

ABSTRACT

For more than 20 years, the Geological Survey of Brazil - CPRM, through the Belo Horizonte Office (Surg-BH), has operated the Flood Warning System in the Doce River basin, in partnership with the National Water Agency (ANA). The Flood Warning System is a non-structural measure adopted to prevent / mitigate losses caused by floods. In this context, the present study will present the main results of the 2020-2021 operation of the Flood Warning System in the Doce River basin, in its active operation stage, that is, covering the rainy period between the months of October 2020 to March 2021 in the Southeast Region of Brazil, in which 140 technical bulletins were issued containing the levels of the Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Doce, and Suaçuí Grande rivers, which can contribute as an instrument for the prevention / mitigation of the effects caused by flood events in these locations.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
2. Contextualização do histórico de operação do Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Doce	24
3. Localização da bacia do rio Doce	30
3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO RIO DOCE.....	30
3.2 LOCALIDADES BENEFICIADAS PELO SISTEMA DE ALERTA DO RIO DOCE	32
3.3 MENÇÃO SOBRE OS EVENTOS HISTÓRICOS DE ESTIAGEM VERIFICADOS NA BACIA DO RIO DOCE.....	33
3.4 MENÇÃO SOBRE OS EVENTOS DE CHEIAS QUE OCORRERAM PONTUALMENTE AO LONGO DA ESTIAGEM NA BACIA DO RIO DOCE	35
3.5 RESUMO DOS PRINCIPAIS PROCESSOS CAUSADORES DE CHEIAS E ESTIAGENS NA BACIA DO RIO DOCE	37
3.5.1 EVENTOS DE CHEIAS.....	37
3.5.2 EVENTOS DE ESTIAGENS.....	38
4. Descrição do Sistema Existente.....	39
4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE	39
4.2 LOCALIDADES BENEFICIADAS PELO SISTEMA DE ALERTA E PRINCIPAIS PONTOS DE MONITORAMENTO.....	40
5. Operação do Sistema de Alerta no período de novembro de 2020 a março de 2021.....	52
5.1 EVENTO 1: 22/12 A 25/12/2020.....	54
5.2 EVENTO 2: 06/02 A 08/02/2021.....	56
5.3 EVENTO 3: 20/02 A 23/02/2021.....	58
6. Estudos hidrológicos desenvolvidos	64
6.1 PONTE NOVA.....	65
6.2 NOVA ERA.....	67
6.3 MÁRIO DE CARVALHO	70
6.4 CACHOEIRA DOS ÓCULOS	72
6.5 BELO ORIENTE	75

6.6	NAQUE VELHO.....	77
6.7	GOVERNADOR VALADARES.....	79
6.8	VILA MATIAS.....	82
6.9	TUMIRITINGA	84
6.10	COLATINA	86
6.11	LINHARES.....	90
7.	CONCLUSÕES	92
8.	Referências Bibliográficas.....	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estações pluviométricas e fluviométricas operadas pela Sureg-BH. ..22	22
Figura 2 - Sistemas de Alerta hidrológico operados pela CPRM, em parceria com a ANA, no território nacional..... 23	23
Figura 3 – Boletim especial para acompanhamento da onda de cheia.27	27
Figura 4 – Exemplo de publicação contida no boletim especial da evolução da onda de sedimentos na bacia do rio Doce. 28	28
Figura 5 – Relatórios do Monitoramento Especial do rio Doce.28	28
Figura 6 – Localização da bacia do rio Doce e principais pontos de monitoramento fluviométrico. 30	30
Figura 7 – Anomalia de precipitação na bacia do rio Doce.....34	34
Figura 8 – Precipitação média acumulada nas bacias monitoradas (por ano hidrológico – AH), na estiagem 2014 a 2019. 35	35
Figura 9 – Anomalia de precipitação na bacia do rio Doce em dezembro de 2013. 37	37
Figura 10 – Fluxograma das etapas de operação do Sistema de Alerta.41	41
Figura 11 – Diagrama Unifilar do Sistema de Alerta – (parte 1).46	46
Figura 12 – Diagrama Unifilar do Sistema de Alerta – (parte 2).47	47
Figura 13 – Pontos de monitoramento do Sistema de Alerta.....48	48
Figura 14 – Municípios beneficiados pelo Sistema de Alerta.49	49
Figura 15 – Anomalias de precipitação na operação do SAH Doce no período 2019-2020. Fonte: CPTEC/INPE, 202053	53
Figura 16 – Chuvas estimadas na bacia do rio Doce no período de 22/12 a 25/12/2020.....54	54
Figura 17 – Cotograma registrado pela estação Ponte Nova (56110005), no rio Piranga (Evento1). 56	56
Figura 18 – Cotograma registrado pela estação Nova Era (56661000), no rio Piracicaba (Evento 1).56	56
Figura 19 – Cotograma registrado pela estação Governador Valadares (56850000), no rio Doce (Evento 1).56	56

Figura 20 – Chuvas estimadas na bacia do rio Doce no período de 06/02 a 08/02/2021.....	57
Figura 21 – Cotagrama registrado pela estação Nova Era (56661000), no rio Piracicaba (Evento 2).	58
Figura 22 – Cotagrama registrado pela estação Governador Valadares (56850000), no rio Doce (Evento 2).	58
Figura 23 – Chuvas estimadas na bacia do rio Doce no período de 20/02 a 23/02/2021.....	59
Figura 24 – Cotagrama registrado pela estação Nova Era (56661000), no rio Piracicaba (Evento 3).	60
Figura 25 – Cotagrama registrado pela estação Governador Valadares (56850000), no rio Doce (Evento 3).	61
Figura 26 – Cotagrama registrado pela estação Tumiritinga (56920000), no rio Doce (Evento 3).	62
Figura 27 – Cotagrama registrado pela estação Colatina Corpo de Bombeiros (56994510), no rio Doce (Evento 3).	63
Figura 28 – Cotagrama registrado pela estação Linhares (Cais do Porto) (56998200), no rio Doce (Evento 3).	63
Figura 29 – Diagrama unifilar das estações a montante de Ponte Nova – MG. ...	65
Figura 30 – Curva-chave da estação Ponte Nova Jusante (56110005).	66
Figura 31 – Rio Piranga, no ponto de monitoramento da estação Ponte Nova Jusante (56110005).	66
Figura 32 – Curva-chave da estação Nova Era Telemétrica (56661000).	67
Figura 33 – Rio Piracicaba, no ponto de monitoramento da estação em Nova Era IV (56659998).	68
Figura 34 – Rio Piracicaba, no ponto de monitoramento da estação Nova Era Telemétrica (56661000).	68
Figura 35 – Diagrama unifilar das estações em Nova Era – MG.	69
Figura 36 – Curva-chave da estação Mário de Carvalho (56696000).	70

Figura 37 – Rio Piracicaba, no ponto de monitoramento da estação Mário de Carvalho (56696000).	71
Figura 38 – Diagrama unifilar das estações em Mário de Carvalho (56696000). 72	
Figura 39 – Diagrama unifilar a montante de Cachoeira dos Óculos Montante (56539000).....	73
Figura 40 – Curva-chave da estação Cachoeira dos Óculos Montante (56539000).	74
Figura 41 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Cachoeira dos Óculos Montante (56539000).	74
Figura 42 – Curva-chave da estação Belo Oriente (56719998).....	75
Figura 43 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Belo Oriente (56719998).....	76
Figura 44 – Diagrama unifilar a montante de Belo Oriente (56719998).	76
Figura 45 – Curva-Cave da estação Naque Velho (56825000).....	77
Figura 46 – Rio Santo Antônio, no ponto de monitoramento da estação Naque Velho (56825000).	78
Figura 47 – Diagrama unifilar a montante da estação Naque Velho (56825000).	78
Figura 48 – Curva-chave da estação Governador Valadares (56850000).....	80
Figura 49 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Governador Valadares (56850000).....	80
Figura 50 – Diagrama unifilar das estações a montante de Governador Valadares – MG.	81
Figura 51 – Curva-chave da estação Vila Matias Montante (56891900).	83
Figura 52 – Rio Suaçuí Grande, no ponto de monitoramento da estação Montante (56891900).....	83
Figura 53 – Diagrama unifilar a montante da estação Vila Matias Montante (56891900).....	84
Figura 54 – Curva-chave da estação Tumiritinga (56920000).....	85
Figura 55 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Tumiritinga (56920000).....	85

Figura 56 – Diagrama unifilar a montante da estação Tumiritinga.	86
Figura 57 – Curva-chave da estação Colatina (56994500).	87
Figura 58 – Curva-chave da estação Colatina Corpo de Bombeiros (56994510).	88
Figura 59 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Colatina (56994500).	88
Figura 60 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Colatina Corpo de Bombeiros (56994510).	89
Figura 61 – Diagrama unifilar a montante de Colatina Corpo de Bombeiros (56994510).	89
Figura 62 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Linhares Cais do Porto (56998200).	91
Figura 63 – Diagrama unifilar a montante da estação Linhares Cais do Porto (56998200).	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Municípios Beneficiados pelo Sistema de Alerta.	40
Tabela 2 – Principais Pontos de Monitoramento no Sistema de Alerta do rio Doce.	44
Tabela 3 - Resumo da previsão hidrológica.....	50
Tabela 4 - Cotas de Alerta (A) e de Inundação (I).....	51

AGRADECIMENTOS

A operação do Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Doce, no período de novembro de 2020 a março de 2021, só foi possível com a utilização dos dados hidrológicos provenientes da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), de responsabilidade da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (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 e Saneamento Básico disponibiliza apoio operacional e financeiro para operação e manutenção das estações hidrometeorológicas, bem como para uso de equipamentos de medição. Cabe ressaltar que as previsões realizadas pelos engenheiros do Serviço Geológico do Brasil – CPRM são baseadas em modelos hidrológicos-hidráulicos, e estão sujeitas às incertezas inerentes aos mesmos.

Seguem nossos agradecimentos (por ordem alfabética):

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA;
- Belgo-Arcelor Brasil;
- Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN;
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce – CBH Doce;
- Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado de Minas Gerais – CEDEC;
- Coordenação Estadual de Defesa Civil do Espírito Santo;
- Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG;
- Corpo de Bombeiros do Estado de Minas Gerais;
- Defesa Civil dos Municípios localizados na bacia do rio Doce;
- ESCELSA – Energias do Brasil;
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM;
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET;
- Novelis Brasil Ltda;
- Polícia Militar do Estado de Minas Gerais;

- Prefeituras Municipais de Açucena, Aimorés, Antônio Dias, Baixo Guandu, Colatina, Conselheiro Pena, Coronel Fabriciano, Galiléia, Governador Valadares, Ipatinga, Linhares, Nova Era, Ponte Nova, Resplendor, Timóteo e Tumiritinga;
- Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais – SIMGE;
- Serviço Autônomo de Água de Esgoto - SAAE Governador Valadares;
- Serviço Colatinense de Saneamento Ambiental – SANEAR Colatina.

1. INTRODUÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM opera há 50 anos grande parte da Rede Hidrometeorológica Nacional – RHN (cerca de 85% das estações de monitoramento hidrológico), gerenciada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

O monitoramento hidrológico gerenciado pela ANA faz parte da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997), que contempla a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), composta principalmente por estações pluviométricas e fluviométricas (distribuídas em todo o território nacional), que fornecem informações como nível, vazão e sedimentos dos rios, e/ou quantidades de chuva em uma determinada localidade.

Essas informações podem ser aplicadas para planejar o uso dos recursos hídricos, e prevenir ou mitigar eventos críticos (secas e inundações). Também podem ser utilizadas pela ANA, em colaboração com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), na operação dos reservatórios das usinas hidrelétricas, para possibilitar o acesso da água aos diversos usuários, garantindo os usos múltiplos dos recursos hídricos.

A Região Sudeste do Brasil abrange importantes bacias hidrográficas, incluindo as nascentes dos rios São Francisco, Paraná, Paraíba do Sul, Doce, Jequitinhonha, dentre outros. A Superintendência Regional de Belo Horizonte (Sureg-BH) da CPRM opera grande parte das estações fluviométricas (pertencentes à RHN) nestes cursos de água (Figura 1), as quais encontram-se em pontos com áreas de drenagem de dezenas de quilômetros quadrados, até centenas de milhares de quilômetros quadrados (km²) (como por exemplo a bacia do rio São Francisco), com vazões variando de unidades de litros por segundo (L/s), à milhares de metros cúbicos por segundo (m³/s).

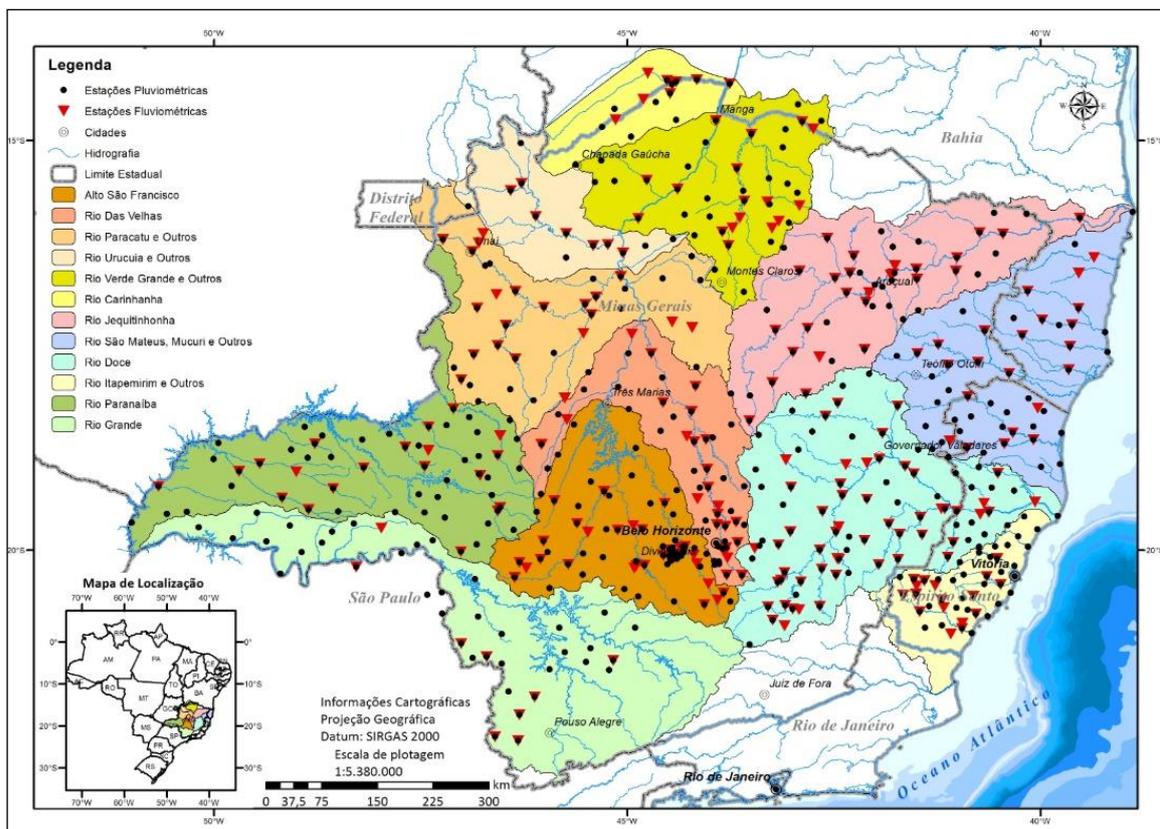


Figura 1 – Estações pluviométricas e fluviométricas operadas pela Sureg-BH.

Ao longo dos últimos 30 anos, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM tem operado Sistemas de Alerta hidrológico em todo o Brasil, sendo que os sistemas pioneiros foram implantados nas bacias hidrográficas dos rios Amazonas (alerta de cheias em Manaus), Paraguai (na região do Pantanal Mato-Grossense) e Doce, contemplando importantes bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais, e parte do estado do Espírito Santo.

Atualmente, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, em parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), opera 16 Sistemas de Alerta hidrológico em cursos de água nas principais bacias hidrográficas brasileiras, conforme ilustrado na Figura 2.

De maneira mais específica, na Região Sudeste do Brasil, a Superintendência Regional de Belo Horizonte (Sureg-BH) opera os Sistemas de Alerta hidrológico nas bacias do rio Doce (desde 1997), e do rio das Velhas (desde 2018), emitindo Boletins Técnicos à Defesa Civil, instituições públicas e privadas, e comunidades, alertando a população localizada nas proximidades dos rios sobre a possibilidade de inundações.

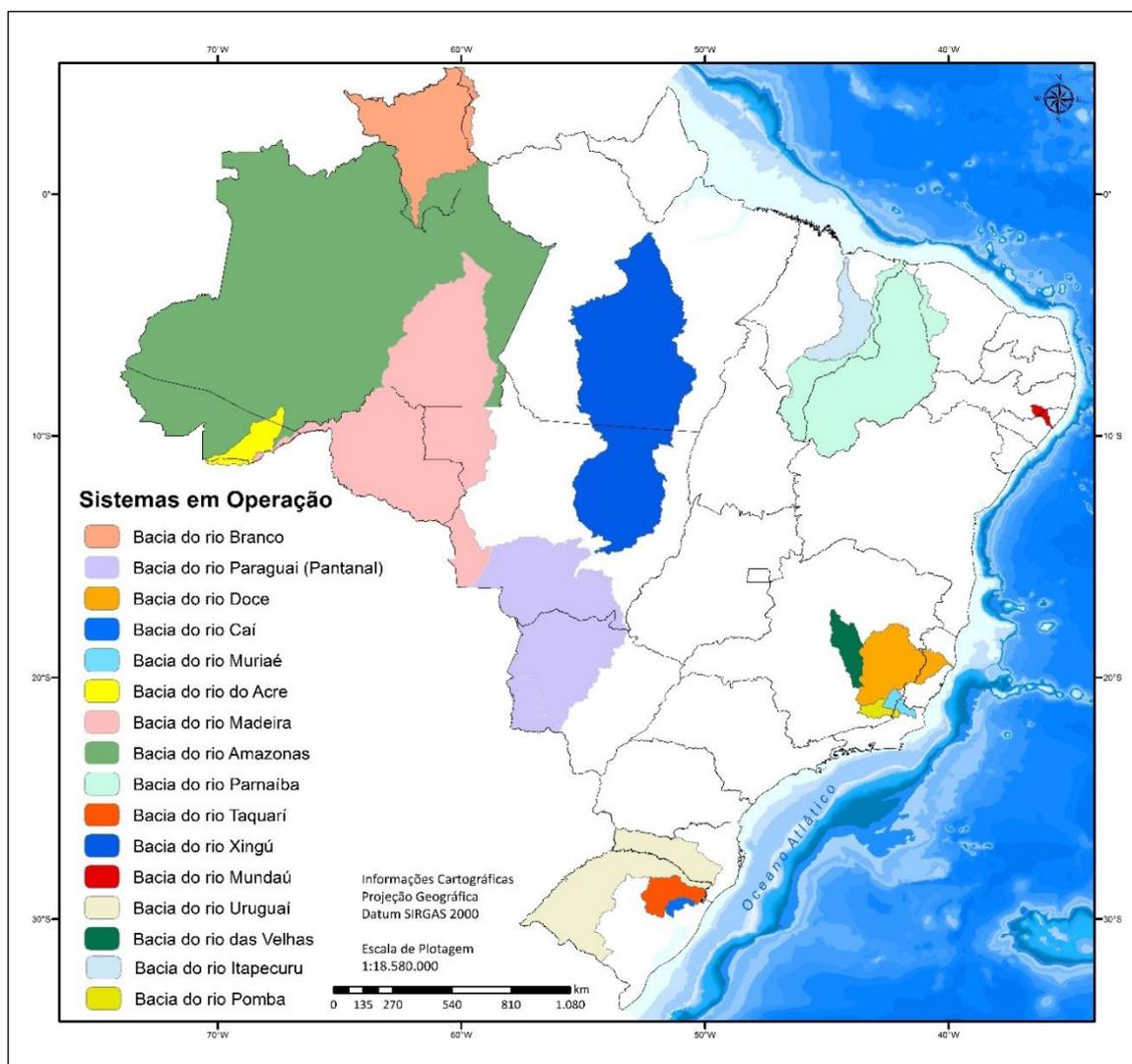


Figura 2 - Sistemas de Alerta hidrológico operados pela CPRM, em parceria com a ANA, no território nacional.

Importante ressaltar que a Superintendência Regional de São Paulo (Surg-SP) opera as estações hidrometeorológicas da RHN na bacia do rio Paraíba do Sul, e dois Sistemas de Alerta hidrológicos nas bacias dos rios Muriaé e Pomba, ambos afluentes do rio Paraíba do Sul, nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Dentro deste contexto, o presente relatório irá abordar as principais questões relacionadas à operação 2020-2021 do Sistema de Alerta do rio Doce, em sua etapa de operação ativa, ou seja, cobrindo o período chuvoso entre os meses de outubro a março na Região Sudeste do Brasil. Cabe mencionar que na estiagem, entre abril e setembro, as atividades do SAH Doce são tratadas em âmbito interno

na CPRM, com foco no aprimoramento do planejamento e na otimização dos resultados para a próxima operação do Sistema.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO HISTÓRICO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE

Em fevereiro de 1979, houve uma grande cheia na bacia do rio Doce, causada por chuvas de longa duração e forte intensidade, as quais resultaram na elevação dos níveis dos rios, e na inundação de várias cidades no estado de Minas Gerais, entre elas: Aimorés, Antônio Dias, Conselheiro Pena, Galiléia, Governador Valadares, João Monlevade, Ipatinga, Itueta, Manhuaçu, Nova Era, Resplendor, Santana do Manhuaçu, Tumiritinga, Timóteo e Coronel Fabriciano.

Em 09 de dezembro de 1981, os Ministérios do Interior e Minas e Energia baixaram uma portaria, criando um Grupo Interministerial de Trabalho, com o objetivo de realizar estudos de prevenção e controle das enchentes no rio Doce. O grupo ressaltou a importância da adoção de medidas estruturais e não estruturais para o controle das cheias. Dentre as medidas não estruturais, foi recomendada a criação de um Sistema de Alerta na bacia.

Na década de 80, o extinto Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica – DNAEE instalou uma série de estações telemétricas na bacia do rio Doce, com transmissão via rádio ou telefone. Na década de 90, também foram instaladas pelo DNAEE estações com transmissão via satélite e, posteriormente, os dados foram disponibilizados via internet. A rede de monitoramento foi criada e operada continuamente, mas o Sistema de Alerta não chegou a ser implantado (CPRM, 2003).

Em julho de 1996 foi criada a Agência Técnica da Bacia do Rio Doce – ADOCE, tendo como um de seus objetivos replicar uma Agência de Bacia, baseada na experiência da França no gerenciamento de recursos hídricos. Essa Agência era um projeto financiado e coordenado pelo DNAEE, e executado pela CPRM, por meio da Superintendência Regional de Belo Horizonte – Sureg-BH.

No ano de 1997, as cheias voltaram a atingir a região da bacia do rio Doce, e não houve qualquer tipo de movimentação preventiva que pudesse minimizar seus danos, face ao fato do Sistema de Alerta não estar implementado. Após este

evento cheia, a ADOCE começou a repassar os dados hidrometeorológicos telemétricos para as cidades ribeirinhas.

Durante o ano de 1997 a ADOCE elaborou um Termo de Referência sobre o Sistema de Alerta e começou a buscar recursos para o seu financiamento, apresentando-o em diversas cidades da bacia. Em outubro de 1997 a março de 1998, com os recursos da então instituída Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, foi implementado o Sistema de Alerta Contra Enchentes da bacia do rio Doce, sendo o mesmo operado em conjunto pela ADOCE e CPRM (CPRM, 2003).

Nos períodos de dezembro de 1998 a março de 1999, e dezembro de 1999 a março de 2000, a operação do Sistema se deu graças a uma parceria entre CPRM, ANEEL e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, quando meteorologistas passaram a integrar a equipe de trabalho pelo IGAM. No período chuvoso de 2000-2001, apesar de todos os esforços institucionais, não houve operação do Sistema.

Em 28 de dezembro de 2001 a previsão meteorológica elaborada pelo IGAM/SIMGE detectou a possibilidade de ocorrência de fortes chuvas na região, na ocasião do Réveillon. A equipe técnica foi mobilizada e a operação iniciou-se no dia seguinte, 29 de dezembro de 2001, com parceria entre CPRM, ANA, e o IGAM/SIMGE (CPRM, 2003).

Desde então, o Sistema de Alerta tem sido operado continuamente pela CPRM, em parceria com a ANA e o IGAM. Gradualmente, por volta do ano de 2008, o IGAM diminuiu sua participação em termos de previsões meteorológicas dedicadas à bacia do rio Doce, e a CPRM passa a atuar somente em parceria com a ANA.

Em 2012, após os deslizamentos ocorridos na região Serrana do estado do Rio de Janeiro, que registrou a perda de diversas vidas humanas e mais de 30 mil pessoas desabrigadas, foi criado no Brasil um Sistema de Prevenção de Desastres Naturais, com a criação do Centro de Monitoramento de Desastres Naturais – CEMADEN.

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM passou a integrar este Sistema, levando em conta sua experiência na operação de Sistemas de Alerta hidrológico, bem como no mapeamento das áreas de risco geológico. Até esta data, a CPRM

operava quatro Sistemas de Alerta hidrológicos, a saber: Manaus e Pantanal, desde a década de 90; bacia do rio Doce, nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo; e bacia do rio Caí, no estado do Rio Grande do Sul. Desde então, coube à CPRM instalar novos Sistemas de Alerta, sendo que em 2021 encontram-se em operação 16 Sistemas. Ou seja, desde 2012, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM implantou 12 novos Sistemas de Alerta hidrológico.

Em 05 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de Fundão, da mineradora Samarco, pertencente à Vale e a BHP Billiton, localizada no município de Mariana – MG, gerando a propagação de um fluxo de rejeitos na bacia do rio Doce. A barragem estava localizada na sub-bacia do rio Gualaxo do Norte, sendo este afluente do rio do Carmo, que deságua rio Doce.

A CPRM iniciou, já no dia 06 de novembro, em parceria com o IGAM, um monitoramento especial para acompanhamento diário da movimentação da onda de rejeitos, através do monitoramento da qualidade de água e coleta de sedimentos, que foi disponibilizada em diversas publicações diárias de boletins técnicos (Figura 3) que mostravam o deslocamento da onda de cheia e sedimentos pela bacia do rio Doce, conforme apresentado na Figura 4. Foram publicados quatro relatórios contendo as informações compiladas deste evento (Figura 5), os quais podem ser visualizados na íntegra no link http://www.cprm.gov.br/sace/index_monitoramento_especial.php#.

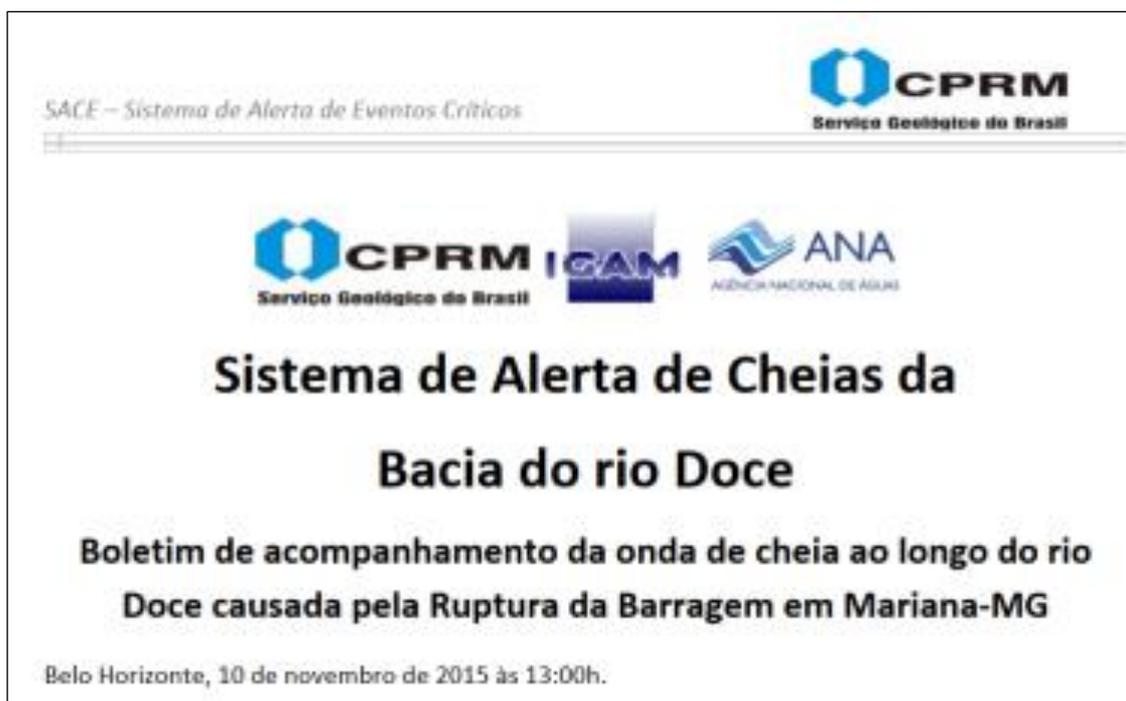


Figura 3 – Boletim especial para acompanhamento da onda de cheia.

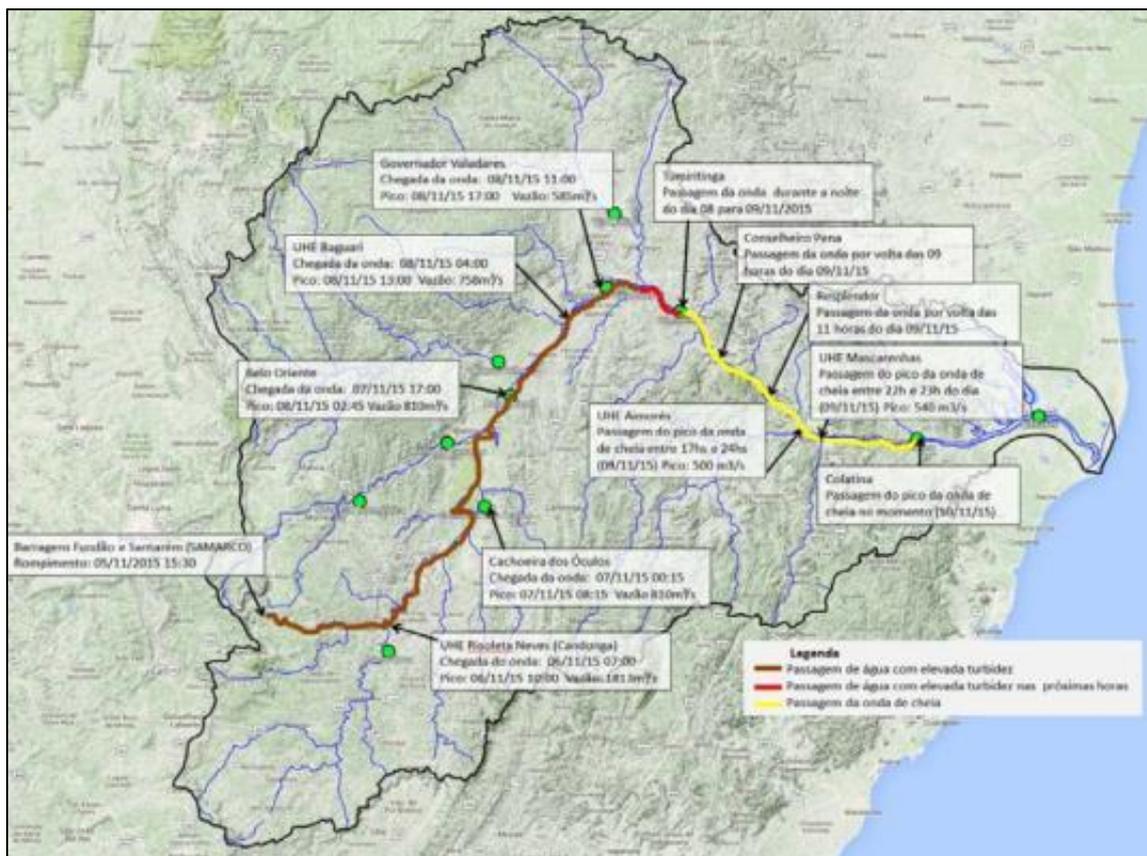


Figura 4 – Exemplo de publicação contida no boletim especial da evolução da onda de sedimentos na bacia do rio Doce.

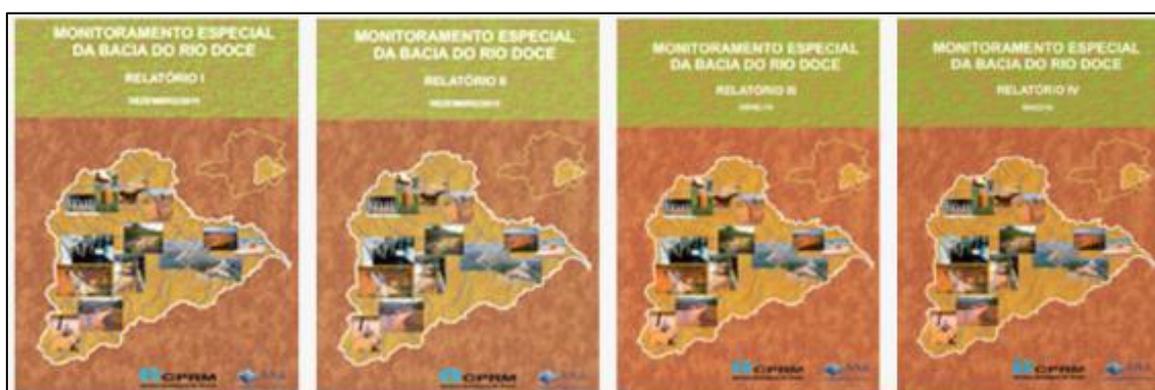


Figura 5 – Relatórios do Monitoramento Especial do rio Doce.

Paralelamente às operações do SAH, foram desenvolvidas ferramentas que auxiliam o acompanhamento e monitoramento dos eventos de cheias na bacia do rio Doce, as quais seguem abaixo relacionadas:

- Em 2004 – Definição da Planície de Inundação da cidade de Governador Valadares – MG (CPRM, 2004);
- Em 2012 – Levantamento da mancha de inundação de Ponte Nova – MG (CPRM, 2012);
- Em 2014 – SACE – Plataforma digital de Sistema de Alerta de Eventos Críticos;
- Em 2016 – Definição da Planície de Inundação da cidade de Colatina – ES (CPRM, 2016).

Os trabalhos de definição da planície de inundação consistem em modelagem hidráulica da área inundada para diferentes vazões/cotas, associadas a diversos tempos de retorno (ou probabilidades de ocorrência), servindo como ferramenta de apoio aos gestores municipais na tomada de decisão para a retirada da população atingida, podendo minimizar prejuízos e danos causados pelas cheias, bem como contribuir para a gestão territorial de áreas ainda não ocupadas. As manchas de inundação produzidas pela CPRM estão disponíveis em: http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php.

O SACE é um sistema computacional que permite a aquisição, armazenamento e tratamento dos dados em tempo real, obtidos por meio de plataformas de coleta de dados (PCDs) pertencentes a CPRM/ANA, e de terceiros, principalmente entidades vinculadas ao setor elétrico. Em locais onde ainda não há disponibilidade de PCDs, os dados são transmitidos por contatos telefônicos (e/ou via internet) pelos observadores hidrológicos, ou operadores das usinas hidrelétricas. O SACE pode ser acessado através do link <http://www.cprm.gov.br/sace/>.

3. LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO DOCE

3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO RIO DOCE

O rio Doce possui uma extensão de aproximadamente 870 quilômetros, com nascentes no estado de Minas Gerais, nas Serras da Mantiqueira e Espinhaço. Sua foz localiza-se no Oceano Atlântico, nas proximidades do município de Linhares-ES. A Figura 6 apresenta a bacia do rio Doce e seus principais pontos de monitoramento fluviométrico.

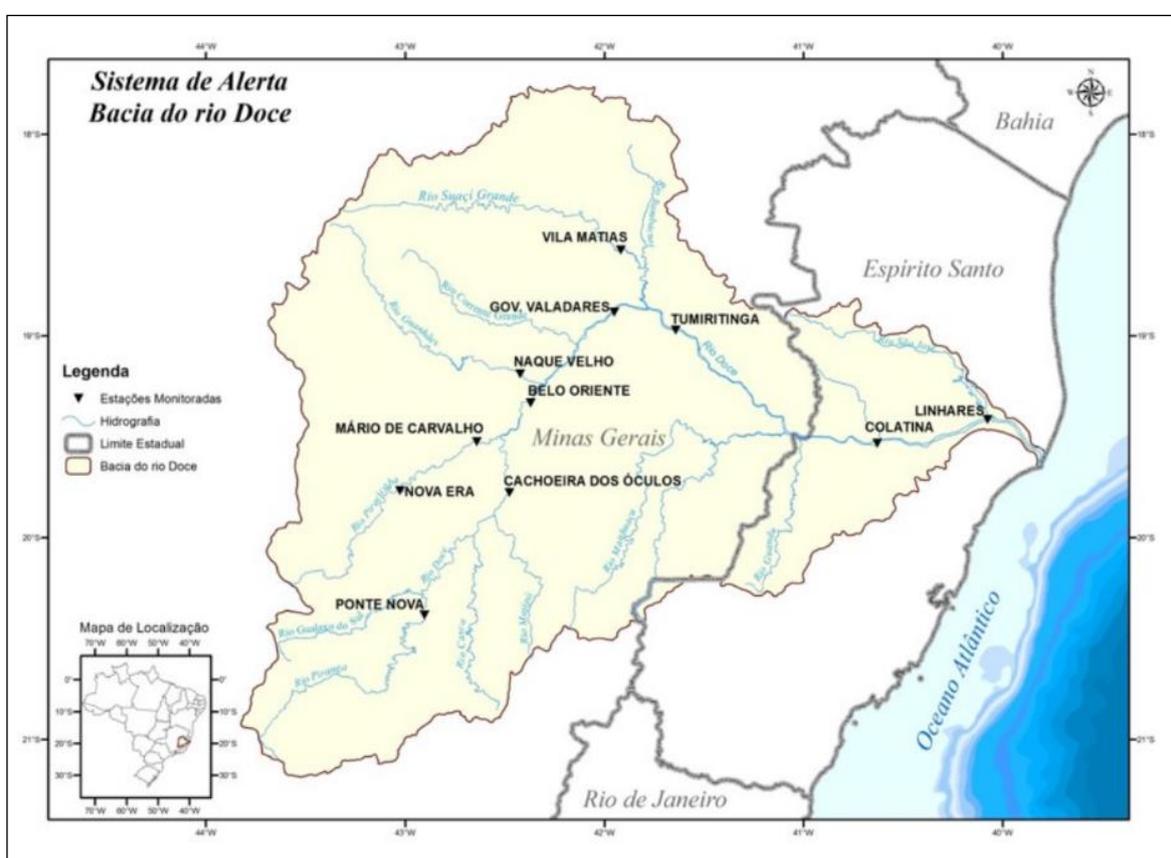


Figura 6 – Localização da bacia do rio Doce e principais pontos de monitoramento fluviométrico.

A bacia do rio Doce possui uma área de drenagem de aproximadamente 83.400 km², onde 86% ficam em Minas Gerais, e 14% pertencem ao Espírito Santo. Destaque para a porção mineira da bacia, em especial nas sub-bacias do Piracicaba e Santo Antônio, com presença de atividades minerárias e usinas hidrelétricas (em sua maioria, operadas à fio d'água).

Seus principais afluentes pela margem esquerda são os rios do Carmo, Piracicaba, Santo Antônio, Corrente Grande, Suaçuí Grande, São José e Pancas; e pela margem direita são os rios Casca, Matipó, Caratinga/Cuité, Manhuaçú, Guandu e Santa Joana. As maiores vazões específicas são encontradas na sub-bacia do rio do Carmo, entre 30 a 35 L/s km²; e as menores na sub-bacia do Suaçuí Grande, entre 05 a 10 L/s km².

A precipitação média anual na bacia varia de 1.500 mm, nas nascentes do rio Doce, até 900 mm, na região da divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, voltando a crescer na região do litoral.

O clima na bacia pode ser dividido em: clima tropical de altitude, com chuvas de verão e verões frescos presentes nas vertentes das Serras da Mantiqueira e do Espinhaço e nas nascentes do rio Doce; clima tropical de altitude, com chuvas de verão e verões quentes presentes nas nascentes dos seus afluentes; e clima quente com chuvas de verão, presente nos trechos médio e baixo do rio Doce e seus afluentes.

As atividades econômicas que se destacam na região são: a agropecuária, com destaque para o reflorestamento, culturas de café, suinocultura e criação de gado leiteiro e de corte; agroindústria; mineração (ferro, ouro, bauxita, manganês, pedras preciosas e outros); indústrias de turismo, celulose, siderurgia e laticínios; geração hidroelétrica; no setor terciário destaca-se o comércio e o serviço de apoio ao setor industrial.

As inundações que assolam a região têm sua origem agravada por ações antrópicas como o desmatamento e o manejo inadequado do solo e o assoreamento advindo de resíduos minerais, industriais e domésticos. As áreas próximas ao leito principal, denominadas de planície de inundação, vêm sendo sistematicamente ocupadas pela população, agravando os impactos ocasionados pelas enchentes (CPRM, 2003).

3.2 LOCALIDADES BENEFICIADAS PELO SISTEMA DE ALERTA DO RIO DOCE

Os municípios diretamente beneficiados pelo SAH Doce são: Ponte Nova, Nova Era, Coronel Fabriciano, Timóteo, Açucena, Governador Valadares, Tumiritinga, no Estado de Minas Gerais; Colatina e Linhares, no Estado do Espírito Santo, para os quais são elaborados Boletins Técnicos sobre a evolução do nível dos rios nos pontos monitorados.

Os municípios indiretamente beneficiados, ou seja, que podem acompanhar a evolução das cheias nas estações de monitoramento hidrológico localizadas em municípios a montante na bacia hidrográfica, são: Antônio Dias, Ipatinga, Resplendor, Galiléia, Conselheiro Pena, Aimorés, no Estado de Minas Gerais; e Baixo Guandu, no Estado do Espírito Santo.

Os municípios também podem acompanhar a evolução das cheias na bacia do rio Doce conforme registro nas seguintes estações fluviométricas:

- A cidade de Ponte Nova pode acompanhar a evolução do nível do rio na estação de Ponte Nova (56110005), coordenadas aproximadas Latitude (-20.3839) ; Longitude (-42.9028);
- As cidades de Nova Era e Antônio Dias podem acompanhar a evolução do nível do rio na estação de Nova Era (56661000), coordenadas aproximadas Latitude (-19.7667) ; Longitude (-43.0261);
- As cidades de Coronel Fabriciano, Timóteo e Ipatinga podem acompanhar a evolução do nível do rio da estação de Mário de Carvalho (56696000), coordenadas aproximadas Latitude (-19.5247) ; Longitude (-42.6408);
- A cidade de Açucena pode acompanhar a evolução do nível do rio na estação de Naque-Velho (56825000), coordenadas aproximadas Latitude (-19.1881) ; Longitude (-42.4228);
- A cidade de Governador Valadares pode acompanhar a evolução do nível do rio na estação de Governador Valadares (56850000), coordenadas aproximadas Latitude (-18.8831) ; Longitude (-41.9508);
- As cidades de Tumiritinga, Galiléia, Resplendor, Conselheiro Pena, Aimorés e Baixo Guandu podem acompanhar a evolução do nível do rio na estação de

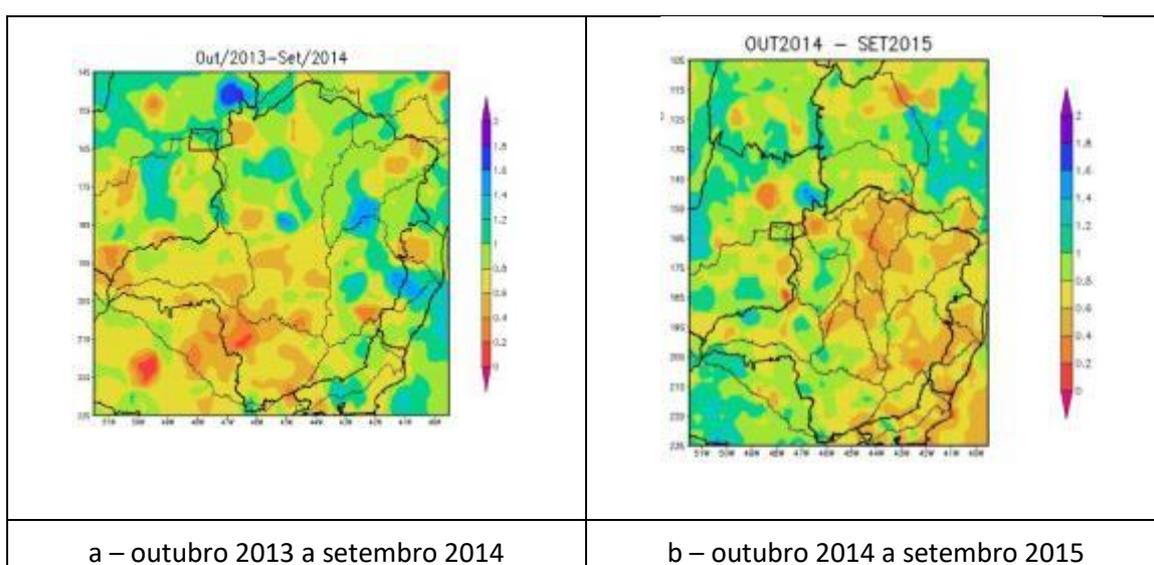
Tumiritinga (56920000), coordenadas aproximadas Latitude (-18.9711) ; Longitude (-41.6417);

- A cidade de Colatina pode acompanhar a evolução do nível do rio na estação de Colatina Corpo de Bombeiros (56994510), coordenadas aproximadas Latitude (-19.5303) ; Longitude (-40.6236);
- A cidade de Linhares pode acompanhar a evolução do nível do rio na estação de Linhares (Cais do Porto) (56998200), coordenadas aproximadas Latitude (-19.4153) ; Longitude (-40.0756).

As informações também são publicadas na Internet, no portal do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, e podem ser acessadas no site do Sistema de Alerta hidrológico da bacia do rio Doce, através do seguinte link: <http://www.cprm.gov.br/sace/doce>.

3.3 MENÇÃO SOBRE OS EVENTOS HISTÓRICOS DE ESTIAGEM VERIFICADOS NA BACIA DO RIO DOCE

Entre os anos de 2014 a 2018, a Região Sudeste do Brasil enfrentou uma estiagem severa. Em vários cursos d'água na bacia do rio Doce foram registradas vazões mínimas históricas. A Figura 7 apresenta o total precipitado na bacia no período de outubro de 2013 a setembro de 2019. Neste período o *déficit* de precipitação média foi da ordem de 1.050 mm, equivalente a um ano hidrológico (CPRM, 2019).



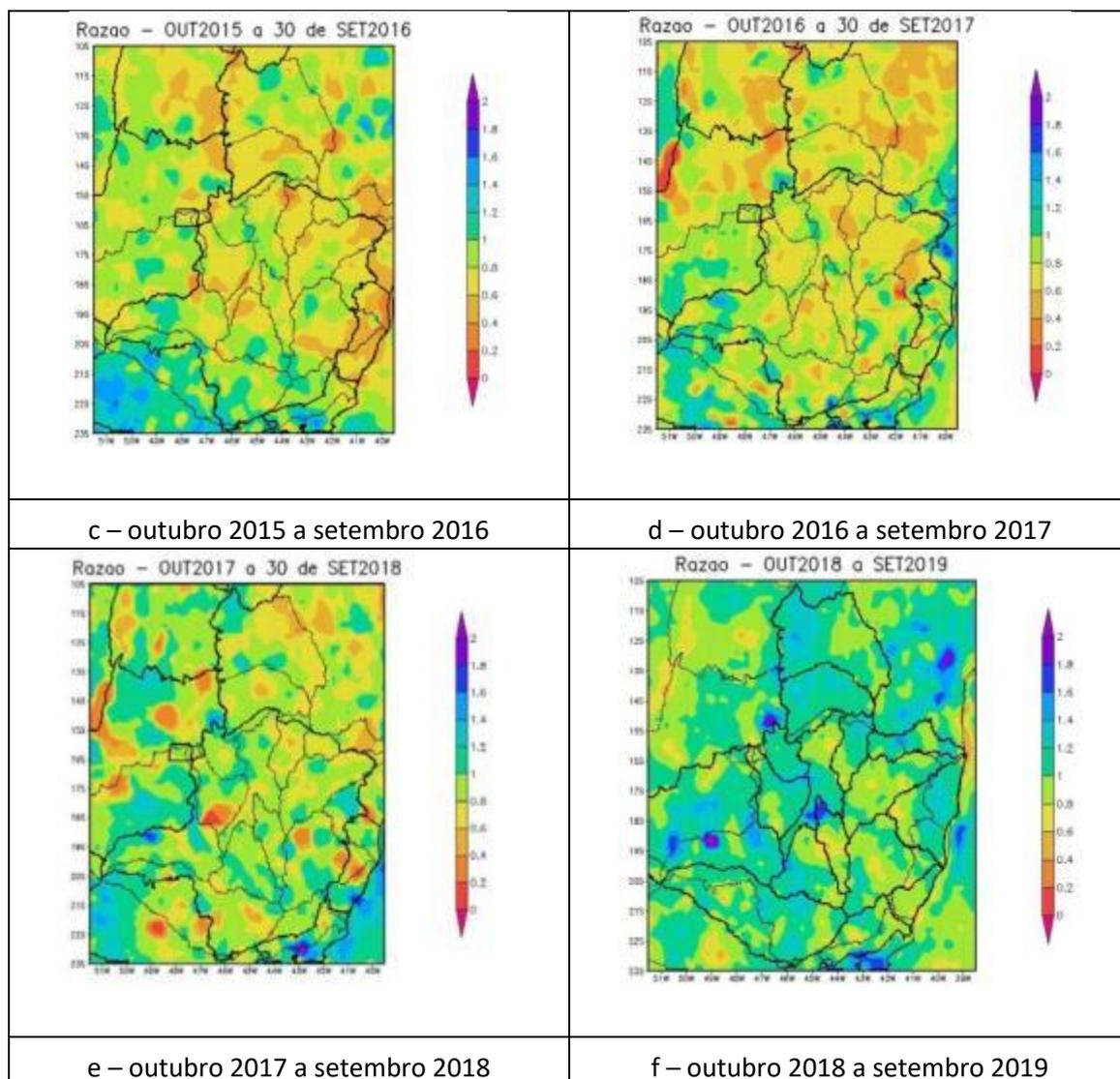


Figura 7 – Anomalia de precipitação na bacia do rio Doce.

A Figura 8 apresenta os totais acumulados nos anos hidrológicos 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018, menores que a média histórica na maioria das bacias, com poucas exceções.

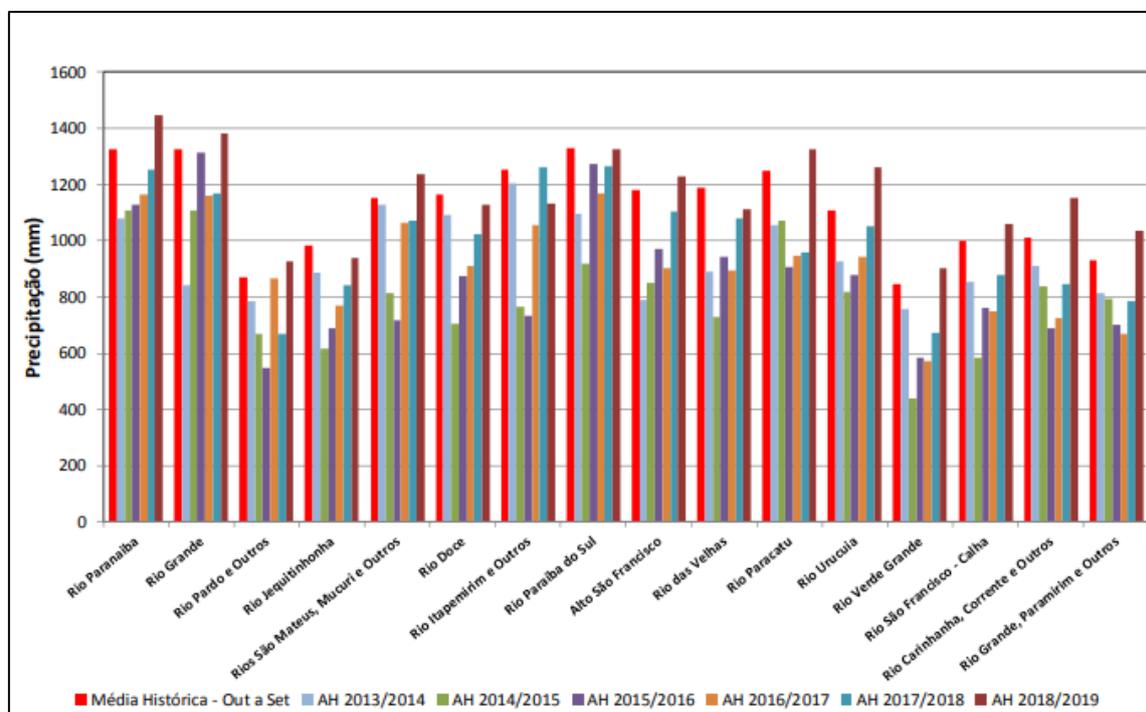


Figura 8 – Precipitação média acumulada nas bacias monitoradas (por ano hidrológico – AH), na estiagem 2014 a 2019.

Para o ano hidrológico 2018/2019 as bacias dos rios Paranaíba, Pardo, São Mateus, São Francisco, Paraíba do Sul, Grande, Paracatu, Urucuia, Verde Grande, Alto São Francisco, Paramirim e Carinhonha apresentaram resultados acima da média, enquanto as bacias do rio Doce, Jequitinhonha, Itapemirim e Velhas apresentaram valores próximos ou pouco abaixo da média. Para este período nenhuma das bacias apresentou precipitações menores que 90% da média (CPRM, 2019).

3.4 MENÇÃO SOBRE OS EVENTOS DE CHEIAS QUE OCORRERAM PONTUALMENTE AO LONGO DA ESTIAGEM NA BACIA DO RIO DOCE

Mesmo ao longo do período de estiagem, foram verificadas grandes cheias na bacia do rio Doce, as quais foram monitoradas pelo Sistema de Alerta, conforme registrado a seguir:

- Dezembro de 2013: foram verificados eventos pontuais de precipitação, chegando a serem registradas chuvas da ordem de 940 mm para o mês, enquanto a média esperada é de 206 mm (Figura 9). Foram registrados os seguintes eventos:
 - Cidade de Colatina – ES: Entre os dias 17 e 28 de dezembro foi observado um grande evento de cheia na cidade. No dia 19 atingiu-se a cota de 782 cm nas réguas linimétricas. As equipes da CPRM foram deslocadas para o local e realizaram medições nos dias 20 e 21 de dezembro, com cotas medidas aproximadamente entre 450 cm e 700 cm. Posteriormente, ocorreu um segundo evento de maior magnitude no dia 24 de dezembro, atingindo aproximadamente a cota 941 cm nas réguas. O trabalho de definição da planície de inundação de Colatina estava em curso desde 2009, quando foram instaladas várias seções de réguas no rio Doce, ao longo da cidade. Os levantamentos de campo realizados durante e após a cheia extraordinária de 2013 permitiram a conclusão do trabalho.
 - Cidade de Linhares – ES: o mesmo evento de cheia registrado na cidade de Colatina foi observado em Linhares, uma vez que este município localiza-se aproximadamente 76 km a jusante, também às margens do rio Doce, tendo sido observado a maior cheia já registrada na região até então, com nível de 658 cm no dia 19 de dezembro, correspondendo a um tempo de recorrência de 18 anos (que representa uma probabilidade de ocorrência de 5,55 %), e atingindo a cota 548 cm no dia 25 de dezembro.
- Janeiro de 2016: foi registrado um evento na estação Naque Velho, atingindo a cota de 831 cm na manhã do dia 21 de janeiro, representando uma recorrência de 100 anos (probabilidade de ocorrência de 1%), ultrapassando o maior registro verificado rio Santo Antônio (afluente do rio Doce), de janeiro de 2003, com cota 756 cm. Ainda na noite do dia 21 foi registrada uma cota de 486 cm em Governador Valadares - MG, sendo que as cotas de alerta e inundação neste ponto de monitoramento correspondem a 320 e 360 cm, respectivamente

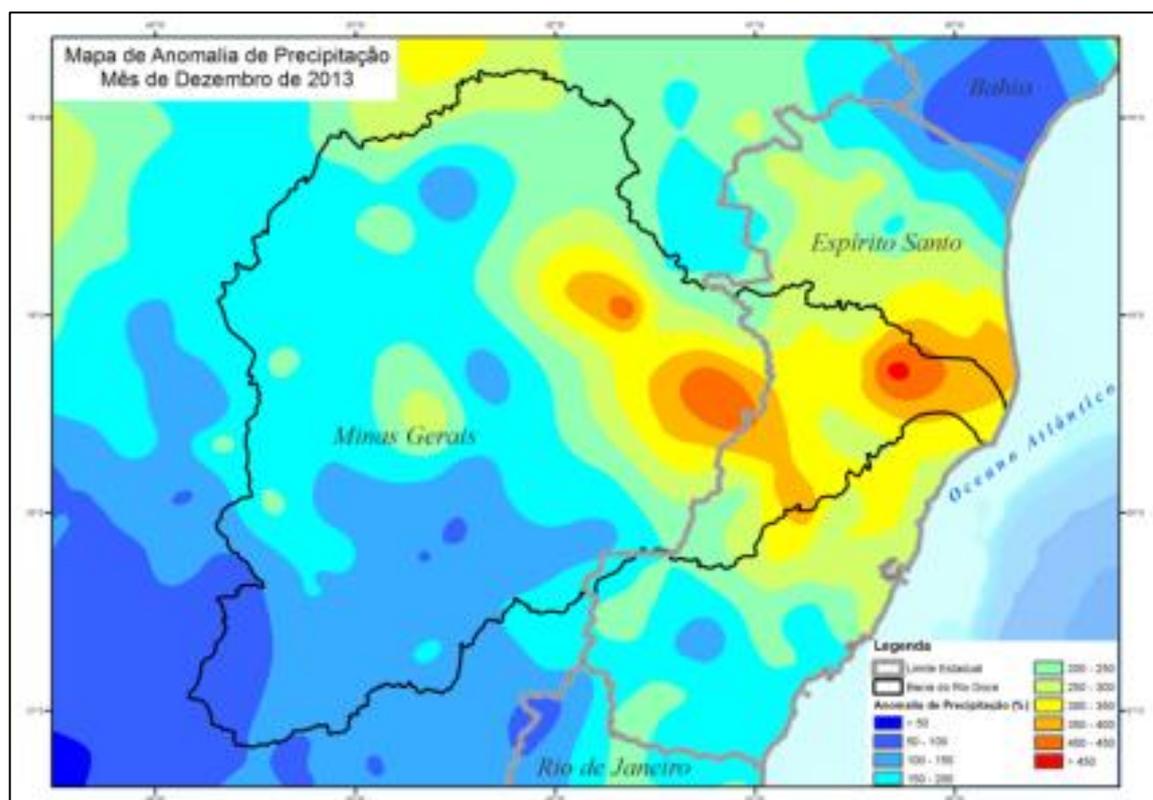


Figura 9 – Anomalia de precipitação na bacia do rio Doce em dezembro de 2013.

3.5 RESUMO DOS PRINCIPAIS PROCESSOS CAUSADORES DE CHEIAS E ESTIAGENS NA BACIA DO RIO DOCE

3.5.1 EVENTOS DE CHEIAS

O Sistema de Alerta hidrológico da bacia do rio Doce visa o acompanhamento e modelagem hidrológica-hidráulica dos níveis dos cursos de água monitorados com relação aos eventos de inundações naturais, associadas aos processos de precipitação, principalmente aqueles decorrentes de eventos de Zonas de Convergência do Atlântico Sul, que ocorrem com maior frequência no período chuvoso de outubro a março na Região Sudeste do Brasil.

Os atuais modelos permitem alertas de inundações com antecedência de 6 a 12 horas ao evento previsto. Uma porção relevante da bacia do Doce são as cabeceiras dos rios Piranga, Santa Bárbara, Piracicaba e Santo Antônio, que respondem mais rapidamente aos eventos de chuvas intensas e podem provocar eventos de cheias, em especial nas cidades de Nova Era – MG e Ponte Nova – MG,

contribuindo para o atingimento da cota de alerta na cidade de Governador Valadares – MG.

Conforme pode ser verificado no diagrama unifilar do rio Doce (apresentado no Capítulo 4), diversos pontos de monitoramento correspondem às usinas hidrelétricas. Vale ressaltar que a maioria dessas Usinas operam a fio d'água, ou seja, não possuem reservatórios com capacidade significativa de acumulação de volumes para armazenamento.

Este aspecto pode ser um desafio durante os eventos de cheias nas bacias, pois trabalha-se com as vazões naturais dos cursos de água, não sendo as mesmas controladas (ou regularizadas) por uma barragem, e liberadas gradualmente para a calha fluvial. Vale ressaltar que o Sistema de Alerta do Doce pode apresentar instabilidade nas previsões para eventos de chuvas intensas localizadas e concentradas apenas sobre o município e suas adjacências (eventos de chuvas convectivas), os quais podem ocasionar o aumento abrupto no nível do rio e provocar enchentes repentinas e localizadas.

3.5.2 EVENTOS DE ESTIAGENS

O processo de estiagem na bacia do rio Doce encontra-se relacionado à sazonalidade típica da Região Sudeste do Brasil, com período chuvoso compreendido entre os meses de outubro a março, e ausência de precipitações significativas entre os meses de abril a setembro.

Menores vazões nos cursos de água monitorados podem ser registradas no período chuvoso, caso sejam registradas precipitações abaixo da média histórica na região. Cabe ressaltar que, embora sejam verificadas diversas usinas hidrelétricas na bacia do Doce, as mesmas operam a fio d'água, não possuindo reservatórios com capacidade significativa de acumulação de volumes para armazenamento de água no período chuvoso e utilização na estiagem.

4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE

As equipes de plantão trabalham com dados que são recebidos em intervalos horários, por transmissores via satélite ou GSM instalados nas estações de monitoramento automáticas. Esses dados são provenientes das estações da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), gerenciada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), e operada pela CPRM. Tais estações são dotadas de sensores de nível, que medem a variação nos níveis das águas com alta precisão, bem como pluviômetros automáticos, capazes de registrar a quantidade de chuva.

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM transmite diariamente a diversas instituições governamentais, tais como o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, e prefeituras dos municípios da bacia do Doce, um Boletim Técnico contendo informações sobre os níveis dos rios nas estações fluviométricas monitoradas. Além destes níveis, o boletim contém a cota de alerta e de inundação de algumas estações da bacia.

A cota de alerta significa que foi atingido o nível do rio no qual verifica-se elevada possibilidade de ocorrência de inundação. Neste caso o monitoramento passa a ser mais intenso, e a orientação, ao serem atingidas estas cotas, é que o próprio município também se articule para observar os níveis nas réguas linimétricas localizadas nas estações fluviométricas. Já a cota de inundação significa que o ponto mais baixo da cidade começa a ser inundado.

As previsões hidrológicas apresentadas nos boletins são subsidiadas por modelos hidrológicos e hidráulicos. A estimativa da evolução dos níveis dos rios monitorados variam em função do comportamento hidrológico na bacia hidrográfica, permitindo alertas de inundações com antecedência de 6 a 12 horas ao evento previsto.

A modelagem hidrológica-hidráulica é baseada no registro dos níveis dos rios nas estações fluviométricas das bacias hidrográficas a montante do ponto para o qual a análise da possibilidade de cheia está sendo verificada. Cabe ressaltar que o Sistema de Alerta do Doce pode apresentar instabilidade em seus resultados e

previsões para eventos de chuvas intensas localizadas e concentradas apenas sobre o município e suas adjacências (eventos de chuvas convectivas), os quais podem resultar no aumento abrupto do nível do rio e provocar enchentes repentinas e localizadas.

Há mais de 20 anos o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, por meio da Superintendência Regional de Belo Horizonte (Sureg-BH), opera o Sistema de Alerta hidrológico do Doce, emitindo boletins com informações sobre os níveis dos rios nas estações fluviométricas e as cotas de alerta e de inundação nos municípios atendidos pelo sistema (com a modelagem da previsão para os níveis dos rios), informando Defesa Civil, Prefeituras, dentre outros órgãos governamentais, para medidas de prevenção/mitigação de eventos de cheias.

Ainda assim, cabe ressaltar que fenômenos hidrológicos apresentam uma variabilidade natural em função das diversas variáveis envolvidas em seus processos, o que reflete o desafio em se prever a ocorrência do extravasamento nas calhas fluviais monitoradas.

4.2 LOCALIDADES BENEFICIADAS PELO SISTEMA DE ALERTA E PRINCIPAIS PONTOS DE MONITORAMENTO

Conforme mencionado anteriormente, o Sistema de Alerta da bacia do rio Doce beneficia 16 municípios localizados às margens dos rios Piranga, Piracicaba e Doce, os quais seguem relacionados na Tabela 1. Os tipos de previsão “Direta” são aquelas nas quais há um modelo específico para simulação e acompanhamento do nível do rio monitorado para uma determinada localidade. Nas previsões do tipo “Indireta”, o município se beneficia do Sistema de Alerta através do acompanhamento do nível dos rios monitorados em outras estações localizadas a montante.

Tabela 1 - Municípios Beneficiados pelo Sistema de Alerta.

Município	Unidade de Federação	População (habitantes)	Rio	Tipo de Previsão
Açucena	Minas Gerais	10.276	Santo Antônio	Direta
Aimorés	Minas Gerais	25.193	Doce	Indireta
Antônio Dias	Minas Gerais	9.565	Piracicaba	Indireta
Baixo Guandu	Espírito Santo	29.081	Doce	Indireta
Colatina	Espírito Santo	111.788	Doce	Direta
Conselheiro Pena	Minas Gerais	22.242	Doce	Indireta

Coronel Fabriciano	Minas Gerais	103.69	Piracicaba	Direta
Galiléia	Minas Gerais	6.951	Doce	Indireta
Governador Valadares	Minas Gerais	263.689	Doce	Direta
Ipatinga	Minas Gerais	239.468	Piracicaba	Indireta
Linhares	Espírito Santo	141.306	Doce	Direta
Nova Era	Minas Gerais	17.528	Piracicaba	Direta
Ponte Nova	Minas Gerais	57.390	Piranga	Direta
Resplendor	Minas Gerais	17.089	Doce	Indireta
Timóteo	Minas Gerais	81.243	Piracicaba	Direta
Tumiritinga	Minas Gerais	6.293	Doce	Direta

Fonte: Adaptado de IBGE, 2018.

De maneira geral, o Sistema consiste nas seguintes etapas: coleta, armazenamento e análise dos dados hidrometeorológicos, elaboração da previsão hidrológica e transmissão das informações, conforme relacionado no fluxograma apresentado na Figura 10.

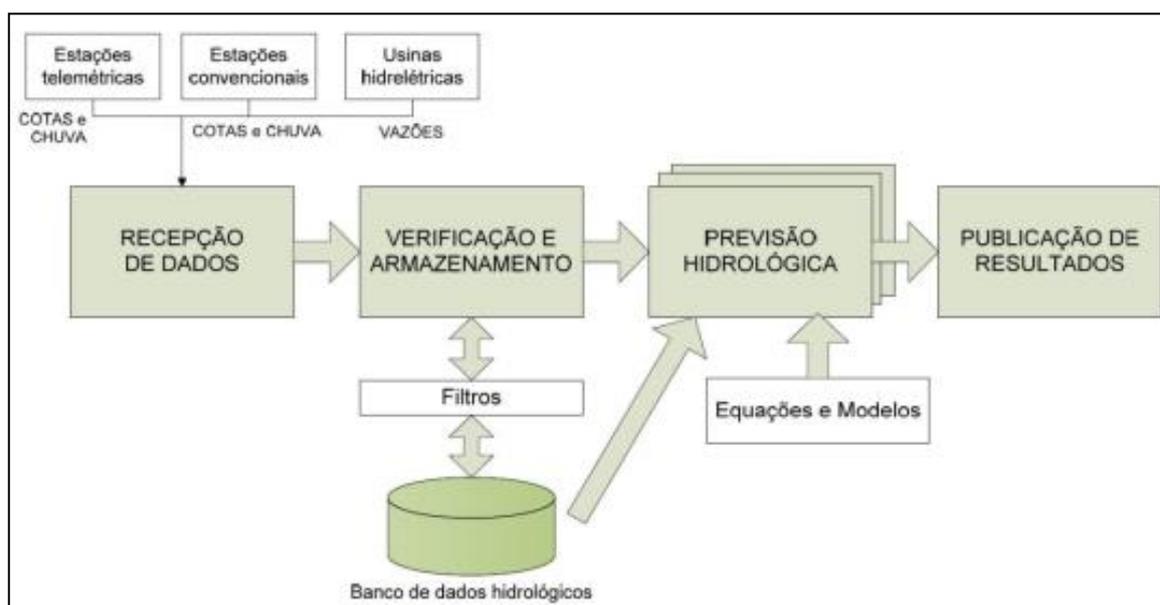


Figura 10 – Fluxograma das etapas de operação do Sistema de Alerta.

A primeira atividade relacionada ao Sistema de Alerta é a coleta dos dados, os quais são obtidos nas estações hidrometeorológicas (pertencentes à RHN, gerenciada pela ANA) operadas pela CPRM e demais parceiros, tais como a Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, o Instituto Mineiro de Gestão das

Águas – IGAM, entre outros operadores. Os principais pontos de monitoramento na bacia do Doce seguem relacionados abaixo:

- 10 estações hidrometeorológicas da RHN com equipamento de transmissão automática via satélite (Ponte Nova, Nova Era, Fazenda Cachoeira D’Antas, Cachoeira dos Óculos, Mário de Carvalho, Belo Oriente, Naque Velho, Governador Valadares, Vila Matias e Colatina), com verificação adicional dos dados junto aos observadores hidrológicos, via contatos telefônicos e/ou internet;
- 2 estações hidrometeorológicas da RHN com transmissão via observador hidrológico, via contatos telefônicos e/ou internet (Tumiritinga e Linhares);
- 11 usinas hidrelétricas: Brecha, Risoleta Neves (antiga Candonga), Peti, Piracicaba, Guilman Amorim, Sá Carvalho, Salto Grande, Porto Estrela, Baguari, Aimorés e Mascarenhas, com transmissões automáticas, ou via contatos telefônicos com os operadores;
- 50 (aproximadamente) estações hidrometeorológicas das usinas hidrelétricas, instaladas no contexto do atendimento à resolução conjunta ANEEL/ANA n° 003 do ano de 2010, que são utilizadas no Sistema de Alerta de forma complementar na verificação do comportamento do nível dos rios monitorados;
- 120 (aproximadamente) estações pluviométricas com transmissão via satélite do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, utilizadas de forma complementar.

Os principais pontos de coleta de informações hidrometeorológicas do Sistema de Alerta encontram-se relacionados com mais detalhes na Tabela 2. Os dados registrados durante a operação do Alerta são armazenados no sistema SACE, o qual permite a análise das informações por meio do traçado de cotogramas, fluviogramas e hietogramas, bem como o cálculo das vazões das estações fluviométricas, elaboração de previsão hidrológica, e confecção dos Boletins Técnicos de acompanhamento dos níveis dos rios nas estações de monitoramento. Este sistema permite que o público externo possa consultar os dados hidrológicos na bacia do rio Doce, podendo ser acessado no site do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, no link <http://www.cprm.gov.br/sace/>.

Os dados das estações fluviométricas, principalmente aquelas no contexto da resolução ANA/ANEEL nº003 de 2010, encontram-se disponíveis no site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), por meio da plataforma Hidro-telemetria, do Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos – SNIRH, no link <http://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/Mapa.aspx>. A previsão meteorológica é elaborada e disponibilizada na internet pelos órgãos governamentais de meteorologia brasileiros, como INMET, INPE e CEMADEN.

As Figuras 11 e 12 apresentam o diagrama unifilar com as principais estações de monitoramento distribuídas ao longo da bacia do rio Doce, que forneceram dados para o acompanhamento do nível dos rios e elaboração de Boletins Técnicos para instituições governamentais (Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, Prefeituras, entre outros) informando sobre a possibilidade de ocorrência de eventos de cheias, enquanto as Figuras 13 e 14 mostram os municípios e os pontos de monitoramento na bacia.

Tabela 2 – Principais Pontos de Monitoramento no Sistema de Alerta do rio Doce.

Estação / Código ANA	Latitude (GMS)			Longitude (GMS)			Entidade	Transmissão	Tipo de Dado	Rio
Belo Oriente (BO) / 56719998	19	19	40	42	23	51	ANA	Automática	Cota e Precipitação	Rio Doce
Cachoeira dos Óculos Montante (CO) / 56539000	19	46	37	42	28	35	ANA	Automática	Cota e Precipitação	Rio Doce
Colatina (CL) / 56994510	19	31	48	40	37	25	ANA	Automática	Cota e Precipitação	Rio Doce
Fazenda Cachoeira D'Antas (CD) / 56425000	19	59	40	42	40	28	ANA	Automática	Cota e Precipitação	Rio Doce
Governador Valadares (GV) / 56850000	18	52	56	41	57	03	ANA	Automática	Cota e Precipitação	Rio Doce
Linhares Cais do Porto (LI) / 56998200	19	24	23	40	04	02	ANA	Telefone	Cota	Rio Doce
Mário de Carvalho (MC) / 56696000	19	31	27	42	38	27	ANA	Automática	Cota e Precipitação	Rio Piracicaba
Naque Velho (NV) / 56825000	19	11	18	42	25	21	ANA	Automática	Cota e Precipitação	Rio Santo Antônio
Nova Era Telemétrica (NE) / 56661000	19	46	00	43	01	34	ANA	Automática	Cota e Precipitação	Rio Piracicaba
Ponte Nova Jusante (PN) / 56110005	20	23	02	42	54	10	ANA	Automática	Cota e Precipitação	Rio Piranga
Tumiritinga (TU) / 56920000	18	58	16	41	38	30	ANA	Telefone	Cota	Rio Doce
Vila Matias Montante (VM) / 56891900	18	34	19	41	54	51	ANA	Automática	Cota e Precipitação	Rio Suaçuí Grande
UHE Aimorés (AI)	19	29	58	41	01	23	Vale/CEMIG	Automática	Vazão	Rio Doce
UHE Baguari (BA)	19	01	20	42	07	27	CEMIG	Automática	Vazão	Rio Doce
UHE Brecha (BR)	20	32	00	42	59	00	Novelis	Telefone	Vazão	Rio Piranga
UHE Risoleta Neves*	20	15	29	42	53	3	Novelis e VALE	Telefone	Vazão	Rio Carmo
UHE Guilman Amorim (GA)	19	42	00	42	59	00	Belgo-Arcelor e Samarco Mineração	Telefone	Vazão	Rio Piracicaba
UHE Mascarenhas (MS)	19	30	00	40	57	00	ESCELSA	Telefone	Vazão	Rio Doce

UHE Peti (PE)	19	48	00	43	14	00	CEMIG	Automática	Vazão	Rio Santa Bárbara
UHE Piracicaba (PI)	19	56	00	43	10	00	Belgo-Arcelor	Telefone	Vazão	Rio Piracicaba
UHE Porto Estrela (PS)	19	07	00	42	40	00	CEMIG	Automática	Vazão	Rio Santo Antônio
UHE Sá Carvalho (SC)	19	38	13	42	48	21	CEMIG	Automática	Vazão	Rio Piracicaba
UHE Salto Grande (SG)	19	09	09	42	44	52	CEMIG	Automática	Vazão	Rio Santo Antônio

*a usina Risoleta Neves não tem sido operada desde o rompimento do barramento da SAMARCO em Mariana, estando suas comportas do vertedouro abertas continuamente desde então.

Fonte:

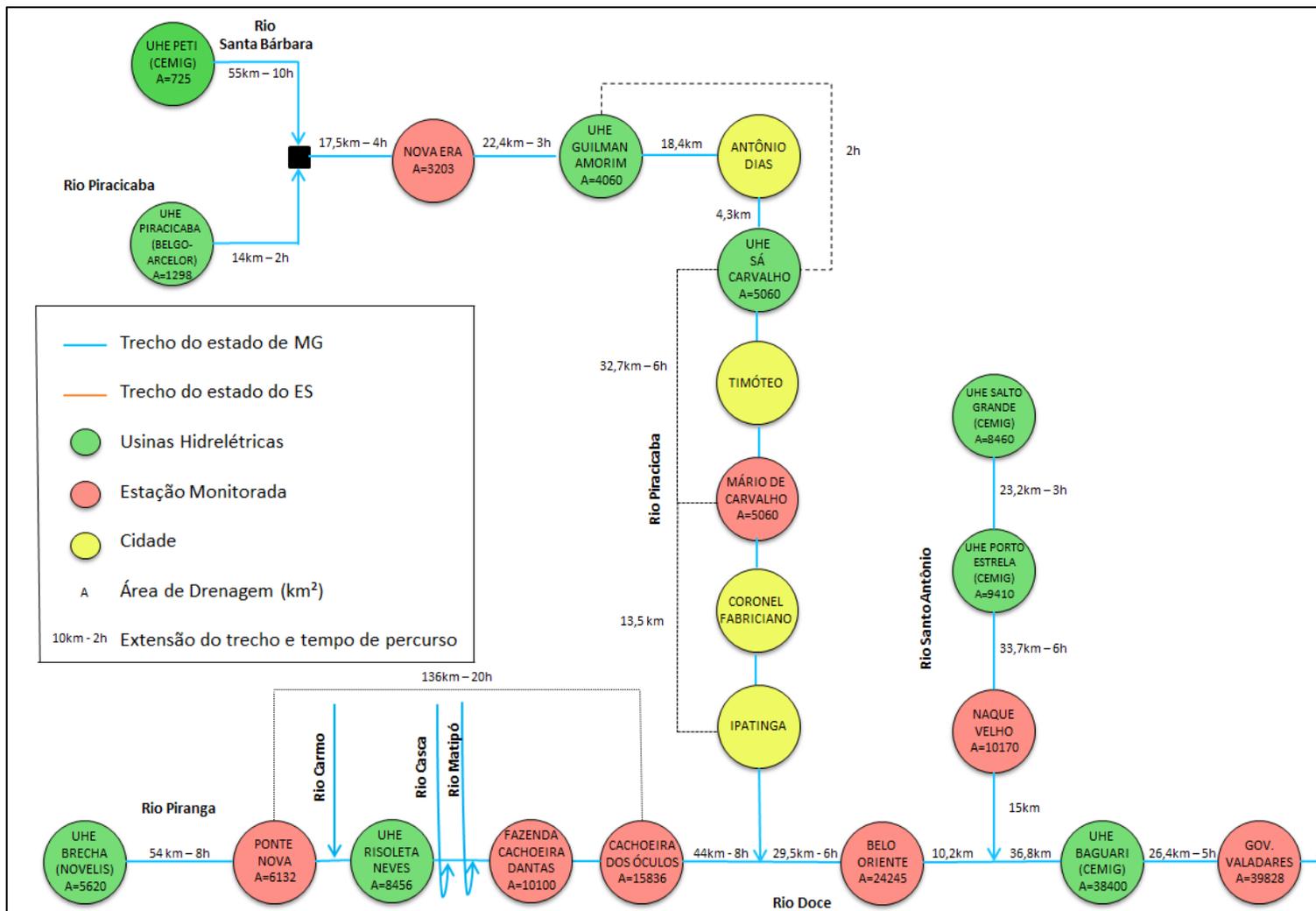


Figura 11 – Diagrama Unifilar do Sistema de Alerta – (parte 1).

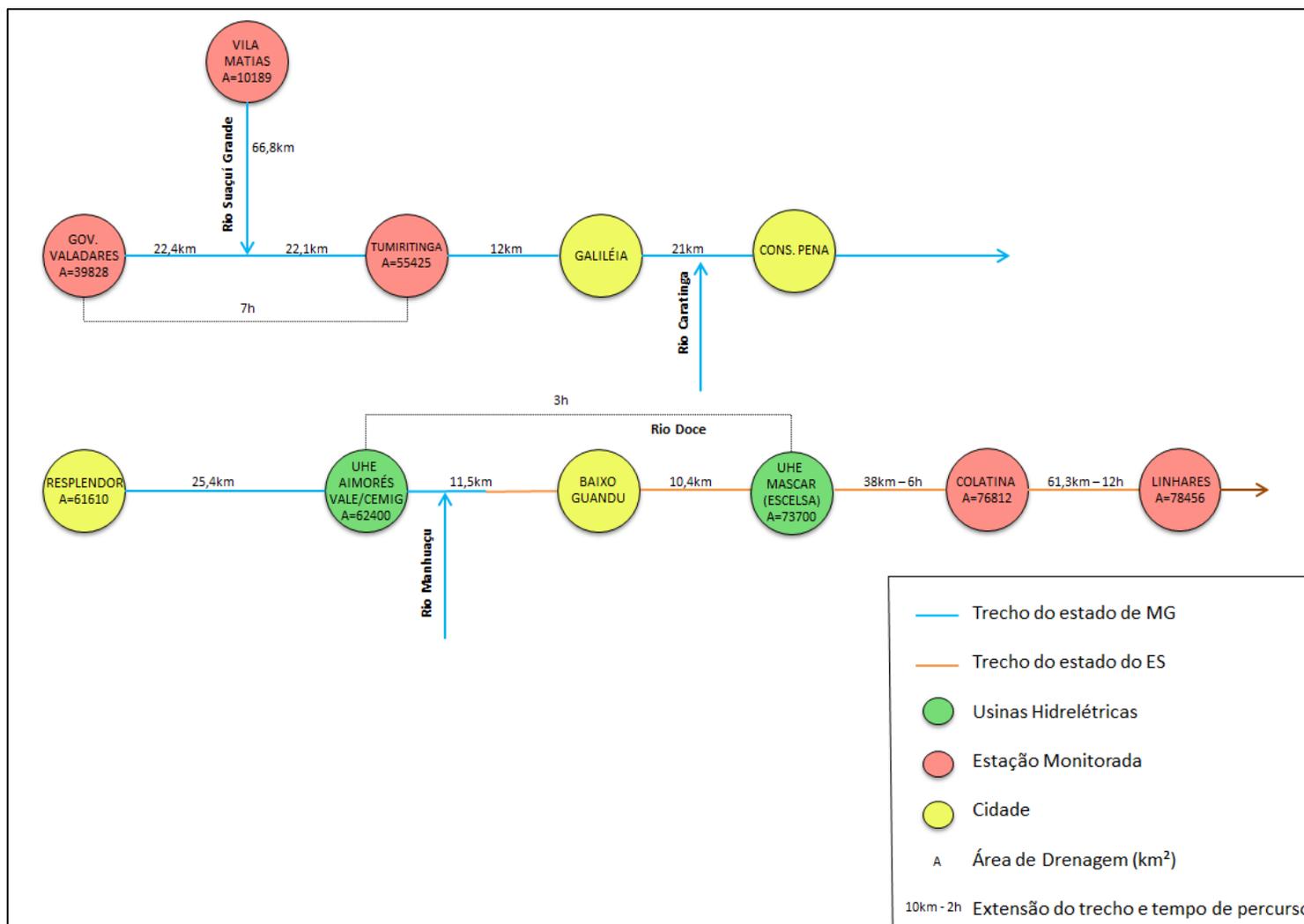


Figura 12 – Diagrama Unifilar do Sistema de Alerta – (parte 2).

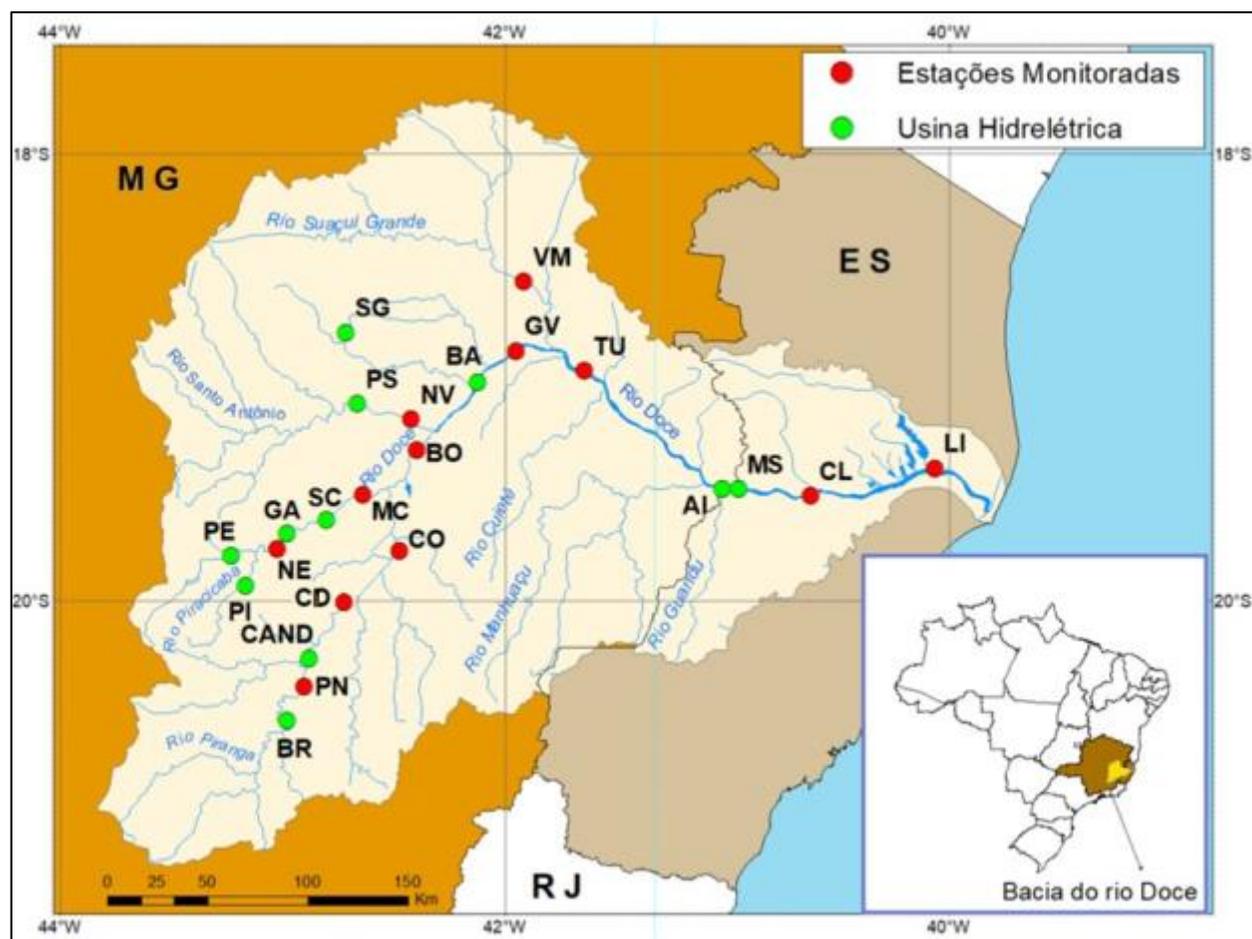


Figura 13 – Pontos de monitoramento do Sistema de Alerta.



Figura 14 – Municípios beneficiados pelo Sistema de Alerta.

A previsão (modelagem) hidrológica consiste da estimativa da evolução dos níveis dos rios para 8 pontos de monitoramento, com antecedência de 6 a 12 horas, dependendo da localidade. Para alguns locais, os modelos podem indicar a tendência dos níveis em 24 horas. A Tabela 3 apresenta um resumo dos tempos de antecedência da previsão hidrológica e cidades beneficiadas. Outras informações sobre a previsão hidrológica nas estações de monitoramento podem ser verificadas no Capítulo 5.

Tabela 3 - Resumo da previsão hidrológica

Cidade	Estações usadas na previsão hidrológica	Tempo de antecedência da previsão (h)
Colatina - ES	Usina de Mascarenhas e Estação Colatina	6
Governador Valadares - MG	Estações Mário de Carvalho e Cachoeira dos Óculos e UHE Salto Grande	24
	Estações Belo Oriente, Naque Velho e Governador Valadares	12
Linhares - ES	Estações Colatina e Linhares	12
Mário de Carvalho - MG	UHE Guilman e Estação Mário de Carvalho	8
Nova Era - MG	UHE Peti e Piracicaba	6
Naque Velho - MG	UHE Porto Estrela e Estação Naque Velho	6
Ponte Nova - MG	Usina da Brecha e Estação Ponte Nova	8
Tumiritinga - MG	Estações Governador Valadares e Vila Matias	7

Elaborado pelo Autor (2021)

Para algumas cidades consideradas estratégicas foram definidas cotas de alerta e cotas de inundação, determinadas em campo através de nivelamento topográfico da cota do início da inundação, no ponto mais baixo da cidade. Já as cotas de alerta foram definidas de acordo com o tempo de subida dos hidrogramas da cheia de janeiro de 1997, discretizados a cada 12 horas (CPRM, 2003), conforme mostra a Tabela 4. Ainda, pode-se verificar o tempo de retorno associado às respectivas vazões para as cotas de alerta e inundação nos pontos monitorados.

O tempo de retorno pode ser entendido como a probabilidade de igualdade ou superação de um determinado evento. Ou seja, quanto maior o tempo de retorno, menor a sua probabilidade de ocorrência, e mais raro será este evento. De maneira inversa, quanto menor o tempo de retorno, maior será a sua probabilidade de ocorrência, e menos raro será este evento.

Atualmente verificam-se eventos frequentes de atingimento das cotas de alerta e inundação em alguns pontos de monitoramento, em especial nas cabeceiras do rio Doce, nas proximidades das cidades de Ponte Nova – MG e Nova Era – MG; na parte média da bacia, na cidade de Governador Valadares – MG; e no baixo Doce, nas cidades de Colatina – ES e Linhares – ES, que recebem atenção nas operações do Sistema de Alerta.

A transmissão da informação aos municípios e demais entidades interessadas é realizada via e-mail, e também através de publicações no site <http://www.cprm.gov.br/sace/>, com as seguintes modalidades de Boletins Técnicos:

- boletim ordinário de monitoramento: enviado diariamente, com informações sobre o nível dos rios nos pontos das estações de monitoramento;
- boletim extraordinário: enviado somente quando ocorrem cotas de alerta em qualquer uma das estações, quando o monitoramento é intensificado em função de maior risco em ocorrer um evento de inundação, contendo a previsão hidrológica das maiores cotas que o rio pode atingir.

O site da plataforma SACE traz diversas informações sobre o Sistema de Alerta, tais como: histórico do sistema, municípios beneficiados, características da bacia, pontos de monitoramento, recomendações, referências de estudos e artigos científicos publicados na área, etc.

Tabela 4 - Cotas de Alerta (A) e de Inundação (I)

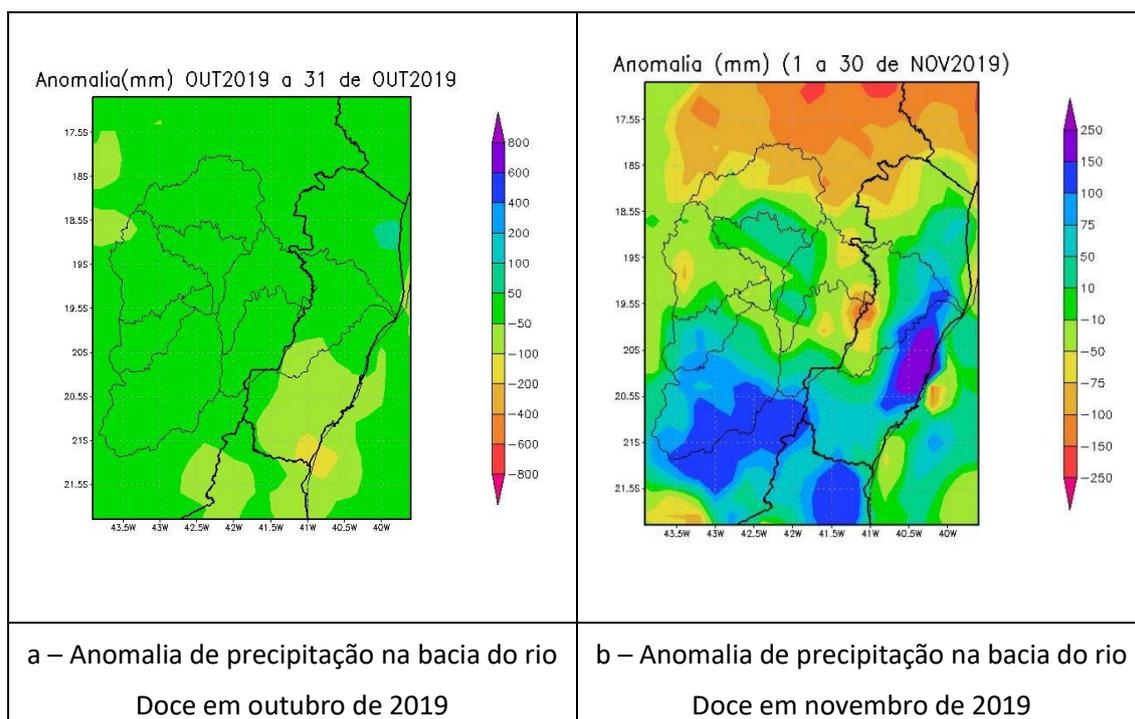
Estação		Cota (cm)	Vazão (m ³ /s)	TR* (anos)	Fonte da Análise de Frequência
Belo Oriente	A	860	3.310	54	CPRM, 1999 (em revisão)
	I	900	3.572	76	
Colatina Corpo de Bombeiros	A	570	3.452	1,5	CPRM, 2016
	I	620	3.914	1,9	
Governador Valadares	A	320	1.597	1,1	CPRM, 2004
	I	360	2.076	1,6	
Linhares Cais do Porto	A	300	-	1,2	CPRM, 2020
	I	345	-	1,3	
Mário de Carvalho	A	540	544	1,6	CPRM, 1999 (em revisão)
	I	620	745	2,4	
Naque Velho	A	640	1.136	4	CPRM, 1999 (em revisão)
	I	740	1.541	19	
Nova Era Telemétrica	A	350	353	1,3	CPRM, 2020
	I	470	559	3,8	

Ponte Nova	A	280	320	1,3	CPRM, 2020
	I	330	423	1,7	
Tumiritinga	A	400	2.234	1,3	CPRM, 1999 (em revisão)
	I	450	2.679	1,7	
Vila Matias	A	660	887	48	CPRM, 1999 (em revisão)
	I	700	981	100	

*TR - Período de Retorno ou Tempo de Recorrência

5. OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA NO PERÍODO DE NOVEMBRO DE 2020 A MARÇO DE 2021

Conforme mencionado anteriormente, desde 2014 registrou-se uma estiagem severa na Região Sudeste do Brasil, onde está localizada a bacia do rio Doce. Entretanto, no período de outubro de 2019 a março de 2020, foram registradas precipitações acima da média, conforme pode ser visto na Figura 15.



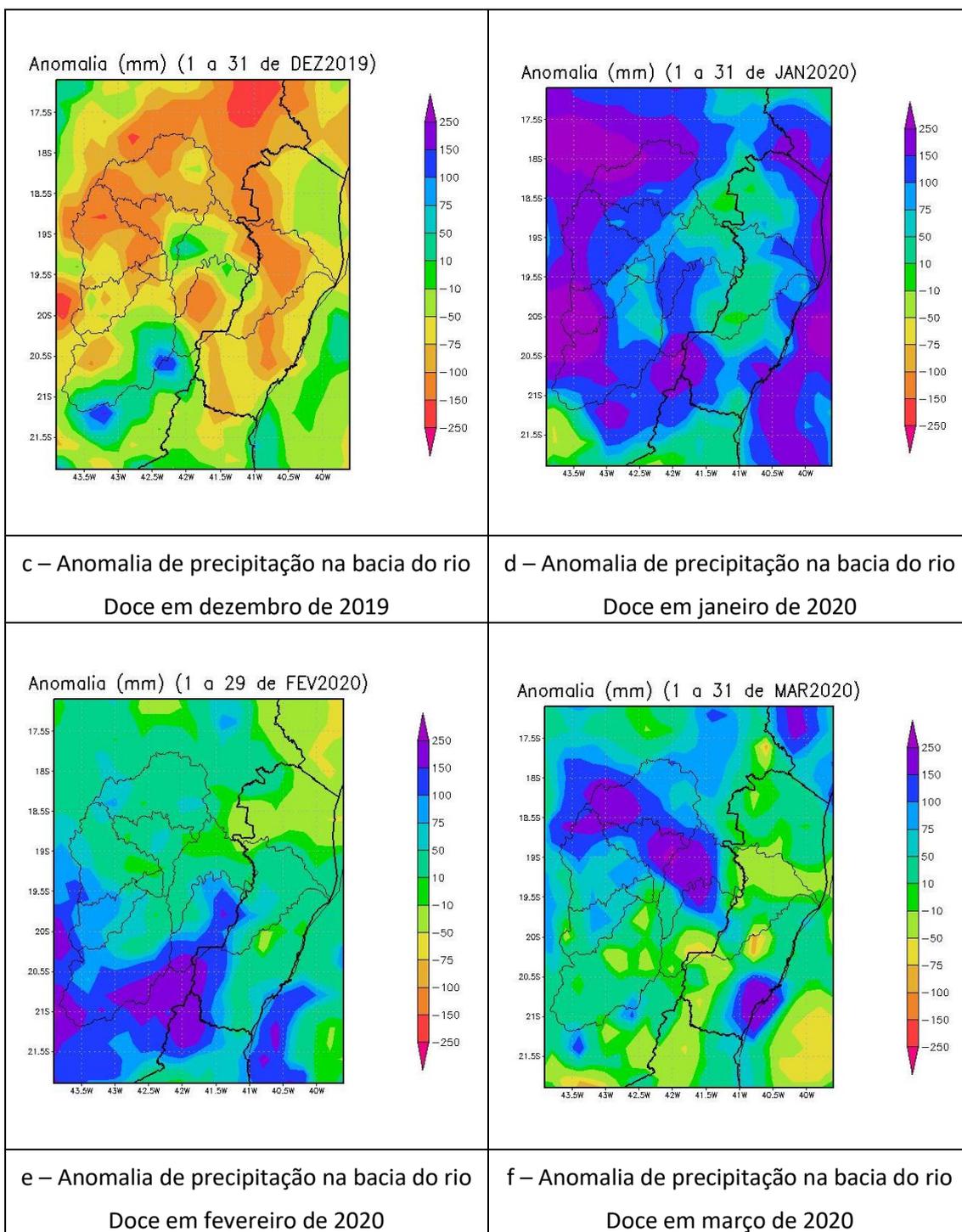


Figura 15 – Anomalias de precipitação na operação do SAH Doce no período 2019-2020. Fonte: CPTEC/INPE, 2020

Desta forma, a operação do SAH Doce para o período de outubro de 2020 a março de 2021 iniciou-se com grandes expectativas, uma vez que a última operação (2019-2020) foi marcada por diversos eventos de chuvas intensas na

bacia (em especial, na Região Sudeste do Brasil), o que desencadeou no atingimento das cotas de inundação em vários pontos monitorados.

Apesar da atual operação ter sido mais tranquila em termos de registros de cotas de inundação nas estações fluviométricas analisadas, foram verificados três períodos com a previsão de maiores índices pluviométricos ao longo dos meses entre novembro de 2020 e março de 2021, a saber: Evento 1: 22/12 a 25/12/2020, Evento 2: 06/02 a 08/02/2021, Evento 3: 20/02 a 23/02/2021.

Vale ressaltar que a previsão dos eventos de precipitação na bacia hidrográfica do rio Doce utiliza a metodologia de dados de satélite. Desta forma, os dados de precipitação são obtidos a partir do produto MERGE, disponibilizado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - CPTEC/INPE, que consiste na combinação de precipitações observadas com as estimativas por satélite, conforme descrito por Rozante *et al.* (2010).

5.1 EVENTO 1: 22/12 A 25/12/2020

Os eventos de chuvas ocorridos entre os dias 22/12 a 25/12/2020 na bacia do rio Doce não provocaram registros de cotas de alerta nas estações monitoradas pelo Sistema de Alerta. As localidades mais atingidas foram as cabeceiras do rio Doce, em especial na região das cidades de Nova Era – MG (rio Piracicaba) e Ponte Nova – MG (rio Piranga), conforme pode ser verificado no mapa de chuvas apresentado na Figura 16.

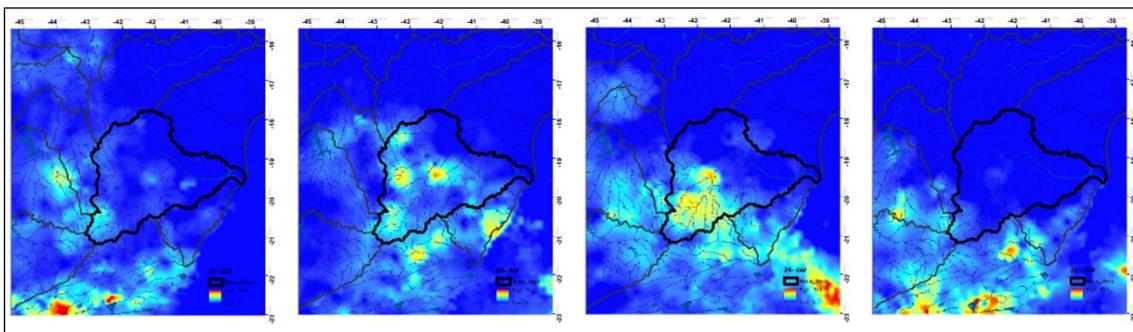


Figura 16 – Chuvas estimadas na bacia do rio Doce no período de 22/12 a 25/12/2020.

Apesar dos maiores níveis de precipitação, as respectivas bacias hidrográficas não se encontravam saturadas (tendo uma condição de solo seco),

em razão da estiagem que avançou até meados do mês de outubro de 2020. Desta forma, a estação Ponte Nova (56110005) registrou níveis de até 260 cm, sendo as cotas de atenção e alerta de 240 cm e 280 cm, respectivamente.

Situação semelhante foi verificada na estação Nova Era (56661000), cujas cotas de atenção e alerta são, pela ordem, 300 cm e 350 cm, e o maior nível registrado neste ponto de monitoramento foi de 233 cm. Na cidade de Governador Valadares – MG, o nível do rio Doce chegou a atingir a cota 285 cm, enquanto as cotas de atenção e alerta são, pela ordem, 300 cm e 320 cm.

As Figuras 17, 18 e 19 ilustram os níveis dos rios Piranga, em Ponte Nova – MG, Piracicaba, em Nova Era – MG, e Doce, em Governador Valadares – MG, onde pode-se verificar o cotograma para os respectivos pontos de monitoramento.

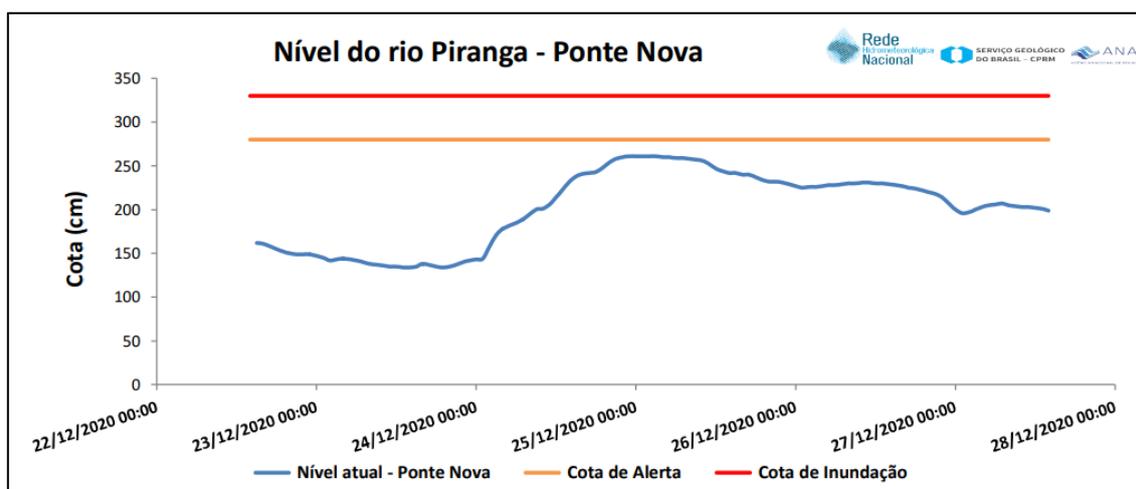


Figura 17 – Cotograma registrado pela estação Ponte Nova (56110005), no rio Piranga (Evento1). Fonte:

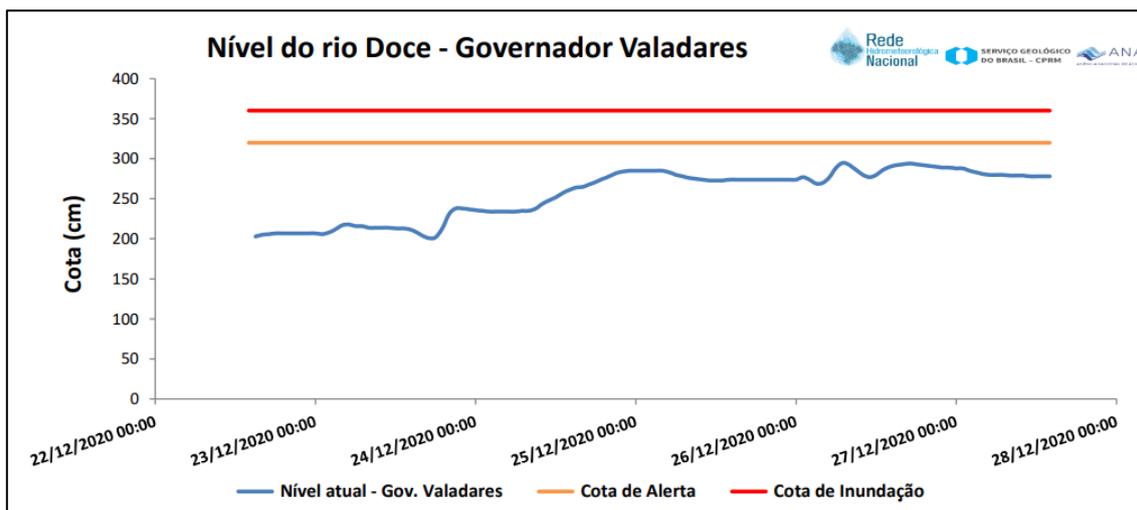


Figura 18 – Cotagrama registrado pela estação Nova Era (56661000), no rio Piracicaba (Evento 1).

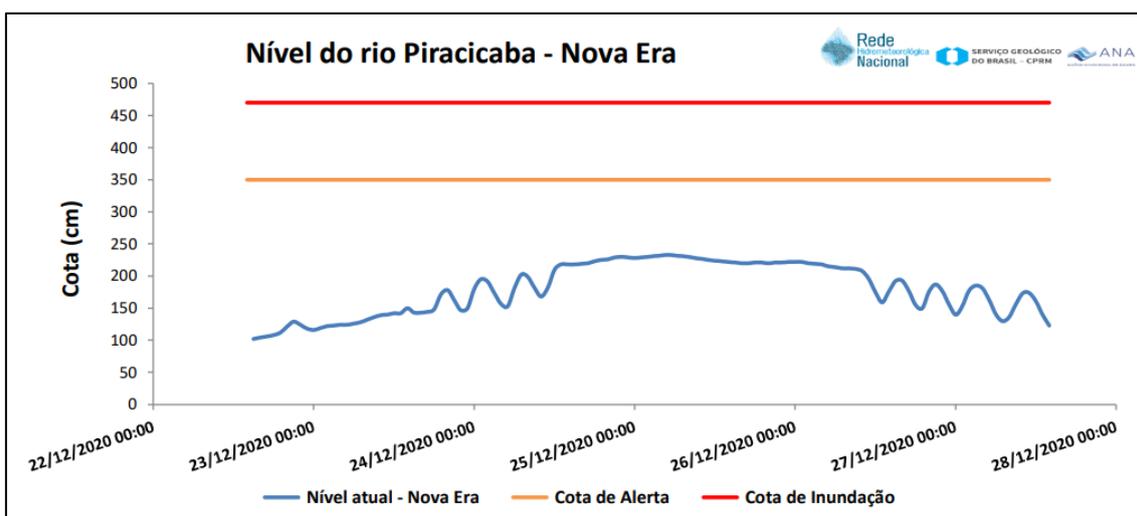


Figura 19 – Cotagrama registrado pela estação Governador Valadares (56850000), no rio Doce (Evento 1).

5.2 EVENTO 2: 06/02 A 08/02/2021

No dia 05 de fevereiro de 2021 foi emitido um alerta de chuvas intensas para a Região Sudeste do Brasil, elaborado em conjunto pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), e Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), no qual mostrava a possibilidade

da formação de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), com previsão de chuvas acima de 150 mm entre os dias 05/02 e 08/02/2021.

Frente à possibilidade de eventos de chuvas intensas na bacia do rio Doce, os plantões do SAH foram intensificados, e os pontos de monitoramento foram acompanhados com a expectativa que as cotas de alerta fossem atingidas.

Os eventos de precipitação ocorridos entre os dias 06/02 a 08/02/2021 na bacia do rio Doce não provocaram registros de cotas de alerta nas estações monitoradas pelo SAH. Apesar da previsão de chuvas intensas para a bacia (mapa de chuva da Figura 20), os níveis dos rios estavam baixos para a época do ano. As localidades mais atingidas foram as cabeceiras do rio Doce, em especial na região de Nova Era – MG (rio Piracicaba), e no médio e baixo rio Doce.

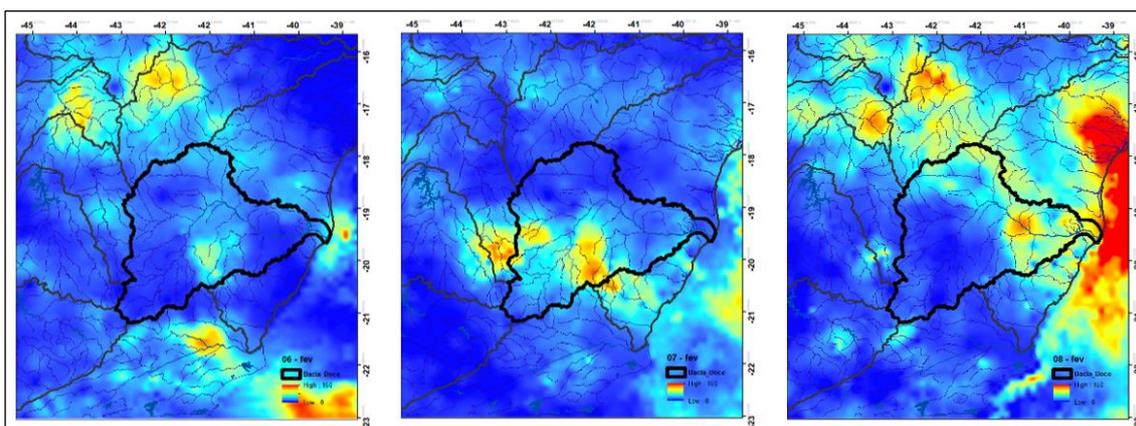


Figura 20 – Chuvas estimadas na bacia do rio Doce no período de 06/02 a 08/02/2021.

A estação Nova Era (56661000) registrou níveis de até 290 cm (Figura 21), sendo as cotas de atenção e alerta de 300 cm e 350 cm, respectivamente. Na estação Governador Valadares (56850000), o nível do rio Doce chegou à cota 300 cm (Figura 22), enquanto as cotas de atenção e alerta são, pela ordem, 300 cm e 320 cm.

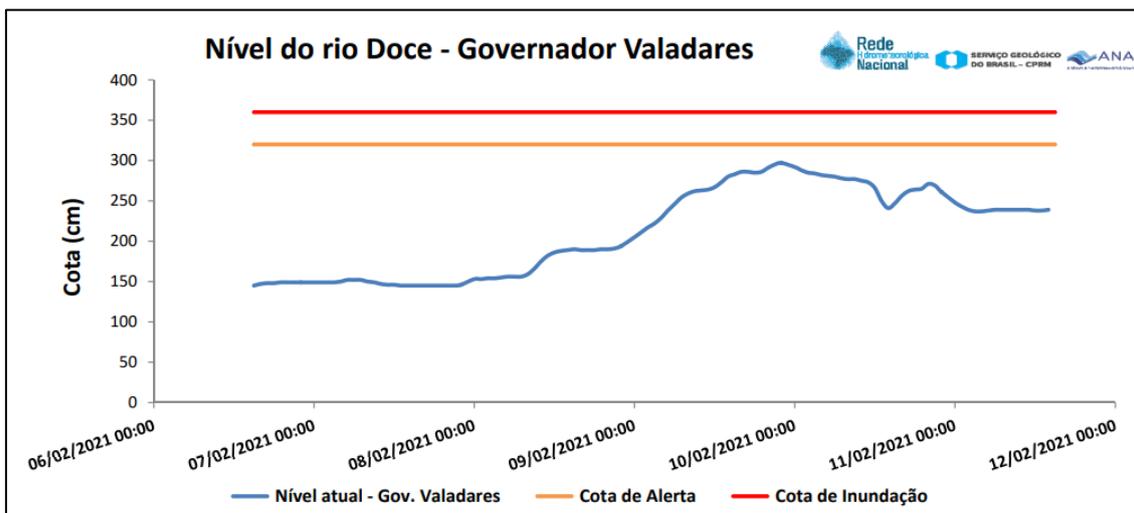


Figura 21 – Cotograma registrado pela estação Nova Era (56661000), no rio Piracicaba (Evento 2).

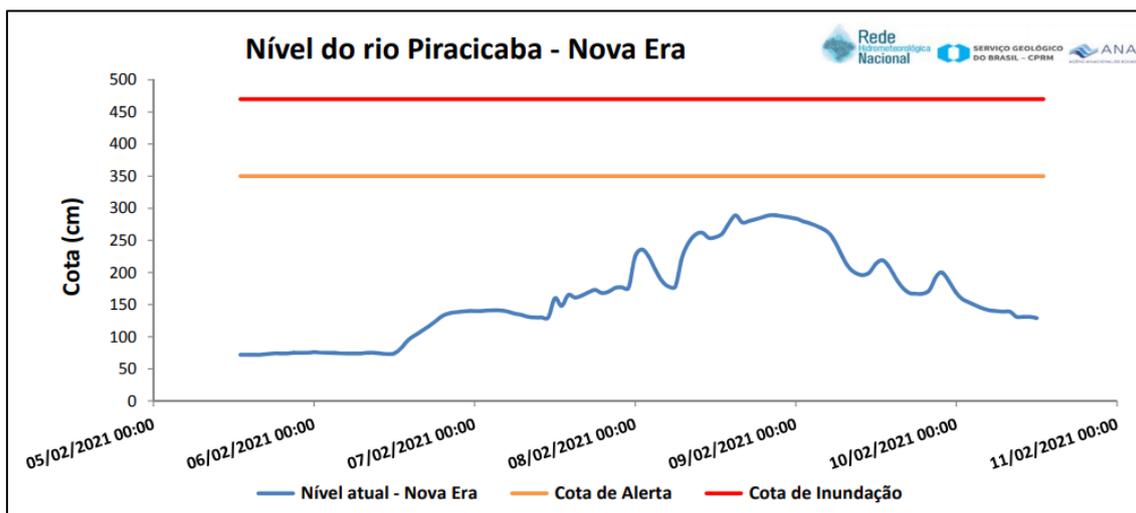


Figura 22 – Cotograma registrado pela estação Governador Valadares (56850000), no rio Doce (Evento 2).

5.3 EVENTO 3: 20/02 A 23/02/2021

Entre os dias 20/02 e 23/02/2021 verificou-se a previsão de chuvas na bacia do rio Doce, conforme mostrado na Figura 23. Apesar desses eventos não apresentarem a magnitude daqueles ocorridos anteriormente, os níveis dos cursos de água monitorados estavam mais altos devido às precipitações ocorridas na bacia.

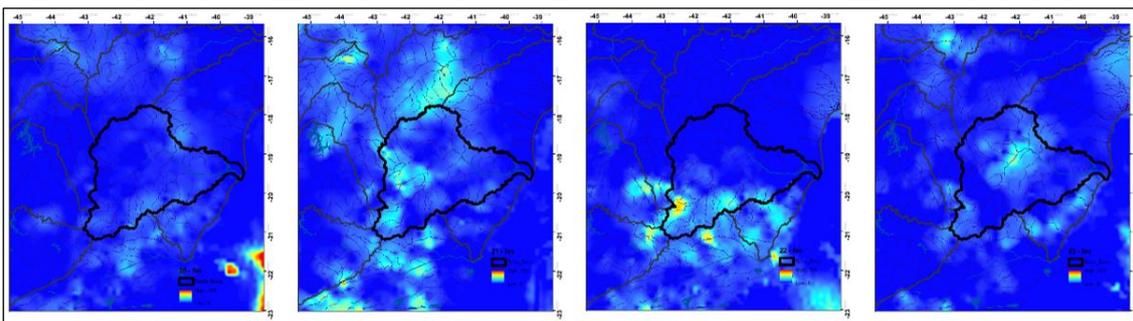


Figura 23 – Chuvas estimadas na bacia do rio Doce no período de 20/02 a 23/02/2021.

Essas chuvas levaram à cota de alerta no rio Piracicaba (350 cm), em Nova Era – MG, sendo elaborados 3 Boletins Extraordinários emitidos pelo SAH Doce, contendo os resultados da modelagem com a previsão de elevação do nível do rio Piracicaba e os respectivos horários.

Os Boletins Extraordinários emitidos pelo SAH Doce ficaram à disposição dos responsáveis pela Defesa Civil de Nova Era – MG, servindo como ferramenta de apoio para a tomada de decisão no gerenciamento das equipes para prevenir/mitigar danos causados pelos eventos de cheias no rio Piracicaba.

O rio Piracicaba, nas proximidades da estação Nova Era (56661000), ficou em cota de alerta ao longo dos dias 20/02 e 21/02. Não foram verificadas cotas superiores às de inundação (470 cm), conforme apresentado na Figura 24. A cota máxima foi de 394 cm (em 20/02), correspondendo a uma vazão de aproximadamente 425 m³/s.

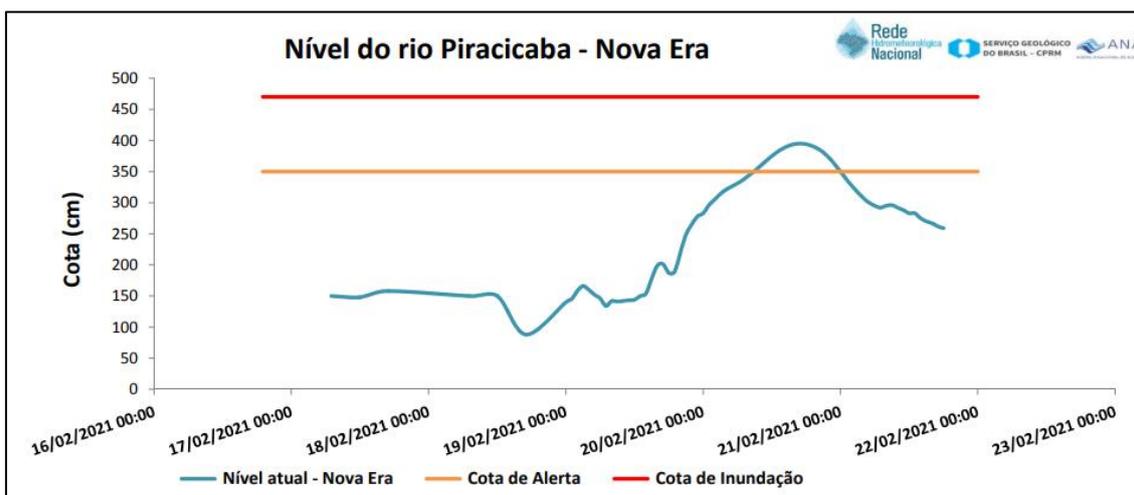


Figura 24 – Cotograma registrado pela estação Nova Era (56661000), no rio Piracicaba (Evento 3).

Na cidade de Governador Valadares – MG, nas proximidades da estação fluviométrica Governador Valadares (56850000), o nível do rio Doce chegou a atingir a cota de inundação (360 cm), e ficou em condição de alerta entre os dias 21 e 24/02, conforme apresentado na Figura 25. A cota máxima foi de 364 cm (em 22/02), correspondendo a uma vazão de aproximadamente 2.127 m³/s.

Foram emitidos 7 Boletins Extraordinários contendo a modelagem do nível do rio Doce e a previsão do horário de atingimento das maiores cotas. Essas informações ficaram à disposição das equipes da Defesa Civil de Governadores Valadares – MG, servindo como instrumento de apoio na prevenção/mitigação dos efeitos das cheias no rio Doce.

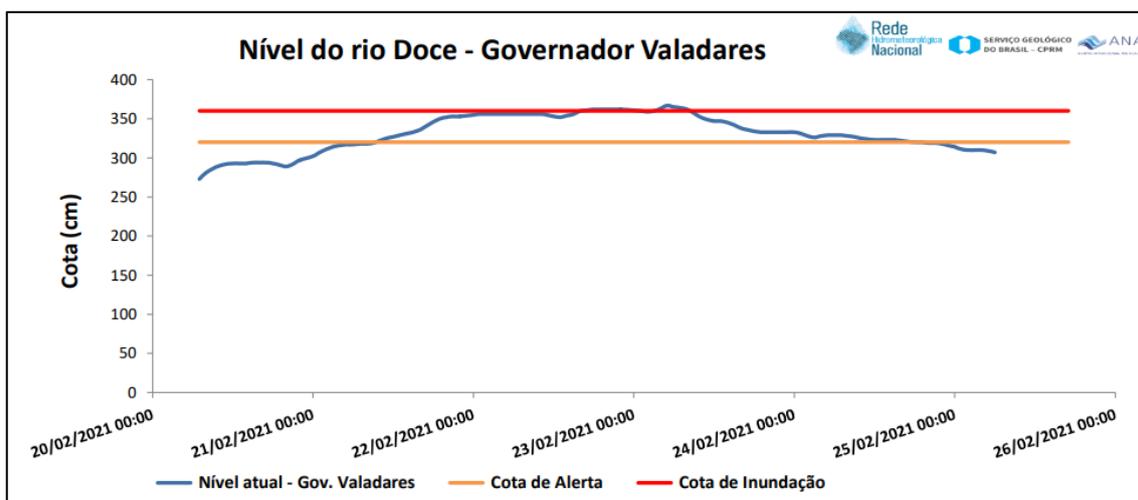


Figura 25 – Cotagrama registrado pela estação Governador Valadares (56850000), no rio Doce (Evento 3).

Também foram verificadas cotas de alerta no município de Tumiritinga – MG, entre os dias 22/02 e 23/02, nas proximidades da estação Tumiritinga (56920000), com níveis do rio Doce ligeiramente acima da cota de alerta (400 cm), conforme apresentado na Figura 26.

A previsão do nível do rio Doce foi divulgada em dois Boletins Extraordinários, os quais ficaram à disposição das equipes da Defesa Civil de Tumiritinga – MG. A cota máxima foi de 410 cm (em 23/02), correspondendo a uma vazão de aproximadamente 2.321 m³/s.

Ressalta-se que a estação possui seus dados transmitidos por contatos telefônicos, portanto a cota máxima pode ter sido superior a este valor, caso tenha ocorrido em um período entre as leituras do observador hidrológico.

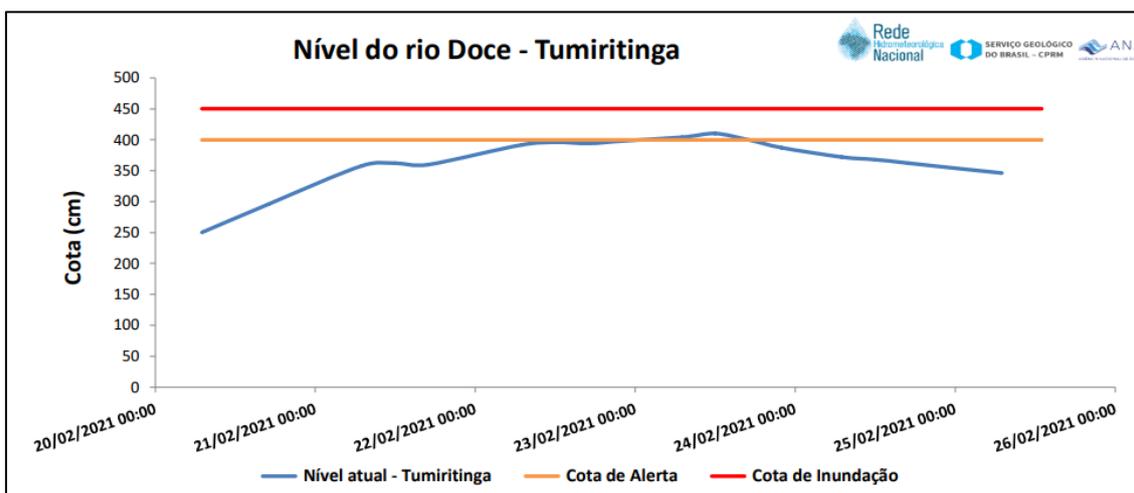


Figura 26 – Cotagrama registrado pela estação Tumiritinga (56920000), no rio Doce (Evento 3).

Em função dos eventos de chuva ocorridos entre 20/02 e 23/02/2021, a situação mais crítica em termos de elevação do nível do rio Doce foi verificada no município de Linhares – ES. Nas proximidades da estação Linhares (Cais do Porto) (56998200), o nível do rio Doce ficou acima da cota de inundação (345 cm) entre os dias 22/02 e 24/02, e chegou a atingir o nível 375 cm.

Foram emitidos 12 Boletins Extraordinários pelo SAH, contendo a previsão de elevação do nível do rio Doce e os respectivos horários. Essas informações ficaram à disposição das equipes da Defesa Civil de Linhares – ES, servindo como instrumento de apoio na prevenção/mitigação dos efeitos das cheias no rio Doce.

No município de Linhares – ES, o nível do rio Doce é influenciado pelas descargas das Usinas Hidrelétricas Mascarenhas e Aimorés, as quais operaram com defluências variáveis ao longo dos dias 21/02 a 24/02/2021. Desta forma, foram verificados aumentos e diminuições graduais no nível do rio Doce, tal como registrado na estação Colatina Corpo de Bombeiros (56994510), no município de Colatina – ES (que não entrou em cota de alerta) e Linhares – ES, conforme apresentado nas Figuras 27 e 28, respectivamente.

Isso reflete o desafio nas previsões do comportamento do nível do rio Doce nas proximidades da estação Linhares (Cais do Porto) (56998200), que pode entrar em cotas de alerta, mesmo que o município de Colatina – ES (cerca de 76 km a montante) não tenha registrado níveis de alerta.

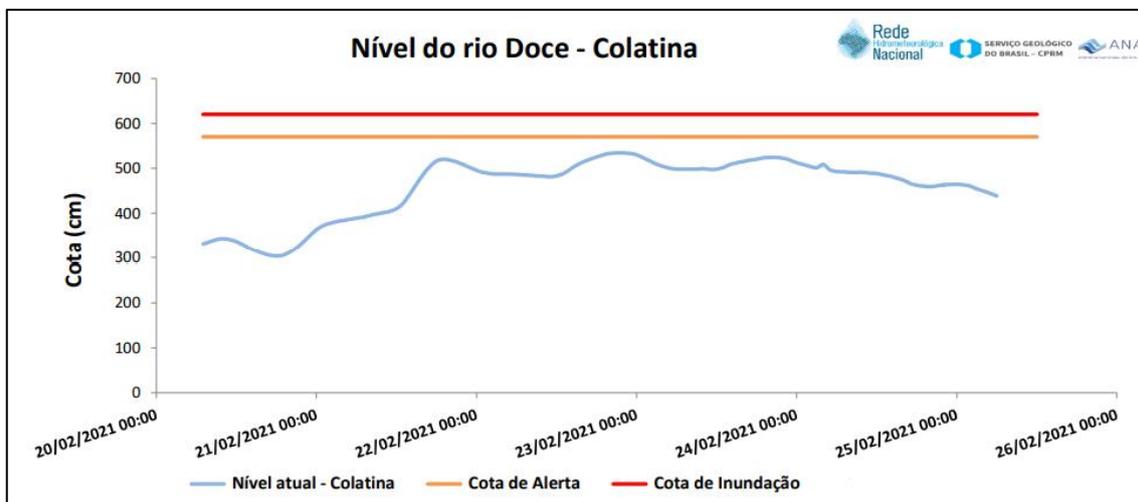


Figura 27 – Cotagrama registrado pela estação Colatina Corpo de Bombeiros (56994510), no rio Doce (Evento 3).

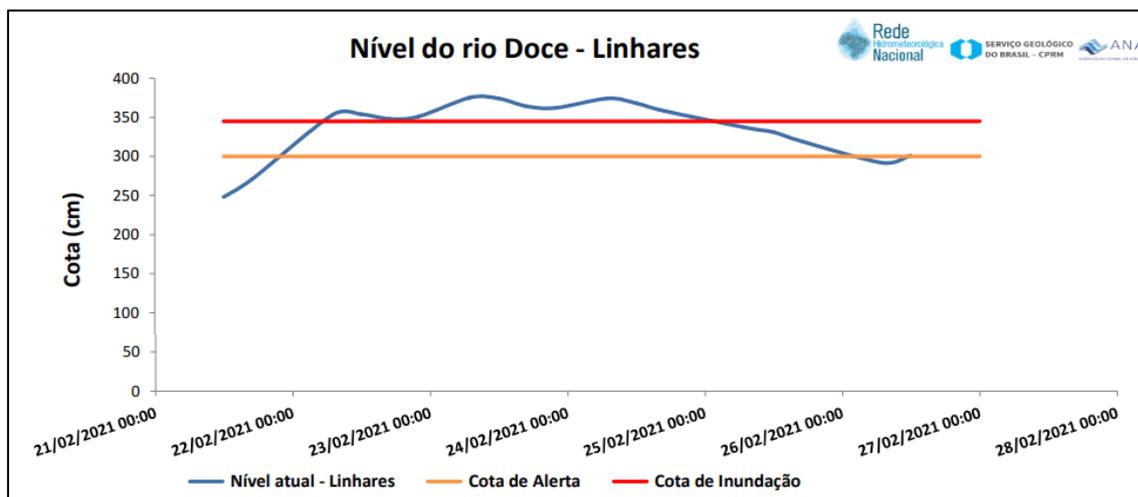


Figura 28 – Cotagrama registrado pela estação Linhares (Cais do Porto) (56998200), no rio Doce (Evento 3).

Ressalta-se que a estação Linhares (Cais do Porto) (56998200) possui seus dados transmitidos por contatos telefônicos, portanto a cota máxima pode ter sido superior ao valor mencionado no presente relatório, caso tenha ocorrido em um período entre as leituras do observador hidrológico.

6. ESTUDOS HIDROLÓGICOS DESENVOLVIDOS

No presente capítulo, serão apresentadas considerações gerais sobre as principais estações de monitoramento fluviométrico utilizadas no SAH Doce, as respectivas curvas-chave (que possibilitam a conversão das cotas, em vazão), e algumas características a respeito dos modelos hidrológicos utilizados.

Ressaltamos que há mais de 50 anos as equipes de Hidrometria da CPRM operam os roteiros (grupos de estações) da RHN distribuídos em todo o território nacional, possibilitando a obtenção dos dados hidrológicos de maneira contínua, tempestiva e confiável. A CPRM, em parceria com a ANA e o Serviço Geológico Americano – USGS, vem ampliando cada vez mais a instalação de equipamentos automáticos com transmissão em tempo real (via satélite) do nível dos rios monitorados.

Desde início dos anos 2010, no âmbito do convênio entre CPRM e ANA para a operação da RHN, as equipes de hidrometria realizam as medições de vazão utilizando equipamentos acústicos, permitindo maior confiabilidade e qualidade no dado hidrológico obtido em campo.

Entretanto, frente à pandemia do novo coronavírus (Covid-19), fato inédito ocorreu na história da CPRM, e apenas algumas campanhas de campo estão sendo realizadas, em caráter emergencial; motivo pelo qual alguns dos registros fotográficos das estações de monitoramento datam do final do ano de 2019 e 2020.

Tão logo os protocolos sanitários de distanciamento social/restrrição de atividades praticados em estados e municípios possibilitem o deslocamento das equipes de campo, em conjunto com o processo de vacinação, espera-se que seja retomada à normalidade a frequência de operação de campo das estações de monitoramento da RHN.

Nos itens subsequentes, são apresentadas as principais estações de monitoramento fluviométrico utilizadas nos modelos de previsão hidrológica do SAH Doce.

6.1 PONTE NOVA

A estação fluviométrica Ponte Nova Jusante (56110005) está localizada no rio Piranga, que após a confluência com o rio do Carmo, passa a se chamar rio Doce. Este ponto de monitoramento encontra-se na cidade de Ponte Nova – MG, possui uma seção de réguas convencional com acompanhamento diário do observador hidrológico, e equipamentos com sensores para o registro automático do nível do rio e altura de precipitação, com transmissão via satélite.

A evolução do nível do rio Piranga em Ponte Nova é realizada considerando-se os dados de vazão defluente da UHE Brecha (vertida + turbinada), obtidos diretamente por contatos telefônicos (e internet) com os operadores da Usina, que cordialmente repassam as informações aos técnicos da CPRM.

São utilizadas como indicadoras de tendência as estações fluviométricas a montante da UHE Brecha (instaladas no contexto da resolução ANA/ANEEL nº003 de 2010), no rio Piranga, verificando-se as cotas e índices pluviométricos registrados pelas PCD's PCH Brecha Montante 1 (56094000), PCH Brecha Montante 2 (56093000) e PCH Brecha Montante 3 (56092000), utilizando-se o Sistema Hidro-Telemetria, disponibilizado pela ANA em: www.snirh/hidrotelemetria/mapa. A Figura 29 mostra o diagrama unifilar das estações de monitoramento no rio Piranga.

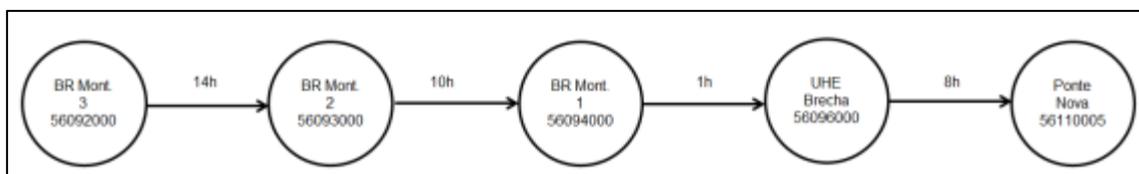


Figura 29 – Diagrama unifilar das estações a montante de Ponte Nova – MG.

A curva-chave da estação Ponte Nova Jusante (56110005) é estável e foi ajustada recentemente no seu ramo superior, em função de medições de vazões máximas realizadas em cotas altas no ano de 2020. A curva atualmente utilizada está apresentada na Figura 30. As cotas de atenção, alerta e inundação da estação

Ponte Nova Jusante (56110005) são, pela ordem, 240 cm, 280 cm e 330 cm. A seção de réguas é mostrada na Figura 31.

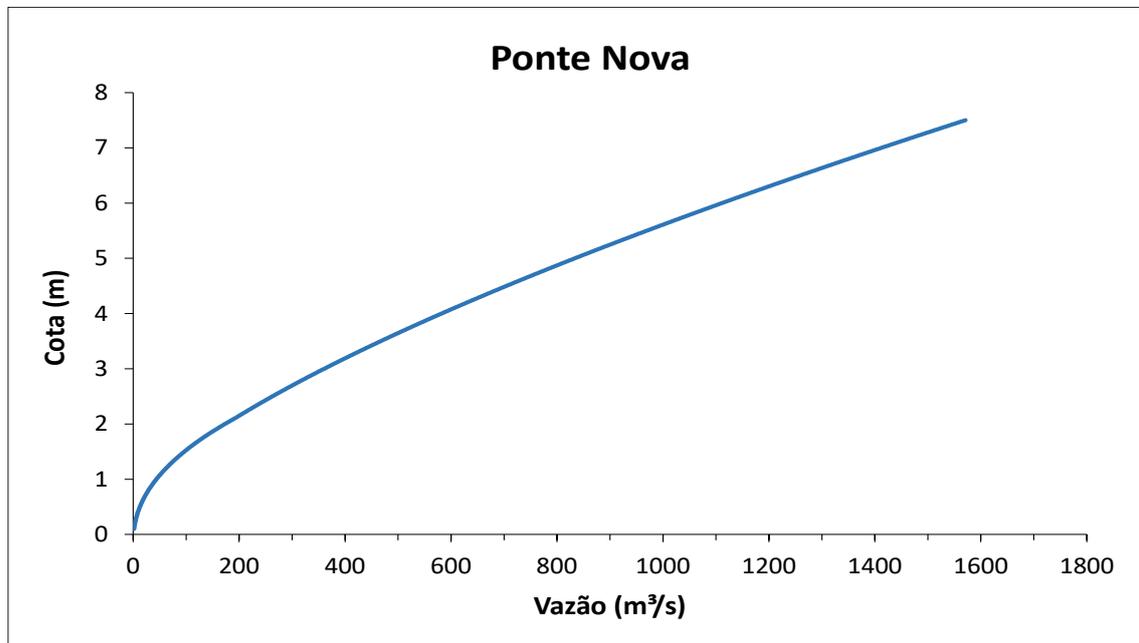


Figura 30 – Curva-chave da estação Ponte Nova Jusante (56110005).



Figura 31 – Rio Piranga, no ponto de monitoramento da estação Ponte Nova Jusante (56110005).

6.2 NOVA ERA

A cidade de Nova Era – MG está localizada às margens do rio Piracicaba, afluente da margem esquerda do rio Doce. Nesta cidade existem duas estações fluviométricas pertencentes a RHN: Nova Era IV (56659998) e Nova Era Telemétrica (56661000).

Nova Era IV (56659998) é uma estação convencional mais antiga, somente com seções de réguas, e onde são realizadas as medições de vazão no rio Piracicaba. A estação Nova Era Telemétrica (56661000) localiza-se na área urbana, possui além das réguas linimétricas, sensores para registro automático do nível do rio e altura de precipitação, com transmissão via satélite. A distância entre os dois pontos de monitoramento é de aproximadamente 3 km, e não há contribuição de vazão (tributários) significativa entre as estações.

As cotas de alerta, atenção e inundação são 300 cm, 350 cm, e 470 cm, respectivamente. A curva-chave para a estação Nova Era Telemétrica (56661000) é apresentada na Figura 32. Vale ressaltar que o município de Antônio Dias – MG pode acompanhar as previsões hidrológicas realizadas para a cidade de Nova Era. As seções de régua dos pontos de monitoramento são apresentadas nas Figuras 33 e 34.

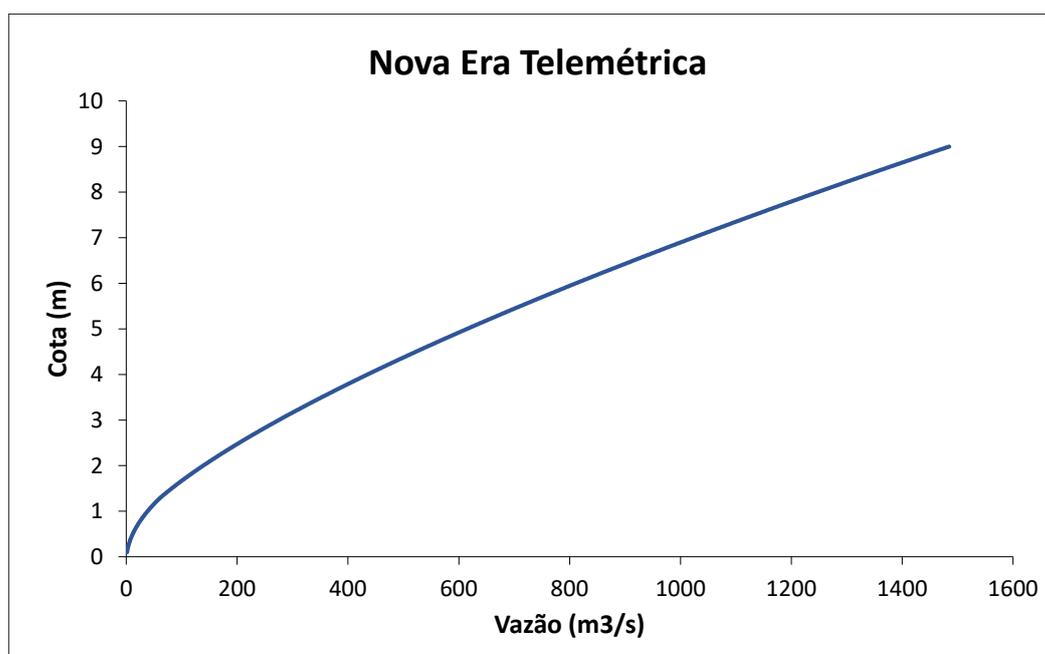


Figura 32 – Curva-chave da estação Nova Era Telemétrica (56661000).



Figura 33 – Rio Piracicaba, no ponto de monitoramento da estação em Nova Era IV (56659998).



Figura 34 – Rio Piracicaba, no ponto de monitoramento da estação Nova Era Telemétrica (56661000).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Piracicaba, em Nova Era, é realizada por meio das vazões defluentes das Usinas de Peti e Piracicaba, conforme diagrama unifilar apresentado na Figura 35.

Adicionalmente, são realizadas verificações para a avaliação de tendência do nível dos rios Piracicaba e Santa Bárbara, em estações instaladas no contexto da resolução ANA/ANEEL nº003 de 2010, relacionadas a seguir:

- Cabeceira do rio Santa Bárbara, afluente do rio Piracicaba, verificando-se as cotas e índices pluviométricos registrados pela PCD UHE Peti Carrapato (56640001), a montante da UHE Peti;
- Rio Santa Bárbara, afluente do rio Piracicaba, verificando-se as cotas e índices pluviométricos registrados pelas PCD's PCH São Gonçalo Montante 1 (56651000) e PCH São Gonçalo Montante 2 (56650500), a montante da cidade de Nova Era-MG, e a jusante da UHE Peti;
- Cabeceira do Piracicaba, a montante da UHE Piracicaba, verificando-se as cotas e índices pluviométricos registrados pelas PCD's Piracicaba Montante (56610100), Rio Piracicaba (56610000) e PCH Piracicaba Rio Turvo (56599000).

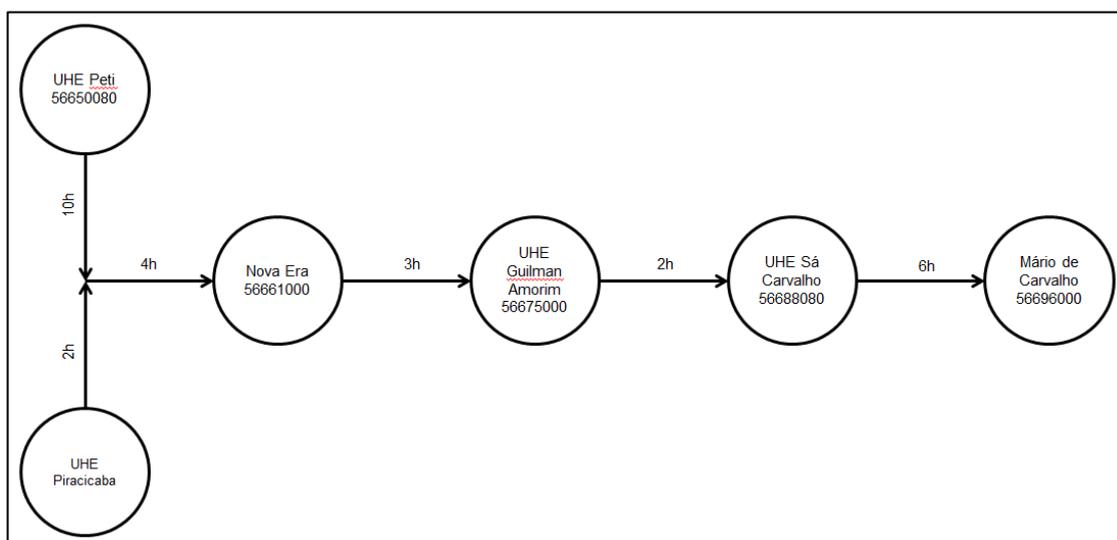


Figura 35 – Diagrama unifilar das estações em Nova Era – MG.

Os dados das vazões defluentes da UHE Peti são registrados automaticamente pelo SACE, em função da disponibilização das informações pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). Os dados da UHE Piracicaba são

repassados à equipe da CPRM via contatos telefônicos (e internet) junto aos operadores da usina.

6.3 MÁRIO DE CARVALHO

A estação fluviométrica Mário de Carvalho (56696000) está localizada às margens do rio Piracicaba, no município de Timóteo – MG. Esta estação possui a seção de réguas convencional, com leituras diárias do observador hidrológico, e sensores com registro automático do nível do rio e da altura de precipitação, cujos dados são transmitidos por satélite.

Neste ponto de monitoramento, as cotas de atenção, alerta e inundação são, pela ordem, 450 cm, 540 cm, e 620 cm. A curva-chave é apresentada na Figura 36, enquanto a seção de réguas pode ser visualizada na Figura 37.

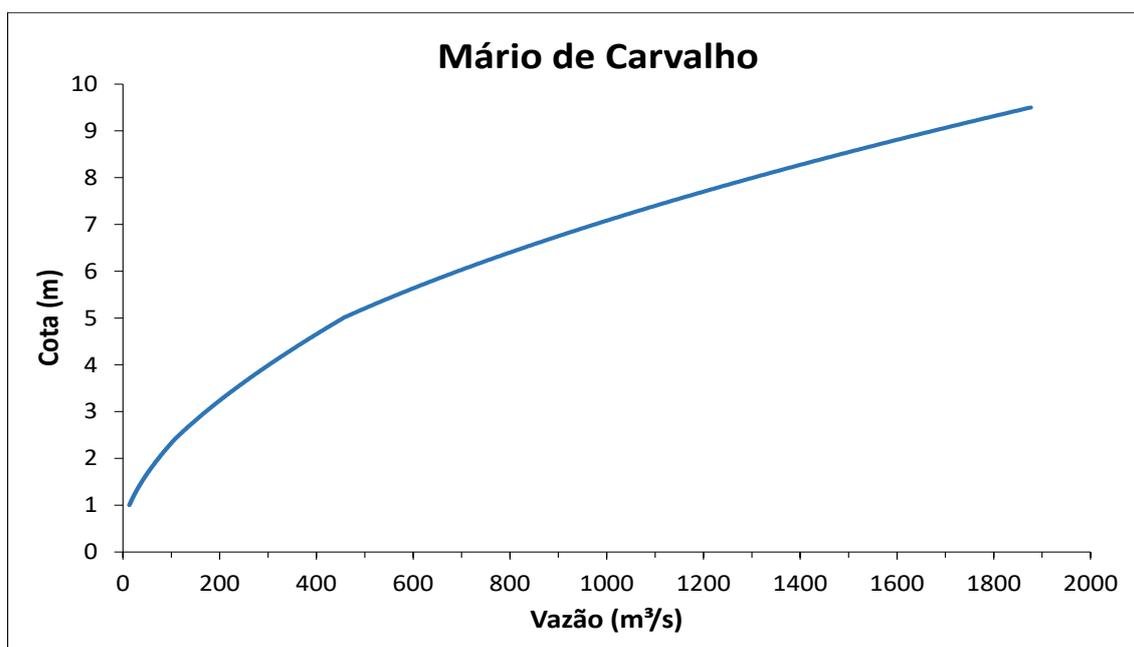


Figura 36 – Curva-chave da estação Mário de Carvalho (56696000).



Figura 37 – Rio Piracicaba, no ponto de monitoramento da estação Mário de Carvalho (56696000).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Piracicaba em Mário de Carvalho é feita por meio das vazões defluentes da Usina de Guilman Amorim, com tempo de antecedência de aproximadamente 8 horas (cerca de 52 km a montante), conforme apresentado no diagrama unifilar da Figura 38. A UHE Sá Carvalho é utilizada como confirmação da tendência das vazões no rio Piracicaba.

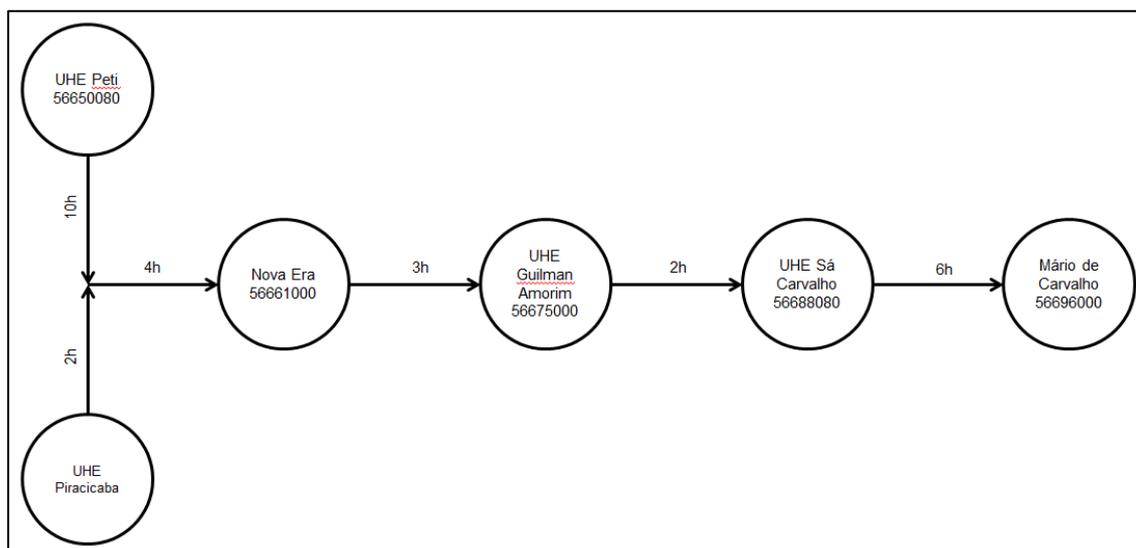


Figura 38 – Diagrama unifilar das estações em Mário de Carvalho (56696000).

Os dados das vazões das usinas hidrelétricas são obtidos pela equipe da CPRM via contatos telefônicos (e internet) junto aos operadores das Usinas.

A previsão hidrológica para Mário de Carvalho é realizada utilizando-se os dados das vazões defluentes da usina de Guilman Amorim, com 8 horas de antecedência. A área de drenagem a montante da UHE Guilman Amorim (próxima de 4.110 km²) é de cerca de 80% da área a montante de Mário de Carvalho (aproximadamente 5.060 km²).

Importante ressaltar que os dados de Mário de Carvalho no rio Piracicaba, juntamente com Cachoeira dos Óculos no rio Doce, e UHE Porto Estrela no rio Santo Antônio, são utilizados para previsão hidrológica com 24 horas de antecedência para a cidade de Governador Valadares – MG.

As cidades mineiras de Timóteo, Coronel Fabriciano e Ipatinga, podem seguir a previsão hidrológica emitida para Mário de Carvalho.

6.4 CACHOEIRA DOS ÓCULOS

A estação fluviométrica de Cachoeira dos Óculos Montante (56539000) está localizada no rio Doce, dentro do Parque Estadual do rio Doce. É uma estação

com réguas linimétricas e sensores para registro automático do nível do rio e altura de precipitação, com transmissão via satélite.

Esta estação é importante para a operação do SAH Doce, pois localiza-se a jusante da estação Ponte Nova Jusante (56110005), mas a montante da estação Belo Oriente (56719998) e Governador Valadares (56850000), conforme diagrama unifilar da Figura 39. Neste ponto é possível monitorar as vazões afluentes dos rios do Carmo, Casca e Matipó, que embora tenham áreas de drenagem menores do que os rios Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Suaçuí Grande e Manhuaçu, podem contribuir para a ocorrência de cheias a jusante do Parque do rio Doce.

Os dados de Cachoeira dos Óculos são utilizados na previsão hidrológica para a cidade de Governador Valadares com 24 horas de antecedência, e para Belo Oriente com 10 horas de antecedência.

O acompanhamento da evolução dos níveis da estação Cachoeira dos Óculos Montante (56539000) pode ser feito com os dados de Ponte Nova Jusante (56110005), da UHE Risoleta Neves, da estação Fazenda Cachoeira Dantas (56425000), e com dados de chuva de Ponte Nova, Risoleta Neves, Fazenda Dantas e Cachoeira dos Óculos. Os dados das estações fluviométricas e pluviométricas são obtidos via satélite, e os dados de vazão defluente da UHE Brecha por telefone via operador.

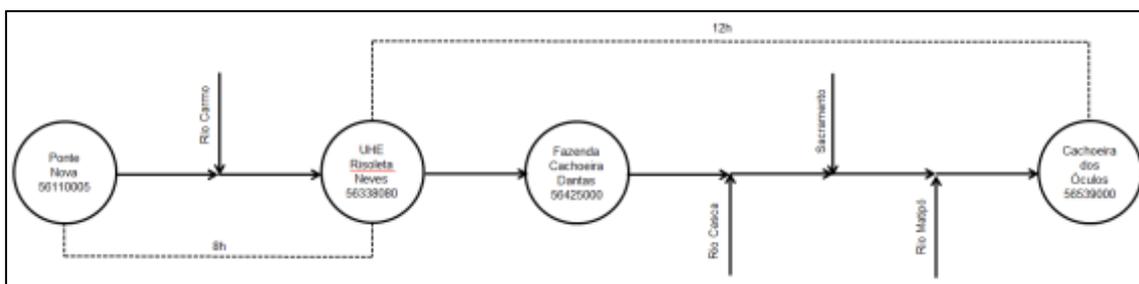


Figura 39 – Diagrama unifilar a montante de Cachoeira dos Óculos Montante (56539000).

A curva-chave de Cachoeira dos Óculos é estável, e segue apresentada na Figura 40. A cota de inundação é de 1.250 cm. A seção de réguas pode ser visualizada na Figura 41.

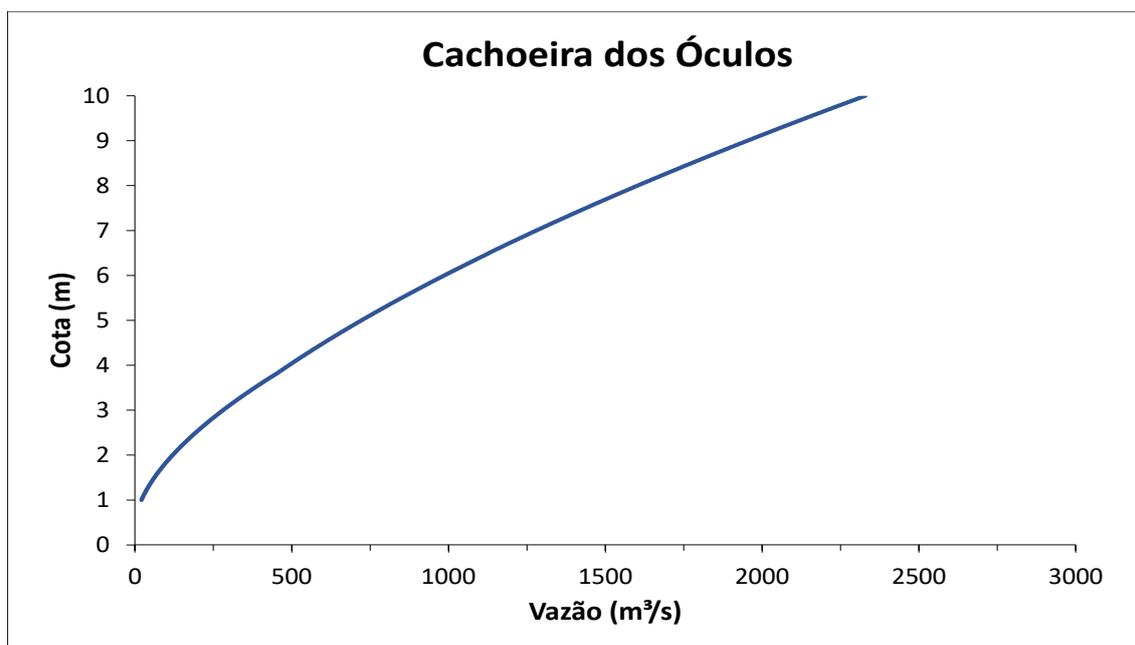


Figura 40 – Curva-chave da estação Cachoeira dos Óculos Montante (56539000).



Figura 41 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Cachoeira dos Óculos Montante (56539000).

6.5 BELO ORIENTE

A estação fluviométrica Belo Oriente (56719998) está localizada às margens do rio Doce, cerca de 30 km a jusante da confluência do rio Piracicaba com o rio Doce. Esta estação possui a seção de réguas convencional, e sensor de monitoramento automático de nível e chuva, cujos dados são transmitidos por satélite.

Neste ponto de monitoramento, a cota de alerta é de 860 cm, enquanto a de inundação corresponde a 900 cm. A curva-chave está apresentada na Figura 42, e a seção de réguas pode ser observada na Figura 43. O diagrama unifilar da região segue na Figura 44.

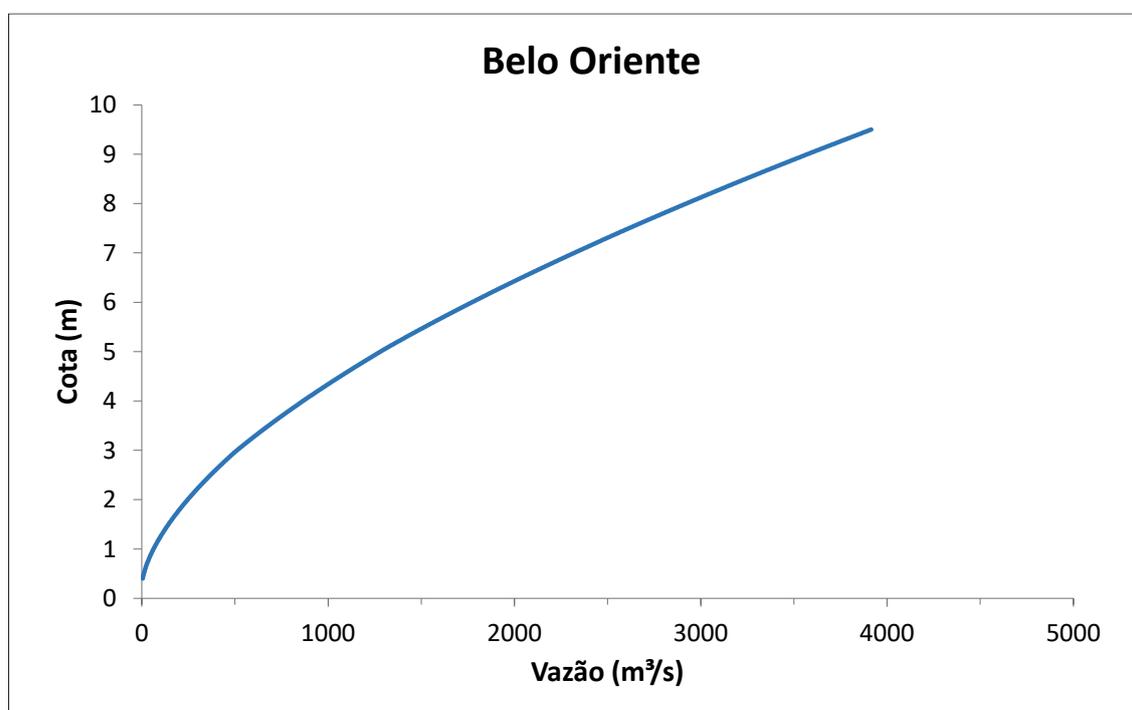


Figura 42 – Curva-chave da estação Belo Oriente (56719998).



Figura 43 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Belo Oriente (56719998).

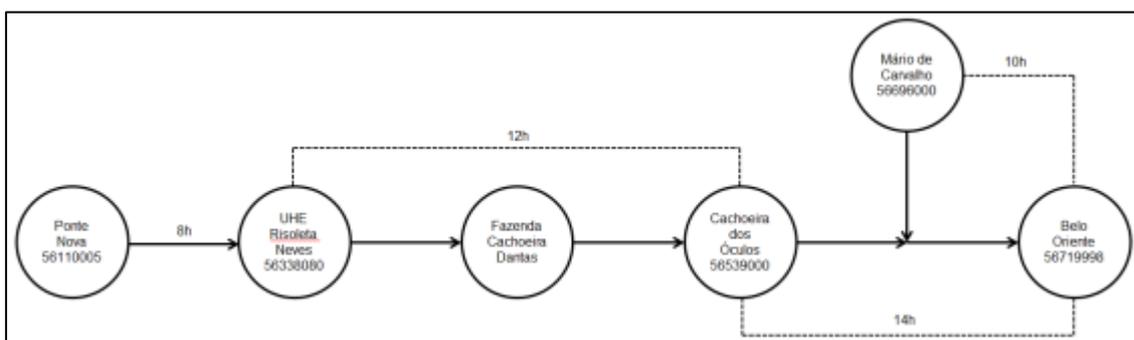


Figura 44 – Diagrama unifilar a montante de Belo Oriente (56719998).

A previsão hidrológica para Belo Oriente é feita utilizando-se os dados das estações Cachoeira dos Óculos e Mário de Carvalho, e das vazões defluentes da usina de Risoleta Neves e da estação Mário de Carvalho com 10 horas de antecedência. A área de drenagem a montante destas estações (Cachoeira dos Óculos e Mário de Carvalho) é cerca de 86% da área a montante de Belo Oriente.

Importante ressaltar que os dados da estação Belo Oriente (56719998) no rio Doce, juntamente com os dados de Naque Velho (56825000) no rio Santo

Antônio, são utilizados para previsão hidrológica com 12 horas de antecedência para a cidade de Governador Valadares.

6.6 NAQUE VELHO

A estação fluviométrica Naque Velho (56825000) localiza-se às margens do rio Santo Antônio (afluente da margem esquerda do rio Doce), no distrito de Naque/Nanuque, ou Naquinho, pertencente ao município de Açucena – MG. Esta estação possui a seção de réguas convencional e sensor automático de registro de nível e chuva, cujos dados são transmitidos por satélite.

Neste ponto de monitoramento, as cotas de atenção, alerta e inundação são, pela ordem, 540 cm, 640 cm e 740 cm. A curva-chave é apresentada na Figura 45, e a seção de réguas no rio Santo Antônio segue na Figura 46.

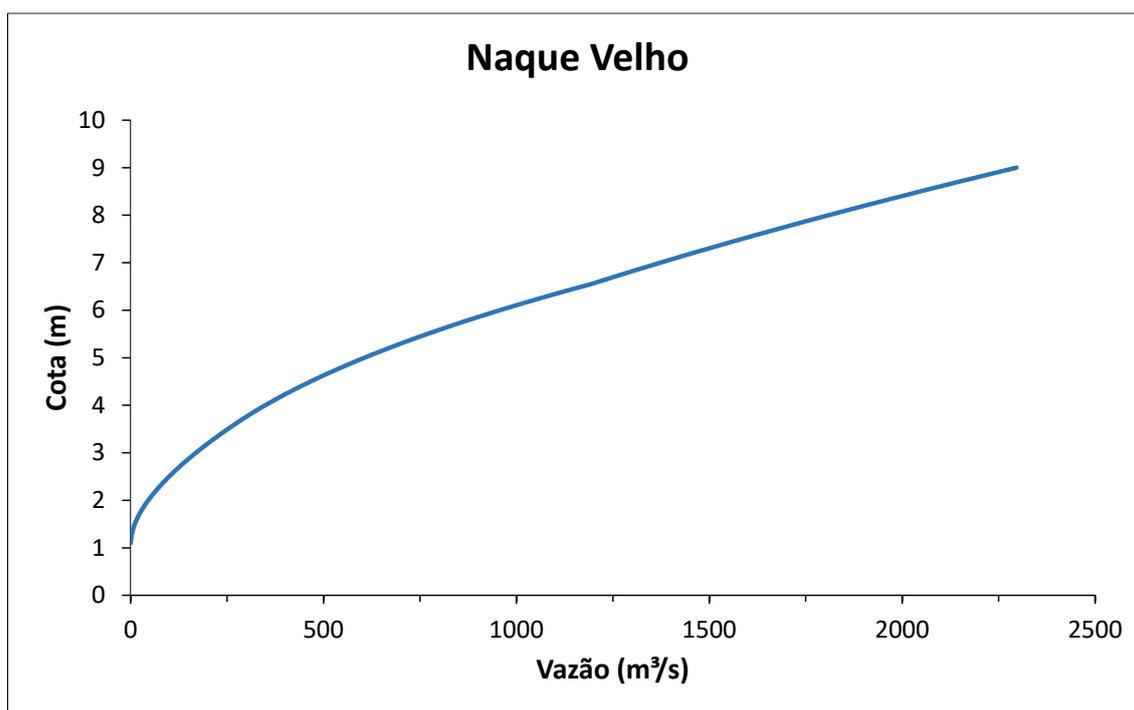


Figura 45 – Curva-Chave da estação Naque Velho (56825000).



Figura 46 – Rio Santo Antônio, no ponto de monitoramento da estação Naque Velho (56825000).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Santo Antônio em Naque Velho é feita por meio dos dados das vazões defluentes das UHE's de Salto Grande e Porto Estrela, além dos dados pluviométricos da estação Naque Velho (56825000). O diagrama unifilar da Figura 47 mostra os pontos de monitoramento.

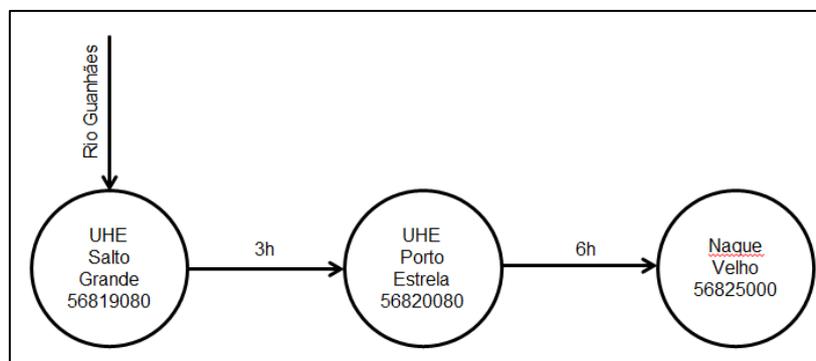


Figura 47 – Diagrama unifilar a montante da estação Naque Velho (56825000).

Os dados das defluências das usinas hidrelétricas são obtidos pelas equipes da CPRM através de contatos telefônicos junto aos operadores das Usinas. As informações das estações pluviométricas são transmitidas por satélite.

A previsão hidrológica para a estação Naque Velho (56825000) é feita utilizando os dados das vazões defluentes da UHE Porto Estrela, com 6 horas de antecedência. A área de drenagem a montante da usina de Porto Estrela é de cerca de 92% da área a montante de Naque Velho.

Vale ressaltar que os dados de Naque Velho no rio Santo Antônio, juntamente com os dados de Belo Oriente no rio Doce, são utilizados para previsão hidrológica com 12 horas de antecedência para a cidade de Governador Valadares.

6.7 GOVERNADOR VALADARES

A estação fluviométrica Governador Valadares (56850000) está localizada às margens do rio Doce, nas proximidades da ponte da BR-116. Esta estação possui a seção de réguas convencional com acompanhamento diário do observador hidrológico, e equipamentos com sensores para o registro automático do nível do rio e altura de precipitação, com transmissão via satélite.

Para este ponto de monitoramento, as cotas de atenção, alerta e inundação são 300 cm, 320 cm e 360 cm, respectivamente. A curva-chave está apresentada na Figura 48, enquanto a seção de réguas segue na Figura 49.

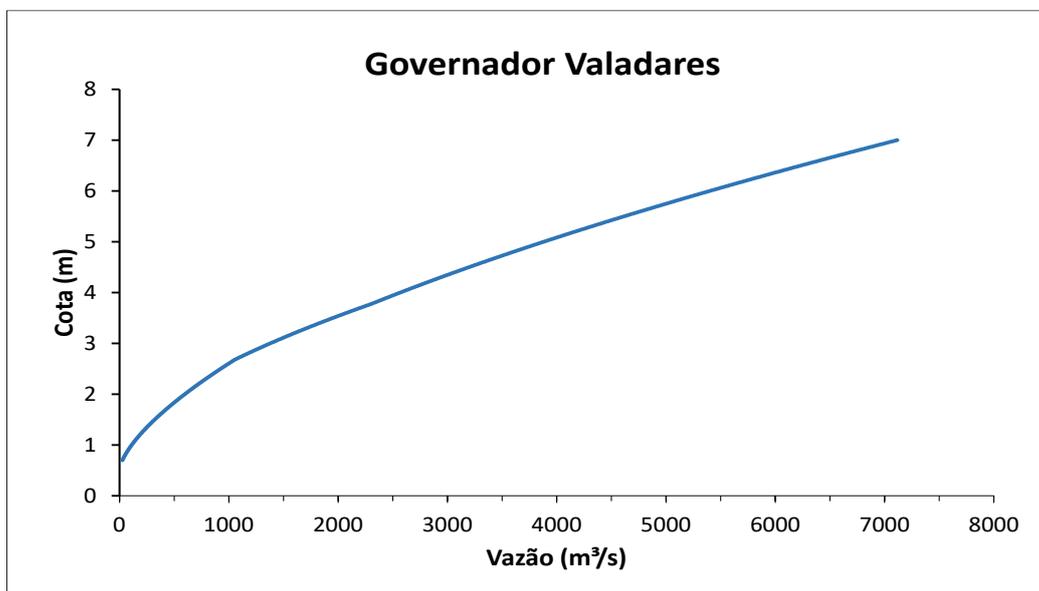


Figura 48 – Curva-chave da estação Governador Valadares (56850000).



Figura 49 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Governador Valadares (56850000).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Doce em Governador Valadares é feita por meio dos dados das vazões defluentes da UHE Baguari; das estações de Belo Oriente e Naque Velho; dos dados das vazões defluentes da UHE de Salto Grande e das estações Mário de Carvalho e Cachoeira dos Óculos; além dos dados pluviométricos das estações Naque Velho, Belo Oriente, Governador Valadares e da UHE Baguari. A relação destes pontos de monitoramento é apresentada no diagrama unifilar da Figura 50.

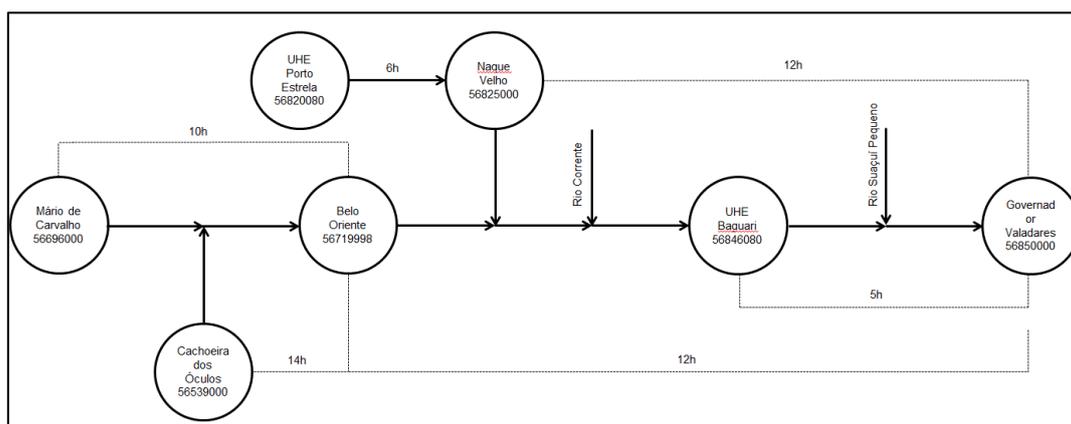


Figura 50 – Diagrama unifilar das estações a montante de Governador Valadares – MG.

A previsão hidrológica para a cidade de Governador Valadares é feita utilizando-se os dados das estações Naque Velho e Belo Oriente, com 12 horas de antecedência. A área de drenagem a montante destas estações é cerca de 86% da área a montante de Governador Valadares. Uma previsão alternativa é realizada com dados das estações Cachoeira dos Óculos e Mário de Carvalho, e com as vazões defluentes da usina de Porto Estrela, com 24 horas de antecedência. A área de drenagem a montante destes pontos de monitoramento é aproximadamente 75% da área a montante da estação Governador Valadares (56850000).

As cidades de Resplendor, Galiléia, Itueta e Conselheiro Pena, bem como Aimorés e Baixo Guandu, podem seguir as previsões hidrológicas realizadas para as cidades de Governador Valadares e Tumiritinga.

6.8 VILA MATIAS

A estação fluviométrica Vila Matias Montante (56891900) está localizada às margens do rio Suaçuí Grande, afluente da margem esquerda do rio Doce, no município mineiro de Mathias Lobato. Esta estação possui a seção de réguas convencional, e sensor de registro automático do nível do rio e altura de precipitação, cujos dados são transmitidos por satélite.

Neste ponto de monitoramento, as cotas de atenção, alerta e inundação são, pela ordem, 620 cm, 660 cm, e 700 cm. A curva-chave da estação é apresentada na Figura 51, enquanto a seção de régua segue na Figura 52.

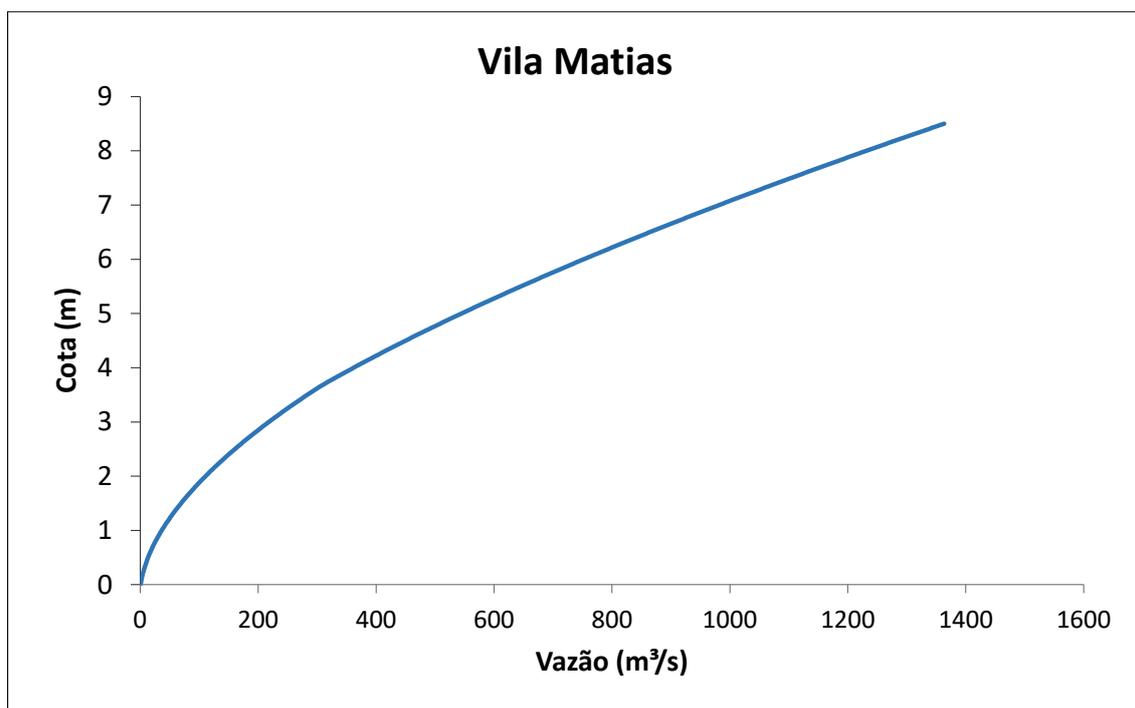


Figura 51 – Curva-chave da estação Vila Matias Montante (56891900).



Figura 52 – Rio Suaçuí Grande, no ponto de monitoramento da estação Vila Matias Montante (56891900).

Os dados da estação de Vila Matias Montante (56891900) são utilizados para a previsão hidrológica para a cidade de Tumiritinga, no rio Doce. O diagrama unifilar das estações no rio Suaçuí Grande é apresentado na Figura 53.

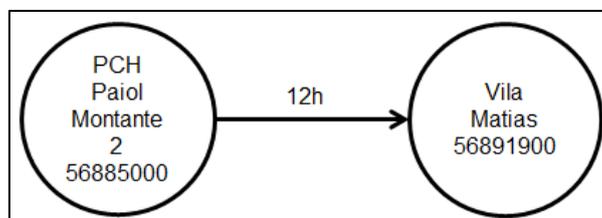


Figura 53 – Diagrama unifilar a montante da estação Vila Matias Montante (56891900).

6.9 TUMIRITINGA

A estação fluviométrica Tumiritinga (56920000) localiza-se às margens do rio Doce. Possui a seção de réguas convencional, com leituras diárias realizadas pelo observador hidrológico. Atualmente não possui sensores com registro automático do nível do rio.

Entretanto, existem outros pontos de monitoramento nas proximidades da estação Tumiritinga (56920000), instalados pela Fundação Renova (responsável por gerir programas de recuperação do rio Doce após o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, controlada pela Samarco Mineração, de propriedade da VALE e BHP Billiton), e que são utilizados para a verificação da tendência do nível do rio Doce.

Na estação Tumiritinga (56920000), as cotas de atenção, alerta e inundação são 350 cm, 400 cm e 450 cm, respectivamente. A curva-chave é apresentada na Figura 54, enquanto a seção de réguas segue na Figura 55.

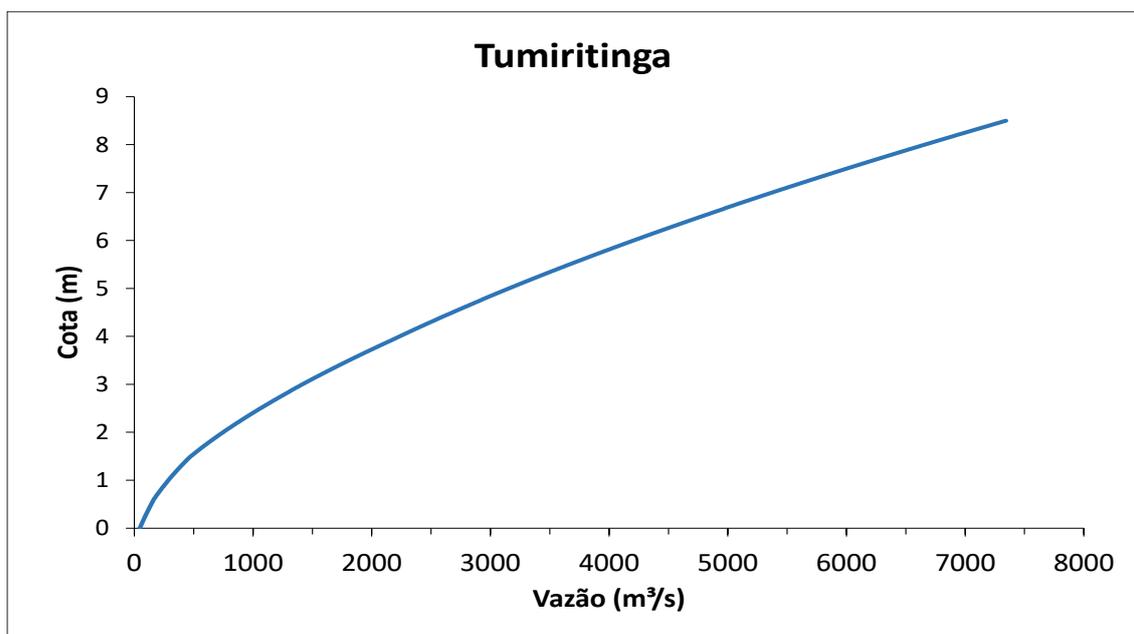


Figura 54 – Curva-chave da estação Tumiritinga (56920000).



Figura 55 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Tumiritinga (56920000).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Doce em Tumiritinga é feita por meio dos dados das estações Governador Valadares e Vila Matias; além dos dados pluviométricos das estações Governador Valadares, Vila Matias e Tumiritinga. O contexto dos pontos de monitoramento é apresentado no diagrama unifilar da Figura 56.

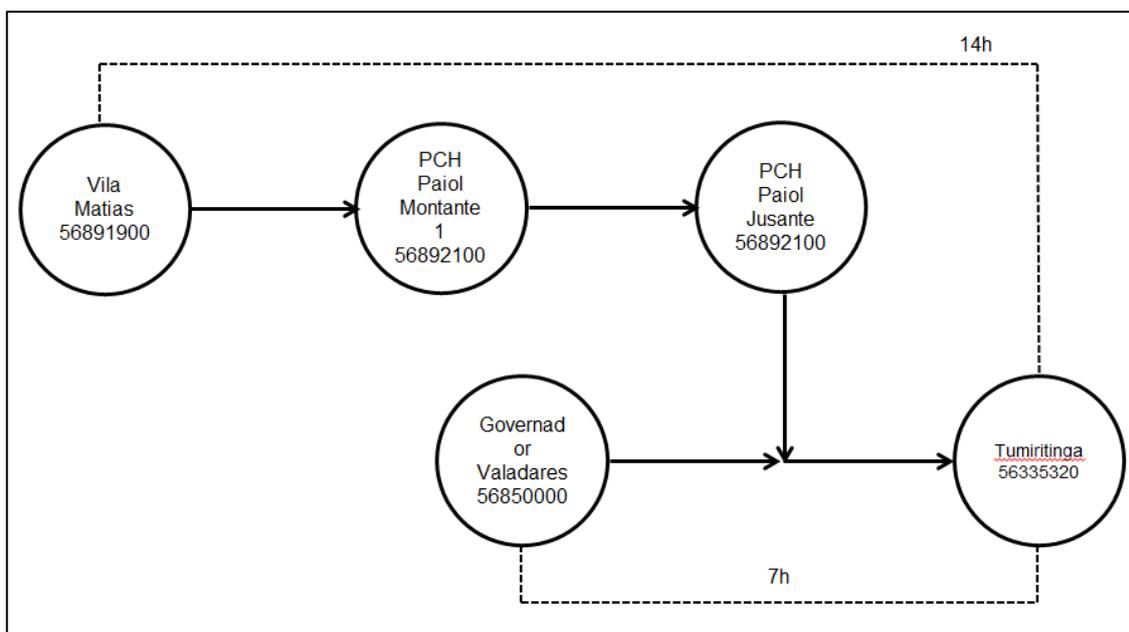


Figura 56 – Diagrama unifilar a montante da estação Tumiritinga.

A previsão hidrológica para Tumiritinga é realizada utilizando-se os dados das estações Governador Valadares e Vila Matias, com 7 horas de antecedência. A área de drenagem a montante destas estações é de cerca de 90% da área a montante de Tumiritinga.

As cidades de Resplendor, Galiléia, Itueta e Conselheiro Pena, bem como Aimorés e Baixo Guandu, podem acompanhar as previsões hidrológicas para as cidades de Governador Valadares e Tumiritinga.

6.10 COLATINA

Na cidade de Colatina – ES, localizada às margens do rio Doce, existem duas estações fluviométricas: Colatina Corpo de Bombeiros (56994510) e Colatina (56994500). A estação Colatina (56994500) fica próxima à ponte da BR-

101, é mais antiga, e trata-se de uma estação convencional com réguas linimétricas, onde são realizadas as medições de vazão.

Na estação Colatina Corpo de Bombeiros (56994510) também existe a seção de réguas, além equipamentos com sensores para o registro automático do nível do rio Doce e da altura pluviométrica, com transmissão via satélite. A cota registrada pelos dois pontos de monitoramento apresenta uma diferença de aproximadamente 20 cm, sendo que a cota da estação Colatina (56994500) é a maior.

A cota de atenção em Colatina Corpo de Bombeiros (56994510) é de 500 cm, e as cotas de alerta e inundação são de 570 cm e 620 cm, respectivamente. As curvas-chave das estações Colatina (56994500) e Colatina Corpo de Bombeiros (56994510) seguem na sequência das Figuras 57 e 58, enquanto as seções de régua são apresentadas nas Figuras 59 e 60.

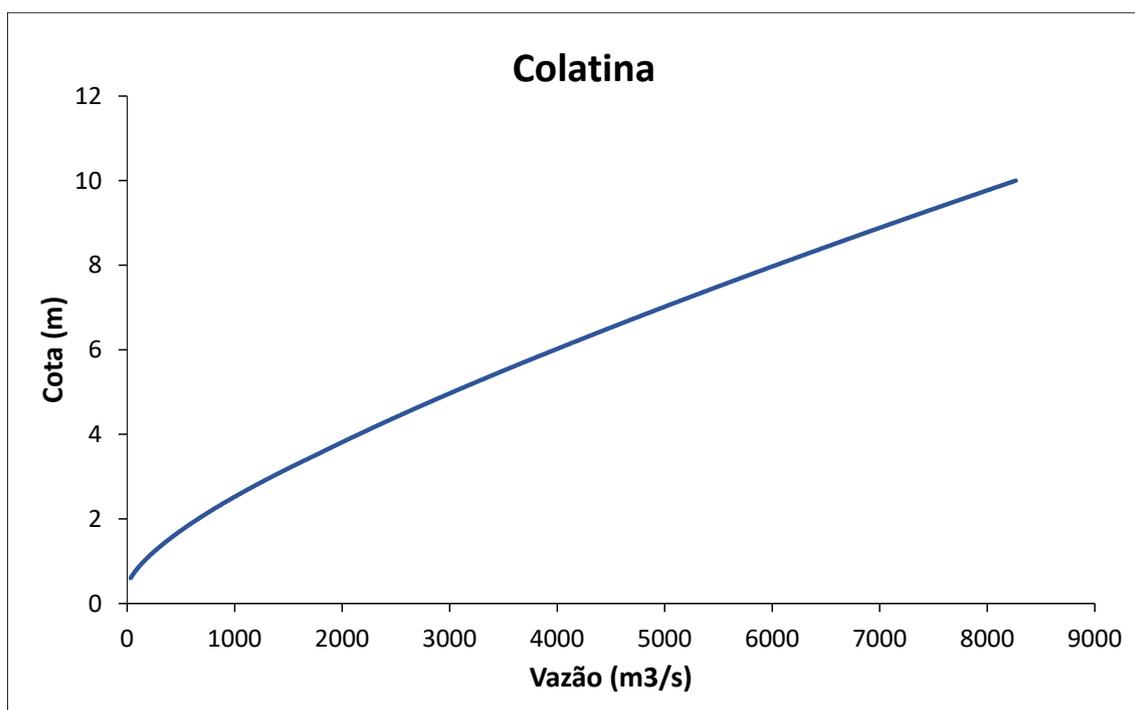


Figura 57 – Curva-chave da estação Colatina (56994500).

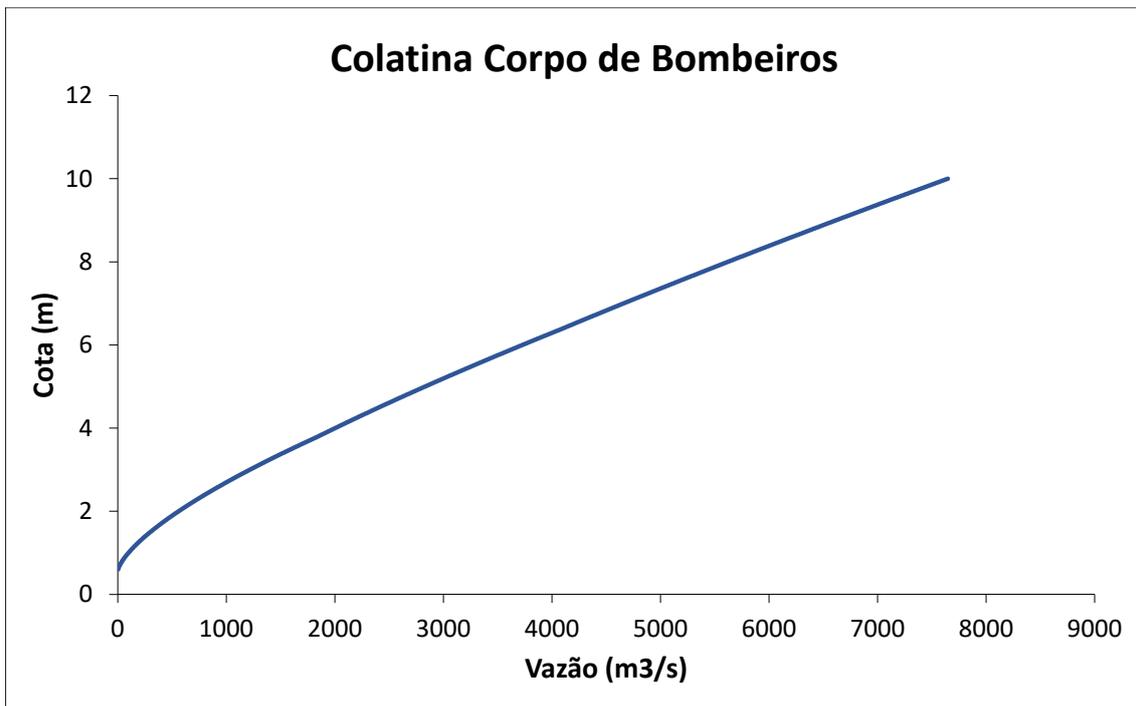


Figura 58 – Curva-chave da estação Colatina Corpo de Bombeiros (56994510).



Figura 59 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Colatina (56994500).



Figura 60 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Colatina Corpo de Bombeiros (56994510).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Doce em Colatina é feita por meio dos dados das vazões defluentes da UHE Mascarenhas, além dos dados pluviométricos das estações Colatina Corpo de Bombeiros (56994510) e UHE Mascarenhas. O diagrama unifilar é apresentado na Figura 61.

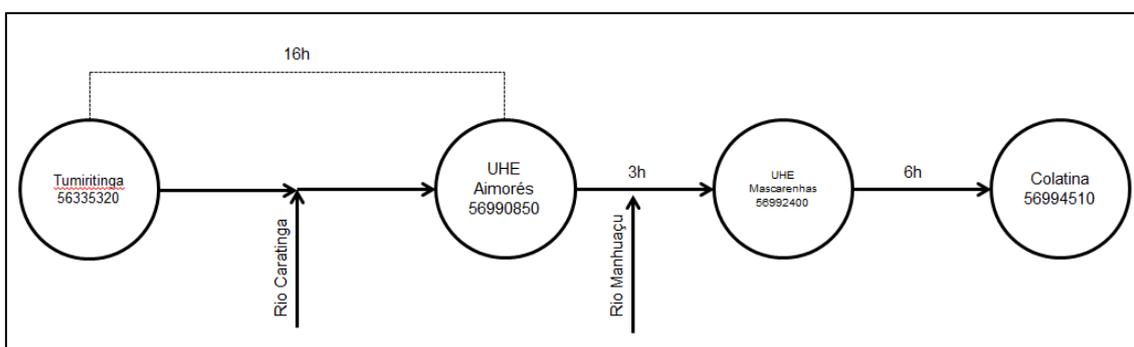


Figura 61 – Diagrama unifilar a montante de Colatina Corpo de Bombeiros (56994510).

A previsão hidrológica para a cidade de Colatina - ES é realizada utilizando-se os dados das vazões defluentes (disponibilizadas pela CEMIG) da UHE Mascarenhas, com 6h de antecedência. A área de drenagem a montante

desta Usina é de cerca de 96% da área a montante da estação Colatina Corpo de Bombeiros (56994510).

6.11 LINHARES

A estação fluviométrica de Linhares Cais do Porto (56998200) está localizada nas margens do rio Doce, nas proximidades do município de Linhares – ES, sendo o último ponto de monitoramento do Sistema de Alerta na bacia antes do rio Doce desaguar no oceano Atlântico. Possui seção de réguas convencional, com leituras diárias do observador hidrológico. Em função do efeito de marés, não são realizadas medições de vazão regularmente nesta estação.

Neste ponto de monitoramento, a cota de atenção é de 280 cm, e as cotas de alerta e inundação correspondem a 300 cm e 345 cm, respectivamente. A estação Linhares Cais do Porto (56998200) não possui curva-chave. A modelagem hidrológica é realizada de forma cota x cota, com os dados da estação de Colatina Corpo de Bombeiros (56994510). A seção de réguas é apresentada na Figura 62.



Figura 62 – Rio Doce, no ponto de monitoramento da estação Linhares Cais do Porto (56998200).

A avaliação da evolução dos níveis do rio Doce em Linhares - ES é feita por meio dos dados da estação de Colatina Corpo de Bombeiros (56994510), e dos dados pluviométricos de Colatina e Linhares. O diagrama unifilar do ponto de monitoramento é apresentado na Figura 63.

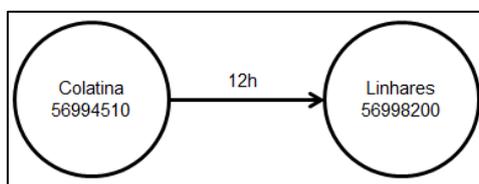


Figura 63 – Diagrama unifilar a montante da estação Linhares Cais do Porto (56998200).

A previsão hidrológica para Linhares - ES é feita utilizando-se os dados da estação de Colatina Corpo de Bombeiros (56994510), com 12h de antecedência.

A área de drenagem a montante desta estação é de cerca de 98% da área a montante de Linhares Cais do Porto (56998200).

Vale mencionar que existem outros pontos de monitoramento nas proximidades de Linhares, instalados pela Fundação Renova (responsável por gerir programas de recuperação do rio Doce após o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, controlada pela Samarco Mineração, de propriedade da VALE e BHP Billiton), e que são utilizados para a verificação da tendência do nível do rio Doce.

7. CONCLUSÕES

A operação de novembro de 2020 a março de 2021 do Sistema de Alerta da bacia do rio Doce foi concluída com sucesso, sendo emitidos 140 Boletins Técnicos Ordinários (com frequência diária), dos quais 18 foram Boletins Técnicos Extraordinários (quando se atinge cotas acima das de alerta), contendo os níveis dos rios Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Doce, e Suaçuí Grande, e que podem contribuir como instrumento para a prevenção/mitigação dos efeitos causados por eventos de cheias nessas localidades.

A operação do SAH Doce 2020-2021 considerou o período de operação ativa do Sistema, ou seja, cobrindo a estação chuvosa entre os meses de novembro a março na Região Sudeste do Brasil, onde localiza-se a bacia do rio Doce.

De maneira geral, foram beneficiados diretamente pela operação do Sistema de Alerta os municípios mineiros de Ponte Nova, Nova Era, Coronel Fabriciano, Timóteo, Açucena, Governador Valadares, Tumiritinga; e os municípios capixabas de Colatina e Linhares. Indiretamente, podendo acompanhar as previsões hidrológicas para localidades a montante, foram beneficiados os municípios de Antônio Dias, Ipatinga, Resplendor, Galiléia, Conselheiro Pena, Aimorés, em Minas Gerais; e Baixo Guandu, no Espírito Santo.

Conforme relatado ao longo do presente texto, o Sistema de Alerta hidrológico do rio Doce acompanha o aumento do nível dos rios monitorados em relação às ocorrências de inundações naturais, principalmente aquelas

relacionadas aos eventos de Zonas de Convergência do Atlântico Sul, com maior frequência no período chuvoso de outubro a março na Região Sudeste do Brasil.

Desta forma, os modelos hidrológicos podem apresentar instabilidade para eventos de chuvas intensas localizadas e concentradas apenas sobre o município e suas adjacências (eventos de chuvas convectivas), os quais podem ocasionar o aumento abrupto do nível do rio e provocar enchentes repentinas e localizadas.

Entre novembro de 2020 a março de 2021, foram verificados os seguintes períodos de maior intensidade pluviométrica na bacia do rio Doce, a saber: Evento 1: 22/12 a 25/12/2020, Evento 2: 06/02 a 08/02/2021, Evento 3: 20/02 a 23/02/2021. Apesar dos dois primeiros eventos resultarem no aumento dos níveis dos rios nos pontos monitorados, apenas o Evento 3 desencadeou a emissão de Boletins Técnicos extraordinários, quando algumas localidades atingiram as cotas de alerta e/ou inundação.

Neste período (Evento 3), as cidades de Nova Era – MG e Tumiritinga – MG atingiram suas respectivas cotas de alerta nos pontos monitorados, enquanto a cidade de Governador Valadares – MG atingiu marginalmente a cota de inundação (360 cm). No município de Linhares – ES, o nível do rio Doce superou a cota de inundação (345 cm) entre os dias 22/02 e 24/02, chegando a atingir a cota 375 cm. Todos os Boletins Técnicos, e outras informações relacionadas ao Sistema de Alerta, encontram-se disponíveis em <http://www.cprm.gov.br/sace/doce>.

Há mais de 20 anos o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, por meio da Superintendência Regional de Belo Horizonte (Sureg-BH), opera o Sistema de Alerta hidrológico do Doce, em parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Adicionalmente, há mais de 50 anos as equipes de Hidrometria da CPRM operam os roteiros (grupos de estações) da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) distribuídos em todo o território brasileiro, possibilitando a obtenção dos dados hidrológicos de maneira contínua, tempestiva e confiável.

Entretanto, fato inédito ocorreu na história do Serviço Geológico do Brasil – CPRM (e de toda a população mundial) frente aos desafios apresentados

pela pandemia do novo coronavírus (Covid-19), que impactou diretamente as atividades de campo desenvolvidas pelas equipes da CPRM. Desta forma, estão sendo realizadas campanhas emergenciais para a operação das estações da RHN. Assim que os protocolos sanitários de distanciamento social permitam, e em conjunto com o processo de vacinação, espera-se que seja retomada à normalidade a frequência de operação de campo das estações de monitoramento da RHN.

Outro ponto relevante é a importância da operação contínua do Sistema de Alerta hidrológico na estação chuvosa da região Sudeste do Brasil, mesmo que em períodos caracterizados por estiagens históricas, tal como foi verificado entre os anos de 2014 a 2018. Conforme mencionado no presente texto, a bacia do rio Doce (e toda a Região Sudeste) sofreram recentemente com uma estiagem severa, e ainda assim, eventos pontuais de inundações foram registrados pelo SAH Doce.

Nesse contexto, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM vai de encontro às suas atribuições institucionais no âmbito da administração pública federal, disponibilizando à sociedade informações do monitoramento hidrológico nos rios em território nacional e, de maneira específica, no período chuvoso na bacia do rio Doce. Essas informações podem auxiliar as autoridades públicas, equipes da Defesa Civil, e demais usuários e gestores de recursos hídricos no processo de tomada de decisão para prevenir/mitigar efeitos causados por eventos de cheias.

A equipe da CPRM encontra-se à disposição para esclarecimentos e informações adicionais. O contato com o Sistema de Alerta hidrológico do Doce pode ser realizado através do e-mail alerta.doce@cprm.gov.br.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Regionalização de Vazões nas Hidrográficas Brasileiras**: Análise de Frequência de Cotas dos Sistemas de Alerta. Sistema de Alerta da Bacia do Rio Doce. Rio Piranga em Ponte Nova Jusante, código 56110005 / Eber José de Andrade Pinto. – Belo Horizonte: CPRM, 2020.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Acompanhamento da Estiagem** - Relatório 02/2019 / Eber José de Andrade Pinto, Breno Guerreiro da Motta. – Belo Horizonte: CPRM, 2019. Disponível em:
http://www.cprm.gov.br/sace/index_secas_estiagens.php#. Acesso em: 10 ago. 2021.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Definição Da Planície De Inundação Da Cidade De Governador Valadares** – Relatório Técnico Final. Belo Horizonte: CPRM, 2004. Disponível em:
http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php. Acesso em: 10 ago. 2021.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Definição da Planície de Inundação da Cidade de Colatina-ES.** / Marlon Marques Marques Coutinho, Breno Guerreiro da Motta, Colab. – Belo Horizonte: CPRM-BH, 2014. Disponível em:
http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php. Acesso em: 10 ago. 2021.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Definição da Planície de Inundação de Ponte Nova**. Belo Horizonte: CPRM, 2012.

CPRM. **Sistema de Alerta Contra Enchentes na Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – Dezembro de 1998 a Abril de 1999**. Belo Horizonte: CPRM, 1999.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Alerta Contra Enchentes na Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – Dezembro de 2002 a Abril de 2003**. Belo Horizonte: CPRM, 2003.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce - Relatório 01: Acompanhamento da Onda de Cheia**. Belo Horizonte: CPRM, 2015. Disponível em:
http://www.cprm.gov.br/sace/index_monitoramento_especial.php. Acesso em: 10 ago. 2021.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce - Relatório 02: Geoquímica.** Belo Horizonte: CPRM, 2015. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/sace/index_monitoramento_especial.php. Acesso em: 10 ago. 2021.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce - Relatório 03:** Monitoramento Simultâneo ao longo de 15 dias. Belo Horizonte: CPRM, 2016. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/sace/index_monitoramento_especial.php. Acesso em: 10 ago. 2021.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Monitoramento Especial da Bacia do Rio Doce - Relatório 04: Hidrometria, Sedimentometria e Qualidade da Água nas Estações Fluviométricas da RHN após a Ruptura da Barragem de Rejeito, 2016.** Disponível em: http://www.cprm.gov.br/sace/index_monitoramento_especial.php. Acesso em: 10 ago. 2021.

Hidrotelemetria – **Rede Hidrometereológica Nacional.** ANA, 2021. *Site.* Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/Mapa.aspx>. Acesso em: 10 ago. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados.** IBGE, 2018. *Site.* Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 10 ago. 2021.

ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D. S.; GONCALVES, L. G. G.; VILA, D. A. **Combining TRMM and surface observations of precipitation: technique and validation over South America.** *Weather Forecasting*, v. 25, n. 3, p. 885-894, June 2010. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/wefo/25/3/2010waf2222325_1.xml. Acesso em: 10 ago. 2021.

SACE, **Sistema de Alerta de Eventos Críticos.** *Site.* Disponível em: <http://sace.cprm.gov.br/doce/>. Acesso em: 10 ago. 2021.