

Barragem da PCH Rio de Pedras



PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA – PAE

EVENTOS DE CHEIAS E RUPTURA

Coordenador do PAE: Ivan Sérgio Carneiro

Entidade fiscalizadora: Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

Código Único de Empreendimentos de Geração (CEG): PCH.PH.MG.002345-0.01

Documento nº PAE - PCH Rio de Pedras - revE

Responsável pela elaboração: Cemig GT

Municípios relacionados (MG):

Zona de Autossalvamento (ZAS): Itabirito

Zona de Segurança Secundária (ZSS): Rio Acima, Nova Lima, Raposos



Revisão	Vigência	Motivo da revisão
E	19/04/2022	Revisão de apêndices, arranjo da barragem após obras e página de assinaturas

Sumário

I.	Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis	3
II.	Informações gerais da barragem	4
A.	Apresentação	4
B.	Objetivo do PAE	4
C.	Caracterização da barragem	4
III.	Responsabilidades gerais no PAE	7
A.	Empreendedor	7
B.	Coordenador do PAE	7
C.	Equipe técnica	8
D.	Plantonista de cheias	8
E.	Sistema de Proteção e Defesa Civil e demais autoridades	9
IV.	Níveis de resposta – Identificação e análise das possíveis situações de emergência	9
A.	Caracterização do Nível de Resposta – CHEIAS	12
B.	Caracterização do Nível de Resposta 2 – ALERTA	13
C.	Caracterização do Nível de Resposta 3 – EMERGÊNCIA	13
V.	Procedimentos de notificação e alerta	14
A.	Fluxograma de ações e notificação em situação de CHEIAS	14
B.	Fluxograma de ações e notificação em situação de ALERTA	14
C.	Fluxograma de ações e notificação em situação de EMERGÊNCIA	15
VI.	Procedimentos preventivos e corretivos em situações de alerta e emergência	16
A.	Zona de Autossalvamento (ZAS)	16
B.	Monitoramento de vazões	17
C.	Parâmetros para início da comunicação	19
VII.	Encerramento das operações	20
VIII.	Apêndices	21
A.	Ficha Técnica da Barragem	22
B.	Mensagem de notificação Padrão	23
C.	Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética (Fractal, 2018)	24
	• Modo RDC 1: Rompimento por galgamento ou colapso da barragem, com vazão decamilenar (656 m ³ /s)	24
	• Modo RDC 2: Rompimento por galgamento ou colapso da barragem em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (10 m ³ /s)	26
	• Modo RDC 3: Rompimento por galgamento ou colapso da barragem, vertendo a vazão de restrição (90 m ³ /s)	27
D.	Quantificação de atingidos e pontos de inundação	29
E.	Tempos de chegada e pico de onda para cenários de ruptura	33
F.	Lista de mapas temáticos e manchas de inundação	37
IX.	Apêndices Externos	39
G.	Controle de distribuição digital deste PAE	40
H.	Plano de chamadas para notificação deste PAE	41

I. Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
A	14/12/2018	Emissão inicial
B	30/04/2019	Adequações regulatórias e assinaturas de responsáveis
C	01/04/2020	Estudos de propagação e informações de níveis de respostas e contatos
D	01/09/2020	Revisão de apêndices e página de assinaturas
E	19/04/2022	Revisão de apêndices, arranjo da barragem após obras e página de assinaturas

<p>Assinatura Eletrônica 05/05/2022 15:01 UTC</p>  <p>BRy 103.***.***-45 Diogo Carneiro Ribeiro Bueno Martins</p>	<p>Assinatura Eletrônica 05/05/2022 15:11 UTC</p>  <p>BRy 045.***.***-70 Ivan Sergio Carneiro</p>
<p>Diogo Carneiro Ribeiro Bueno Martins Responsável Técnico pela Elaboração do PAE CREA-MG: 163375/D</p>	<p>Ivan Sérgio Carneiro Coordenador Executivo do PAE Gerente de Planejamento Energético</p>

<p>Assinatura Eletrônica 05/05/2022 15:53 UTC</p>  <p>BRy 043.***.***-59 HENRIQUE SIQUEIRA DE CASTRO</p>	<p>Assinatura Eletrônica 05/05/2022 18:54 UTC</p>  <p>BRy 053.***.***-69 thadeu carneiro da silva</p>
<p>Aprovado por: Henrique Siqueira de Castro Superintendência de Operação de Ativos da Geração e Transmissão</p>	<p>Aprovado por: Thadeu Carneiro da Silva Diretor da Cemig Geração e Transmissão</p>

<p>Assinatura Eletrônica 19/05/2022 21:29 UTC</p>  <p>BRy 056.***.***-50 Reynaldo Passanezi Filho</p>
<p>Responsável Legal: Reynaldo Passanezi Filho Diretor-Presidente da CEMIG</p>

II. Informações gerais da barragem

A. Apresentação

O presente Plano de Ação de Emergência (PAE) visa a apresentar os riscos mapeados a partir do estudo da onda de inundação provocada por eventual ruptura da barragem da PCH Rio de Pedras, para atendimento regulatório à Lei Federal de Segurança de Barragens nº 12.334/2010 e Resolução Normativa ANEEL nº 696/2015. Serão apresentadas as premissas adotadas e as cartas temáticas de cada cenário simulado. Trata-se da formalização das ações externas à operação e manutenção do empreendimento, que devem ser tomadas ao longo de um evento de emergência. Além dos cenários hipotéticos de ruptura, serão apresentados os resultados de manchas de inundação para cheias naturais intermediárias, antecipando as ações de preparação e remoção de pessoas

B. Objetivo do PAE

Este documento tem como objetivo facilitar a comunicação entre o empreendedor e entidades públicas, proteger o patrimônio de terceiros e minimizar riscos de acidentes com pessoas, mantendo recursos humanos e materiais preparados para a resposta de emergências. Trata-se de um documento formal de fornecimento de informações para as Defesas Civas municipais envolvidas prepararem seus Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil – PLANCON para alagamentos, enchentes e tempestades. Tais planos estabelecem os procedimentos a serem adotados pelos órgãos envolvidos direta ou indiretamente na resposta a emergências e desastres relacionados a estes eventos naturais e de ruptura de barragem.

Além das ações externas de comunicação e mapeamento do risco, cabe à equipe ligada à operação e manutenção da barragem a adoção de medidas de controle, prevenção e correção. Assim, é elaborado um documento complementar denominado Plano de Ações Emergenciais da Central - PAEC com o objetivo de apoiar a tomada de decisão e orientar as ações em situações intempestivas e severas, associadas à segurança da central. Trata-se de um documento da instalação onde se definem as ações internas do empreendedor que visam recuperar as condições de segurança estrutural e operacional da barragem.

C. Caracterização da barragem

A barragem de Rio de Pedras, do empreendedor Cemig Geração e Transmissão S.A., está localizada no está localizada no Rio das Velhas, no município de Itabirito, em Minas Gerais. As respectivas coordenadas são: 20°12'48" Sul e 43°43'54" Oeste. O barramento para a formação do reservatório desenvolve-se numa extensão de 148,1 m e altura máxima de 45 m. O vertedouro, localizado na margem direita, é constituído por 3 vãos onde se acham instaladas 3 comportas metálicas tipo caixão,

com 4,80 m de largura por 4,03 m de altura, acionadas por mecanismo elétrico colocado em uma plataforma superior. As estruturas do empreendimento são mostradas na Figura 1.

A Montante da barragem de Rio de Pedras não há outras barragens, e a jusante existem as seguintes barragens: ETA Bela Fama (COPASA), situada a 41 km, e a barragem Canta Galo, situada a 45 km.



Figura 1 – Vista superior da barragem

O acesso ao local (Figura 2) é feito pela rodovia BR 040 em direção ao trevo de Ouro Preto, seguindo daí pela rodovia BR 386 até o trevo da estação rodoviária da cidade de Itabirito. A partir desse ponto existem duas opções: seguir por uma estrada não pavimentada de 13 km de extensão, que parte da periferia da cidade e chega à casa de força da usina, ou continuar por 9 km na rodovia BR 386, em direção a Ouro Preto e seguir por uma estrada de terra de 12 km de extensão, que dá acesso à vila de operadores. Este último trajeto é o único possível em caso de cheia excepcional ou ruptura da barragem. A MG 030 também permite acesso ao local, passando por Nova Lima e Rio Acima. No entanto, o trecho final de 24 km não é asfaltado.

**Figura 2 - Localização e acesso**

III. Responsabilidades gerais no PAE

A. Empreendedor

A Cemig GT é a responsável pelas ações em segurança de barragens de estruturas do Grupo CEMIG. Considerando as suas equipes multidisciplinares, o empreendedor é responsável por:

- zelar pela segurança estrutural e operacional da barragem;
- dispor de equipe capacitada para monitorar, operar e reparar as estruturas, quando necessário;
- providenciar a elaboração e atualizar o PAE;
- promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;
- participar de simulações de situações de emergência, em conjunto com as prefeituras e organismos de defesa civil quando convocado.

B. Coordenador do PAE

O Coordenador do PAE é responsável, por delegação do empreendedor, pelas seguintes ações:

- detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis e código de cores padrão definidos no PAEC e no PAE;
- declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE a ele atribuídas;
- executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- notificar as autoridades públicas e usuários da água em caso de situação de emergência;
- emitir declaração de encerramento da emergência;
- providenciar a elaboração do relatório de fechamento de eventos de emergência.

Cabe ainda ao coordenador do PAE garantir que os envolvidos no PAE sejam capacitados e treinados, assegurando o estado de prontidão na barragem, a implantação do PAE interno (PAEC) e integração deste PAE externo aos planos de contingência municipais, promover atualização e revisão do PAE e demais atividades sob sua responsabilidade definidas no PAE.

No presente plano, as atividades de coordenação serão assumidas pelo Gerente de Planejamento Energético da Cemig GT, que coordena a operação da usina. O coordenador fica lotado no escritório da Cemig GT em Belo Horizonte durante horário comercial, e suas informações de contato estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Contato Coordenador do PAE

Contato de Emergência	Forma de comunicação
Coordenador do PAE Ivan Sérgio Carneiro Gerente de Planejamento Energético	

C. Equipe técnica

Conforme previsto na Resolução Normativa ANEEL nº 696/2015, “a equipe técnica de segurança de barragem deverá ser composta por profissionais treinados e capacitados, os quais deverão realizar as atividades relacionadas às inspeções de segurança de barragens”.

Para ações de segurança de barragem, a Cemig GT conta com uma equipe civil e um coordenador técnico civil, além de equipes locais de apoio, cujas responsabilidades concentram-se nas ações internas de gestão de emergência descritas no PAEC (documento interno), contendo os seus contatos e hierarquia.

D. Plantonista de cheias

É responsável, por delegação do empreendedor, pelas seguintes ações:

- detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis e código de cores padrão definidos no PAEC e no PAE;
- acionar o Coordenador do PAE;
- declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE, na ausência do Coordenador do PAE;
- executar as ações de comunicação no fluxograma de notificação;
- atuar na tomada de decisão operativa de alteração da defluência da usina e operação do reservatório;
- notificar as autoridades públicas e usuários da água em caso de situação de emergência.

No presente Plano, as atividades supracitadas serão assumidas pela equipe de engenheiros da Cemig GT, conforme suas atribuições de contrato de prestação de serviços. Em horário comercial, é mantido o monitoramento das condições hidrológicas e programação da geração. A equipe é designada para seguir em regime de sobreaviso a partir de uma avaliação das condições meteorológicas da bacia, realizada sob demanda. O monitoramento e os contatos dar-se-ão de maneira remota, estando a equipe lotada na sede da Cemig GT, em Belo Horizonte.

Tabela 2 - Contato Plantonista de Cheias

Contato de Emergência	Forma de comunicação
Equipe de engenheiros plantonistas para monitoramento de cheias	

E. Sistema de Proteção e Defesa Civil e demais autoridades

Os órgãos que compõem o Sistema de Proteção e Defesa Civil, conforme Lei Federal nº 12.608/2012, são responsáveis por:

- identificar e mapear as áreas de risco de desastres relacionados a cheias;
- elaborar Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil e instituir órgãos municipais de defesa civil, de acordo com os procedimentos estabelecidos pelo órgão central do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC;
- promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas;
- realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil;
- estimular a participação de entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não governamentais e associações de classe e comunitárias nas ações do SINPDEC e promover o treinamento de associações de voluntários para atuação conjunta com as comunidades apoiadas.

Além disso é importante que os órgãos locais informem o empreendedor no caso de alteração de risco associado às vazões mapeadas.

A lista de contatos da Defesa Civil para distribuição digital deste PAE e o plano de chamadas para acionamento nos casos aqui previsto, encontram-se nos apêndices externos deste documento. Elas serão atualizadas conforme haja alterações na composição das estruturas municipais, consistindo, no entanto, em um documento separado para fins de controle de revisão e assinatura dos responsáveis.

IV. Níveis de resposta – Identificação e análise das possíveis situações de emergência

O nível de resposta do Plano de Ação de Emergência é a gradação dada às situações de emergência em potencial da barragem que possam comprometer a segurança da própria barragem e a ocupação na área afetada. Ao detectar-se uma situação que possivelmente comprometa a segurança da

barragem e/ou de áreas no vale a jusante, dever-se-á avaliá-la e classificá-la, de acordo com o nível de resposta, conforme código de cores padrão apresentados na Tabela 3.

As ações internas nos níveis de resposta de 0 (normal) a 3 (vermelho) estão detalhadas no Plano de Emergência da Barragem, integrante do Plano de Ações de Emergência da Central (PAEC), localizados na instalação e junto às equipes remotas de operação. São procedimentos **internos** que orientam as equipes do empreendimento nos treinamentos e na gestão de emergências internas à central. Além disso, o PAEC possui todos os limites de monitoramento para instrumentação e identificação de anomalias no estado da barragem.

Tabela 3 – Caracterização dos níveis de resposta



A Tabela 4, **QUADRO DE RESPOSTAS**, apresenta os níveis de alerta para ocorrências excepcionais ou circunstâncias anômalas, assim como possíveis ações preventivas ou corretivas a serem tomadas

para cada nível de resposta. Podem ocorrer cenários diferentes dos apontados, que devem ser avaliados e tratados pelo Coordenador do PAE, equipe local e equipe técnica do empreendimento.

Tabela 4 – Procedimentos identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem

Ocorrência	Cenários Possíveis	Eventuais medidas de intervenção	Nível	
O&M	Ausência de monitoramento, análise ou manutenção	Executar monitoramento, análise e manutenção da conforme indicado pelo responsável pela Segurança de Barragem. Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local	Normal (Verde)	
	Resultados anômalos da instrumentação de auscultação da barragem	Avaliar os resultados anômalos da instrumentação de auscultação da barragem e prover soluções. Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local		
	Equipamentos	Indisponibilidade total do sistema de monitoramento de níveis e afluência de cheias (previsão)	Executar manutenção com urgência. Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local	Atenção (Amarelo)
Anomalias na barragem, ombreiras e área a jusante	Trincas superficiais	Monitorar visualmente ou através de instrumento. Fazer registro de todas as medidas. Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local	Normal (Verde)	
	Trincas	Trincas profundas estáveis, documentadas e monitoradas.	Monitorar visualmente ou através de instrumento Fazer registro de todas as medidas Projetar e executar tratamento Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local	Atenção (Amarelo)
		Presença de trincas transversais e longitudinais profundas sem percolação de água: <ul style="list-style-type: none"> • Que não estabilizam • Passantes ou não, de montante para jusante 		
		Presença de trincas transversais passantes, de montante para jusante, com percolação de água		
	Surgências (áreas encharcadas, água surgindo ou infiltrações)	Surgência de água próximo à barragem ou ombreiras: <ul style="list-style-type: none"> • Não documentada e/ou não monitorada • Com carreamento de materiais de origem desconhecida • Aumento das infiltrações com o tempo • Água saindo com pressão 	Projetar e executar tratamento em caráter emergencial Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local	Alerta (Laranja)
		Surgência incontrolável com erosão interna em andamento.		
	Abatimento / Deslizamento	Deslizamento do maciço através da crista ou talude, reduzindo borda livre e/ou seção transversal	Projetar e executar tratamento em caráter emergencial Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local	Alerta (Laranja)
	Recalque diferencial excessivo	Recalque diferencial excessivo entre blocos, reduzindo borda livre, permitindo passagem excessiva de água entre juntas.		
Deslizamento	Deslizamento entre blocos das estruturas, permitindo passagem excessiva de água entre juntas.			
Sistema de Aviso	Período seco	Corrigir sistema Responsável: equipe técnica de segurança de barragem	Normal (Verde)	

Ocorrência	Cenários Possíveis	Eventuais medidas de intervenção	Nível
Período chuvoso	Impossibilidade de notificação	Corrigir sistema com urgência Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local	Atenção (Amarelo)
Cheias	Nível	Se possível, reduzir nível através do aumento do vertimento Responsável: plantonista de cheias	Alerta (Laranja)
	Galgamento da barragem	Se possível, reduzir nível através do aumento do vertimento. Acionar fluxo de comunicação. Iniciar estado de alerta no vale a jusante. Responsável: plantonista de cheias	
Ruptura da Barragem	<ul style="list-style-type: none"> Tombamento da barragem Abertura de brecha no maciço com descarga incontrolável de água Colapso completo do maciço 	Acionar fluxo de comunicação. Iniciar <u>evacuação</u> do vale a jusante. Responsável: plantonista de cheias	Emergência (Vermelho)

A. Caracterização do Nível de Resposta – CHEIAS

O **Nível de Resposta – CHEIAS** é um dos níveis que aciona este Plano de Ações de Emergência, ou seja, quando as **anomalias** encontradas ou a ação de eventos externos à barragem **não comprometem a segurança da barragem**, mas estão sendo monitorados **eventos hidrológicos naturais que podem provocar inundação** no vale de jusante. Assim, o presente PAE é acionado à medida que está sendo **verificado um evento de cheia** que coloque pessoas sujeitas a situação de inundação. O **primeiro contato de comunicação** é realizado visando que sejam tomadas medidas para prevenção e redução dos danos materiais e humanos para cada escala de evento identificado.

Assim sendo, o presente nível de resposta é acionado de forma a alertar sobre as **condições naturais** durante um evento de cheia, que serão repassadas para jusante, de modo que é importante manter a comunicação entre a operação do empreendimento e os órgãos de proteção e defesa civil dos municípios. De forma a aumentar a eficiência da comunicação com as autoridades, em situações de **CHEIAS (Nível de Resposta - CHEIAS)**, busca-se que o presente documento seja um instrumento que formaliza a disponibilidade de comunicação entre empreendedor e agentes locais.

Sinteticamente:

- a barragem **não apresenta** anomalia que comprometa sua segurança no curto prazo;
- entende-se que a segurança do **vale a jusante está sob ameaça** monitorada e será necessário acionar os procedimentos de comunicação e notificação externos previstos no PAE para preparação dos órgãos para resposta a situação de inundação;
- pode ser necessária evacuação da população a jusante.

Dessa forma, para possibilitar a melhor preparação possível para situações que requeiram o acionamento de **Nível de Resposta - CHEIAS**, que ocorrem naturalmente e com frequência, são

apresentadas as cartas de inundação para eventos hidrológicos (sem ruptura de barragens) no vale a jusante da barragem, correspondentes a Tempos de Retorno (TR) de 2, 10, 50, 100, e 10.000 anos.

B. Caracterização do Nível de Resposta 2 – **ALERTA**

O **Nível de Resposta 2 – Alerta** é um dos níveis que aciona este Plano de Ações de Emergência, ou seja, quando as **anomalias apresentam evolução rápida**, podendo **comprometer no curto prazo a segurança da barragem**. O primeiro contato de comunicação é realizado objetivando que sejam tomadas medidas para evitar perdas de vidas humanas e reduzir prejuízos materiais para cada escala de evento identificado.

De forma a aumentar a eficiência da comunicação com as autoridades de proteção e defesas civis, em situações de **ALERTA (Nível de Resposta 2 – ALERTA)** as autoridades são avisadas preventivamente. Em tal situação, espera-se que as ações a serem tomadas pelo empreendedor evitem a ruptura, mas a situação pode sair do controle.

Sinteticamente:

- a barragem apresenta uma **anomalia significativa que está sendo tratada**;
- julga-se que **há risco de ações** em andamento na barragem **não evitem a sua ruptura**;
- entende-se que a segurança do vale a jusante está sob **ameaçada controlada** e será necessário acionar os procedimentos de comunicação e notificação externos previstos no PAE para preparação dos órgãos para resposta a situação de emergência;
- Pode ser necessária evacuação interna e externamente;
- Avisar/alarmar a Zona de Autossalvamento.

C. Caracterização do Nível de Resposta 3 – **EMERGÊNCIA**

O **Nível de Resposta 3 – Emergência** é o nível que aciona este Plano de Ações de Emergência, ou seja, quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem representem risco de ruptura iminente, devendo ser tomadas medidas para prevenção e redução dos danos materiais e humanos decorrentes do colapso da barragem.

Sinteticamente:

- A barragem já rompeu, está rompendo ou quase rompendo;
- Julga-se que as ações em andamento na barragem não evitarão a sua ruptura;
- Entende-se que a segurança do vale à jusante está gravemente ameaçada e será necessário acionar os procedimentos de comunicação e notificação externos previstos no PAE para iminente ruptura;
- Evacuação necessária interna e externamente;

- Avisar/alarmar a Zona de Autossalvamento;

Acionar os procedimentos de comunicação e notificação previstos no PAE para ruptura em progresso e as ações de evacuação previstas nos planos de contingências das comunidades à jusante.

V. Procedimentos de notificação e alerta

A. Fluxograma de ações e notificação em situação de CHEIAS

O fluxograma de ações e notificação durante uma situação de **CHEIAS** possui um caráter de prevenção de impactos causados por eventos naturais. Os contatos que fazem parte do Plano de Chamadas – Apêndice devem contar com atualizações e verificações frequentes, e os dados que subsidiam a tomada de decisões operativas fazem parte da rotina de monitoramento das condições hidrológicas da bacia e das instruções operativas e documentos internos do empreendimento. O quadro da Figura 3 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de **CHEIAS**.

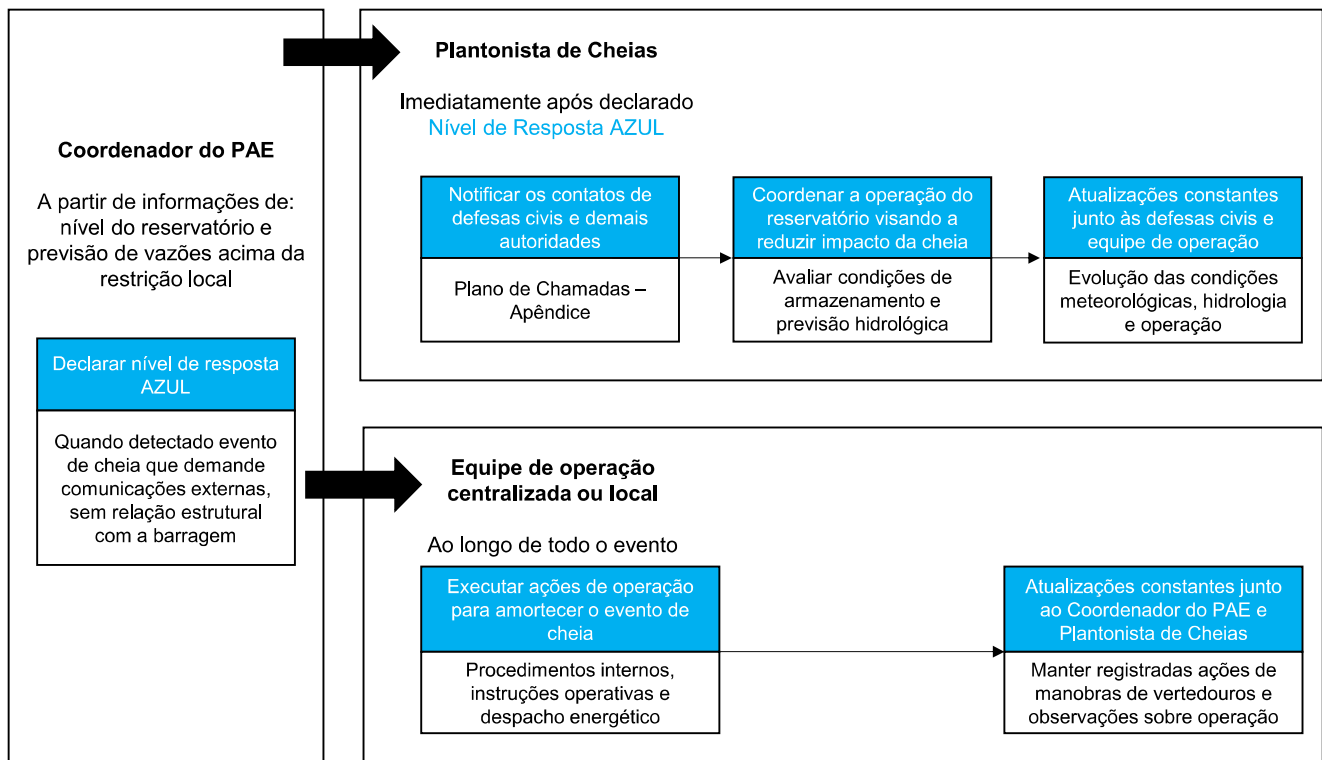


Figura 3 - Fluxograma em situação de CHEIAS

B. Fluxograma de ações e notificação em situação de ALERTA

O fluxograma de ações e notificação durante uma situação de **ALERTA** possui um caráter de prevenção de impactos causados por um possível insucesso nas ações em andamento para tratar de

anomalia estrutural da barragem. Os contatos que fazem parte do Plano de Chamadas – Apêndice devem contar com atualizações e verificações frequentes, e os dados que subsidiam a realização de ações para controle de anomalias e reduzir o nível de resposta, bem como de evacuações, fazem parte do PAEC, documento interno do empreendimento. O quadro da Figura 4 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **ALERTA**.

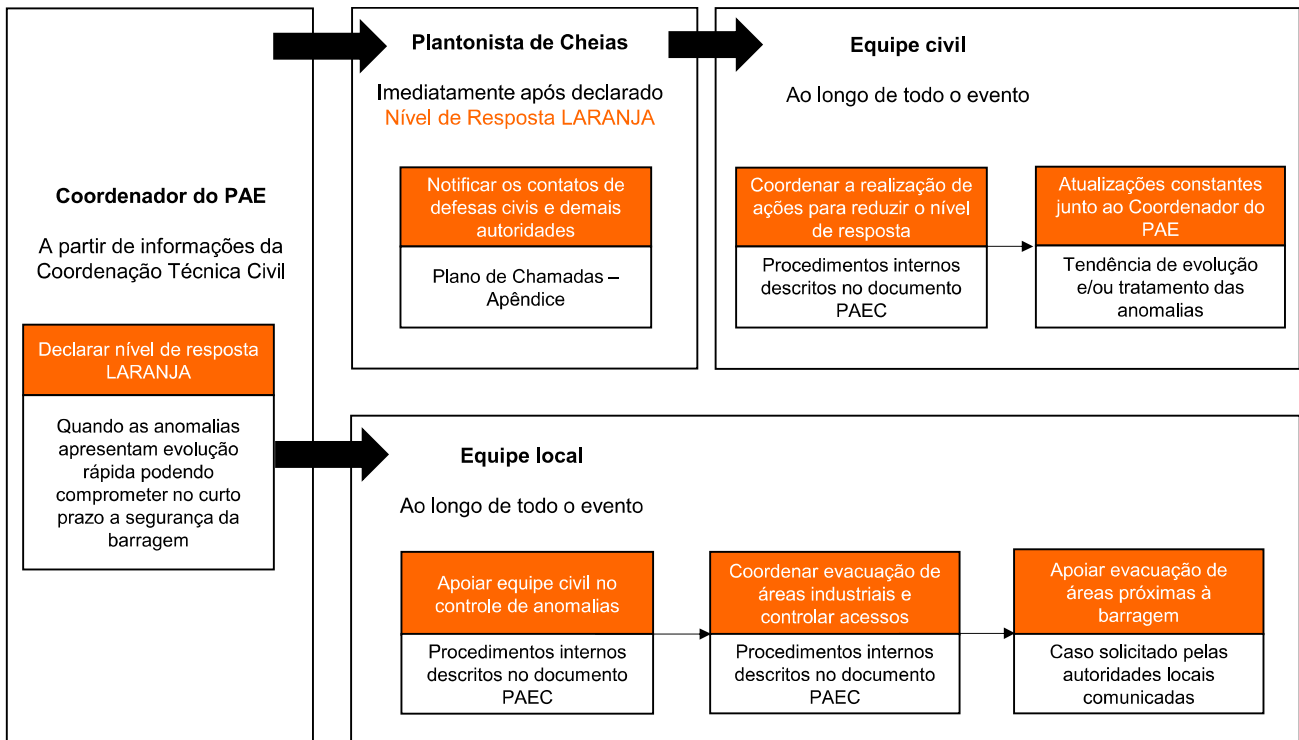


Figura 4 - Fluxograma em situação **ALERTA**

C. Fluxograma de ações e notificação em situação de **EMERGÊNCIA**

O fluxograma de ações e notificação durante uma situação de **EMERGÊNCIA** possui um caráter de mitigação de impactos causados pela ruptura da barragem, que, nesta altura, considera-se não ser mais possível evitar. Os contatos que fazem parte do Plano de Chamadas – Apêndice devem contar com atualizações e verificações frequentes, e os dados que subsidiam a realização de ações de salvamento e evacuações, bem como a tomada de decisões sobre um eventual esvaziamento do reservatório, fazem parte do PAEC, documento interno do empreendimento. O quadro da Figura 5 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **EMERGÊNCIA**.

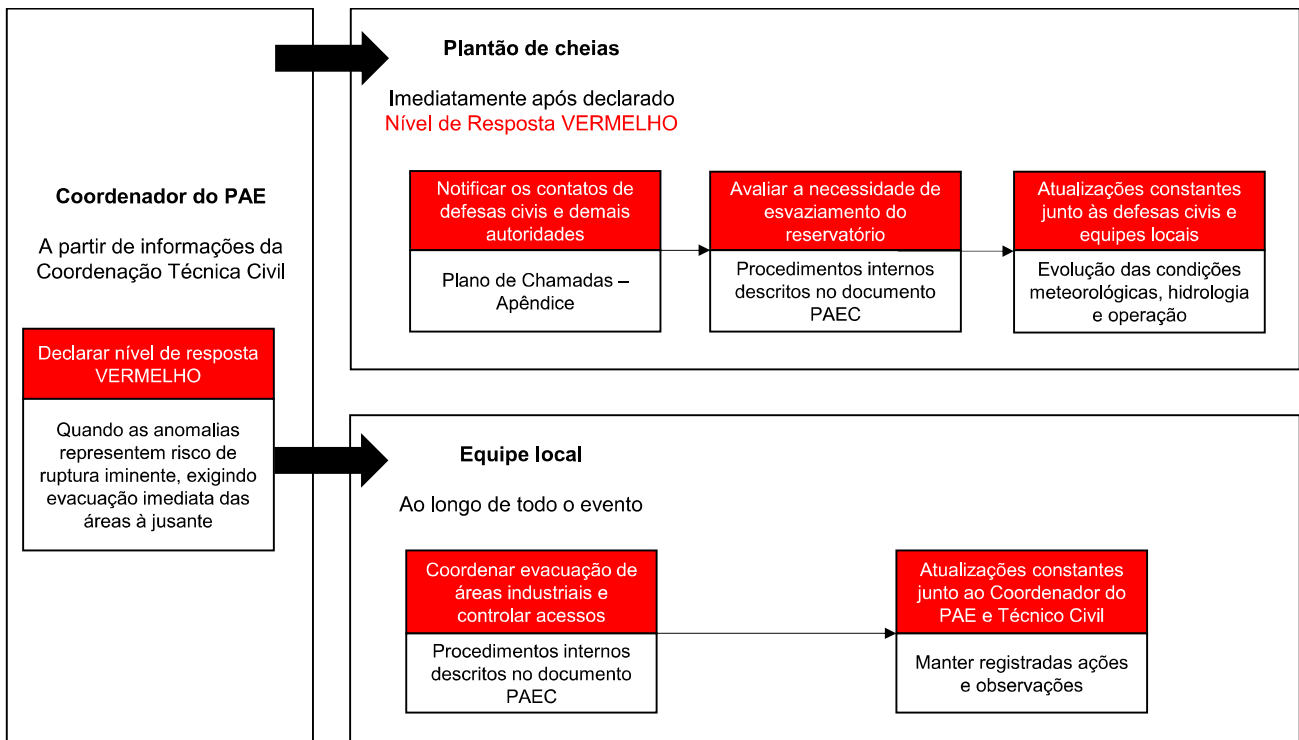


Figura 5 - Fluxograma em situação EMERGÊNCIA

VI. Procedimentos preventivos e corretivos em situações de alerta e emergência

A. Zona de Autossalvamento (ZAS)

Conforme a Resolução ANA Nº 236/2017, aplicável a barragens de acumulação de água, a Zona de Autossalvamento (ZAS) é definida como a região, imediatamente a jusante da barragem, em que se considera não haver tempo suficiente para uma adequada intervenção dos serviços e agentes de proteção civil em caso de acidente. Sua extensão é definida pela menor das seguintes distâncias: 10 km ou a distância percorrida pela onda de inundação em trinta minutos.

A distância percorrida pela frente de onda de ruptura da PCH Rio de Pedras no intervalo de 30 min corresponde ao trecho aproximado de 6,70 km a jusante da barragem. Tal condição é válida para o pior cenário identificado nas simulações. No decorrer desse trecho, são observados pequenos aglomerados populacionais, em especial a jusante da casa de força da usina. De modo a incluir um trecho maior na ZAS para ser alertado numa eventual situação de crise sem depender da atuação das autoridades competentes, a favor da segurança, optou-se por adotar a maior dessas distâncias, ou seja, uma extensão de 10 km para a ZAS da PCH Rio de Pedras. O restante da área de estudo compreende a Zona de Segurança Secundária (ZSS).

B. Monitoramento de vazões

Dado que o evento de ruptura está intimamente ligado a um evento hidrológico, produzido naturalmente ou por acidente, é primordial que o monitoramento das vazões no Rio das Velhas seja mantido constantemente. Dessa forma, além dos dados operativos da PCH Rio de Pedras, para a emissão de alertas para o vale serão monitorados os pontos de controle descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Pontos de controle

Bacias	Sub-bacias	Operador	Estações
4 – RIO SÃO FRANCISCO	41 – RIO DAS VELHAS	CEMIG	41140080 – PCH RIO DE PEDRAS BARRAMENTO
4 – RIO SÃO FRANCISCO	41 – RIO DAS VELHAS	CEMIG	41152000 – PCH RIO DE PEDRAS MONTANTE
4 – RIO SÃO FRANCISCO	41 – RIO DAS VELHAS	CEMIG	41153050 – PCH RIO DE PEDRAS RIO MARACUJÁ
4 – RIO SÃO FRANCISCO	41 – RIO DAS VELHAS	CEMIG	41180500 – PCH RIO DE PEDRAS RIO ITABIRITO
4 – RIO SÃO FRANCISCO	41 – RIO DAS VELHAS	CPRM	41195050 - RIO ACIMA
4 – RIO SÃO FRANCISCO	41 – RIO DAS VELHAS	CPRM	41200430 - RAPOSOS

Pelo portal Gestor PCD da Agência Nacional de Águas – ANA é possível verificar dados em tempo real de postos de monitoramento, no endereço: <http://gestorpcd.ana.gov.br/gerarGrafico.aspx>

Obs.: Será exibido um gráfico com os dados de nível e precipitação. Para visualização dos dados de vazão, selecionar a opção “Exibir Tabela”. A tabela com os dados será exibida abaixo do gráfico. Para visualização dos dados, selecionar os postos de interesse conforme listagem abaixo.

A Figura 6 mostra um exemplo de visualização de dados no portal da ANA.

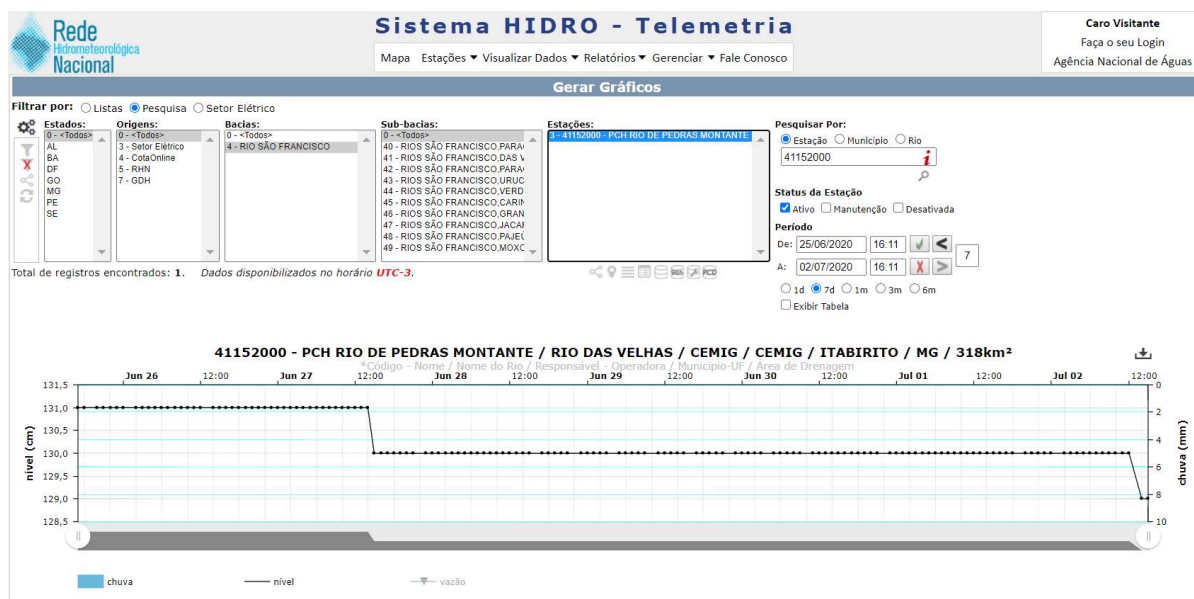


Figura 6 - Visualização do Gestor PCD de dados em tempo real

A Figura 7 apresenta a posição dos postos que permitem o monitoramento de vazões, antecipar eventos de cheias e acompanhar o avanço da onda de ruptura. É possível acessar a versão online do mapa via o endereço a seguir e em cada ponto, é possível acessar as telas do gestor PCD para dados de tempo real: http://bit.ly/RIODEPEDRAS_PAE

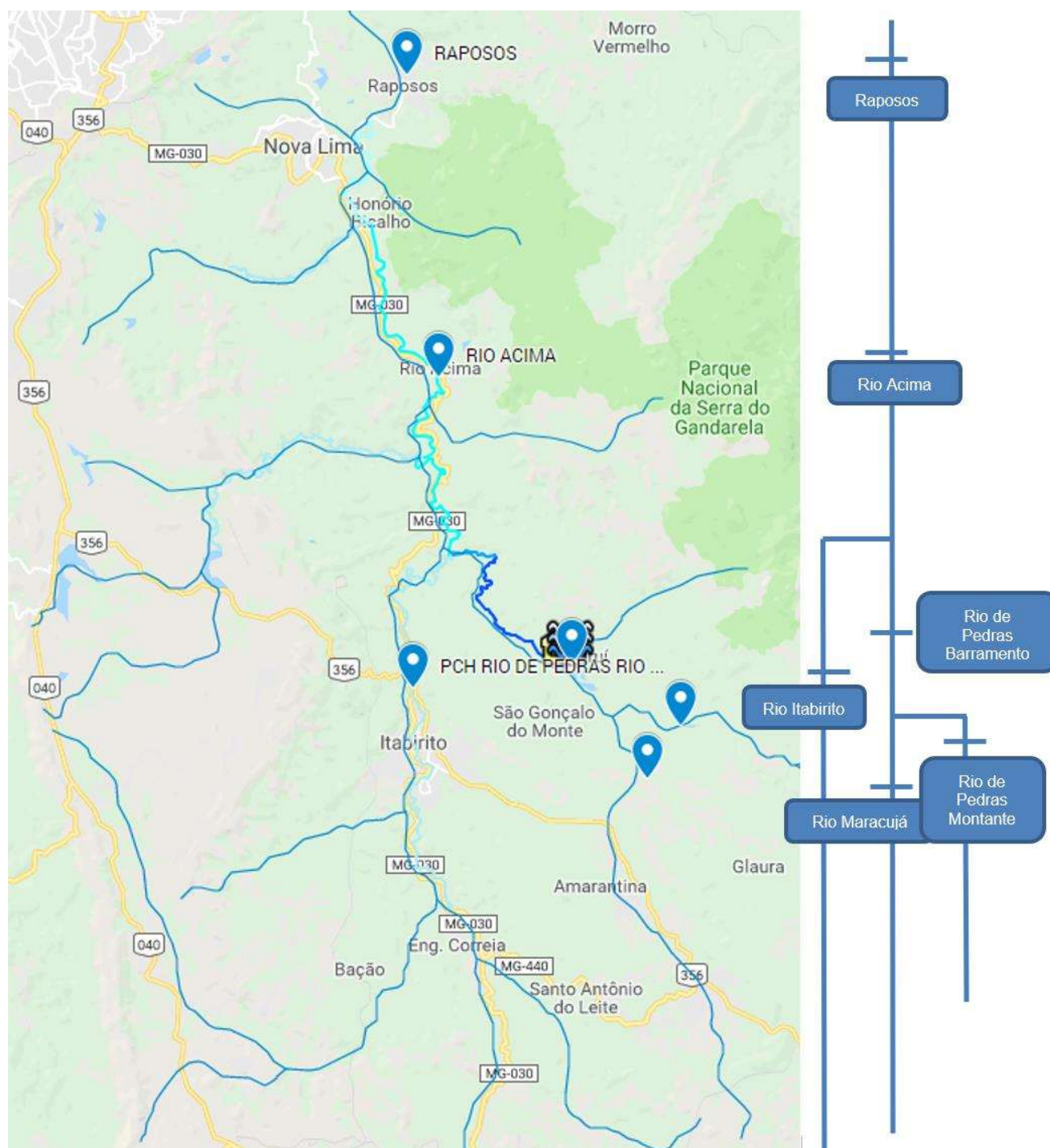


Figura 7 - Pontos de monitoramento hidrométrico

As distâncias e tempos entre a usina e os pontos notáveis seguem conforme abaixo:

- PCH Rio de Pedras – Foz do Itabirito: 12,1 km – 2h15
- PCH Rio de Pedras – Rio Acima: 27,9 km – 5h00
- PCH Rio de Pedras – Raposos: 50 km – 9h00
- PCH Rio de Pedras – Sabará: 64,2 km – 11h45.

C. Parâmetros para início da comunicação

O primeiro acionamento de comunicação será realizado assim que haja a possibilidade de ultrapassagem da vazão de restrição (Q_r):

$$Q_r = 90 \text{ m}^3/\text{s}$$

A vazão de restrição é a vazão defluente de Rio de Pedras que, combinada com a vazão do Rio Itabirito, é igual ou superior a 120 m³/s. Entretanto, na falta de informação da vazão do Rio Itabirito, a vazão de restrição a ser considerada deve ser a vazão afluente à Rio de Pedras e nesse caso a restrição passa a ser 90 m³/s. É importante ressaltar que devido à existência de outros rios (Rio do Peixe, da Prata, etc.) a jusante e a proximidade das comunidades junto às margens dos rios, vazões elevadas nestes outros rios por si só já causam danos às comunidades, mesmo com pequenas vazões em Rio de Pedras.

Os parâmetros abaixo deverão ser seguidos para estabelecimento do procedimento de comunicação:

- Situação 1 – Não haverá necessidade de comunicação se a afluência à Rio de Pedras for inferior a 90 m³/s, ou a vazão defluente de Rio de Pedras somada à do Rio Itabirito for menor do que 100 m³/s.
- Situação 2 – comunicação deve ser efetuada em caráter preventivo, acompanhada da previsão meteorológica, se: a afluência à Rio de Pedras for superior a 90 m³/s, ou a Vazão defluente de Rio de Pedras somada à do Rio Itabirito for maior do que 100 m³/s.
- Situação 3 – Comunicação obrigatória - A afluência à Rio de Pedras for maior que 120 m³/s ou a Vazão defluente de Rio de Pedras somada à vazão do Rio Itabirito for maior que 120 m³/s. A partir desse momento comunicar cidades a jusante a acréscimo de 30 m³/s (vazão no Itabirito e em de Rio de Pedras).
- Situação 4 – Vazão afluente superior a 200 m³/s, comunicação obrigatória.

Dado o monitoramento constante dos postos de montante, existe tempo hábil de a Defesa Civil local atuar para evacuação da área afetada. Assim, é primordial que os contatos telefônicos de notificação estejam sempre atualizados e disponíveis. A notificação direta da população seguirá conforme

indicado no Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil – PLANCON para alagamentos, enchentes e tempestades. Caso haja risco de rompimento do barramento da PCH Rio de Pedras, o fluxo de comunicação segue da mesma maneira, indicando a necessidade de evacuação de áreas maiores.

VII. Encerramento das operações

Uma vez que as condições indiquem que não existe mais uma emergência no local da barragem e que a Cemig GT declarou que a barragem está segura, o Coordenador do PAE deverá contatar a COMPDEC e/ou a CEDEC que irão acompanhar a evolução das inundações no vale e decretar o fim da emergência, e conseqüentemente o regime de monitoramento de cheia.

VIII. Apêndices

A. Ficha Técnica da Barragem

IDENTIFICAÇÃO		EMPRESA	
Nome da Usina	Rio de Pedras	Cemig Geração e Transmissão S.A	
Situação	Em operação	Concessionário	
LOCALIZAÇÃO		Estado	Minas Gerais
Município	Itabirito	Coordenadas da barragem	
Rio	Das Velhas	Margem direita	20°12'46"S
Sub-Bacia/Código	SF5-bacia rio das Velhas		43°43'54"W
Bacia	Federal São Francisco	Margem esquerda	20°12'49"S
			43°43'52"W
DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS		ÁREAS INUNDADAS	
Vazões características		No N.A. máximo normal	1,27
Vazão MLT (m³/s)	10,01	(km²)	
RESERVATÓRIO		VOLUMES	
N.A.s DE MONTANTE		Volume de amortecimento	
N.A. Máximo maximorum (m)	892,60	de cheias (m³)	1,80x10 ⁶ (Vol. máx – mínimo)
N.A. Máximo normal (m)	892,60	Útil (m³) no N.A. máximo normal	1,80x10 ⁶
Área de drenagem (km²)	564	Total (m³) no N.A. máximo normal	5,04x10 ⁶
N.A. DE JUSANTE		Total (m³) no N.A. máximo maximorum	5,04x10 ⁶
N.A. Máximo normal (m)	817,15		
BARRAGEM		VERTEDOURO	
CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS	
Forma/Tipo/Material	Concreto/ arcos múltiplos	Tipo	Superfície controlada
Altura da barragem (m)	38,6	Nº de vãos	5
Comprimento na crista (m)	100	Vazão de projeto (m³/s)	1.197
Cota da crista (m)	899,00	Tempo de recorrência (anos)	10.000

B. Mensagem de notificação Padrão

URGENTE

Esta é uma mensagem de (declaração / alteração) do Nível de Segurança, feita por _____, Coordenador do PAE Plano de Ação de Emergência – PAE da Barragem da PCH Rio de Pedras.

A partir das ___:___ h de ___/___/_____, foi ativado o Nível de Segurança _____ do Plano de Ação de Emergência – PAE da Barragem da PCH Rio de Pedras devido _____.

A causa da declaração é (descrição mínima da situação, identificação da condição anormal, possíveis danos, risco de ruptura potencial ou real, etc.).

Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente a _____, _____ e _____.

As circunstâncias ocorridas fazem com que devam se precaver e pôr em ação as recomendações e atividades delineadas em sua cópia do Plano de Ação de Emergência - PAE da Barragem PCH Rio de Pedras.

Nós os manteremos atualizados da situação em caso de mudança do Nível de Segurança, caso ela se resolva ou se torne pior. Nova Comunicação será emitida dentro de _____ horas ou de hora em hora, para sua atualização.

A PCH Rio de Pedras possui uma barragem de concreto com altura máxima de 45 metros. Seu volume total armazenado no nível máximo normal é de 6.330.000 m³. A ZAS da PCH Rio de Pedras tem uma extensão de 10 km a partir do eixo da barragem. Nesse trecho são observados pequenos aglomerados populacionais, e o centro urbano mais próximo, ao longo do rio das Velhas, é a sede do município de Rio Acima, localizada 28 km a jusante da barragem.

FIM DA MENSAGEM

C. Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética (Fractal, 2018)

Premissas:

Para o **Nível de Resposta 3 – Emergência**, foram simulados três cenários hidrológicos de ruptura, os quais são apresentados abaixo.

- **Cenário RDC 1** – Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da Barragem de Concreto em Condição de Carregamento Excepcional (CCE), durante evento de vazão decamilenar, com o reservatório na El. 893,40 [m-IBGE];
- **Cenário RDC 2** – Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da Barragem de Concreto em Condição de Carregamento Normal (CCN) ou Limite, vertendo a vazão de referência Q_{MLT} (Sunny Day) e reservatório na El. 893,14 [m-IBGE];
- **Cenário RDC 3** – Rompimento por galgamento ou colapso estrutural da Barragem de Concreto e Condição de Carregamento Normal (CCN), vertendo a vazão de restrição e reservatório na El. 893,14 [m-IBGE].

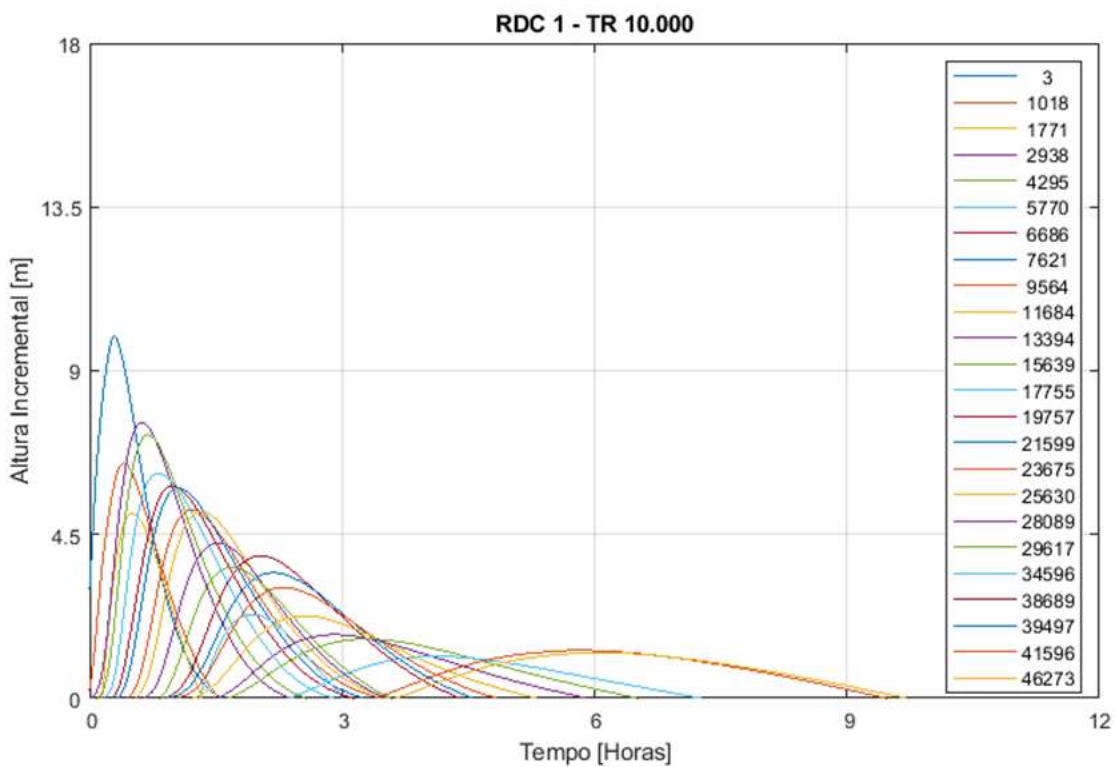
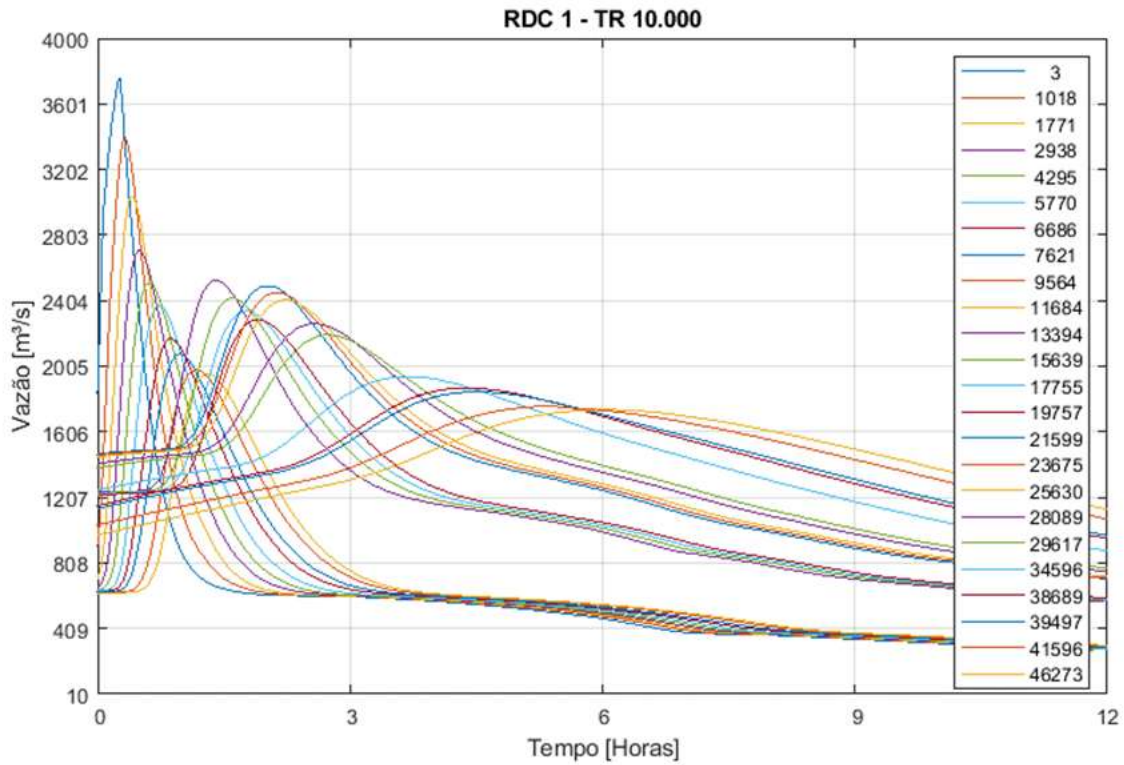
Resultados:

- Modo RDC 1: Rompimento por galgamento ou colapso da barragem, com vazão decamilenar (656 m³/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da PCH Rio de Pedras para o modo RDC 1 (Decamilenar), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse. Neste caso, a ruptura inicia durante o carregamento gerado pela sobrelevação máxima no barramento durante o evento de cheia decamilenar (reservatório com N.A. El. 893,40 [m-IBGE]).

O tempo inundado, pelo incremento da onda de ruptura, é quantificado a partir da permanência temporal da onda de cheia superior à 0,61 m da superfície d'água referente ao evento hidrológico em estudo. O tempo de inundação é conceituado como o tempo que a onda de inundação leva para subir desde um nível de referência e descer até este mesmo nível. Considera-se como nível de referência aquele que fica 0,61 m acima do nível natural do rio correspondente à vazão em análise. Tal critério é uma forma de avaliar o tempo de submersão do vale a jusante durante a passagem da onda de cheia, contabilizando, apenas, o efeito incremental provocado pela ruptura hipotética da barragem.

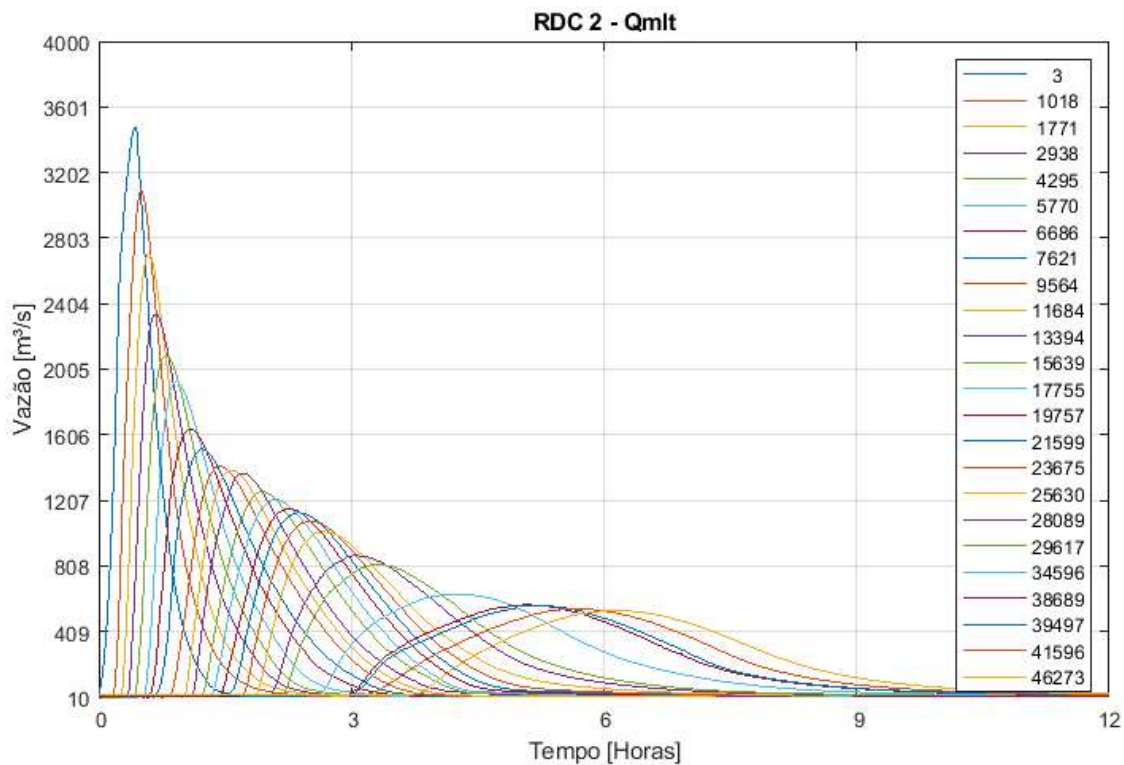
A altura incremental da onda de cheia chega a 10 m nas seções mais próximas ao barramento. Para o trecho localizado a até 12 km da barragem são observadas sobre-elevações de cerca de 5 m. Na última seção do modelo é esperada uma sobre-elevação de 1,30 m em relação à cheia decamilenar, caracterizando um abatimento de cerca de 90% da energia liberada.

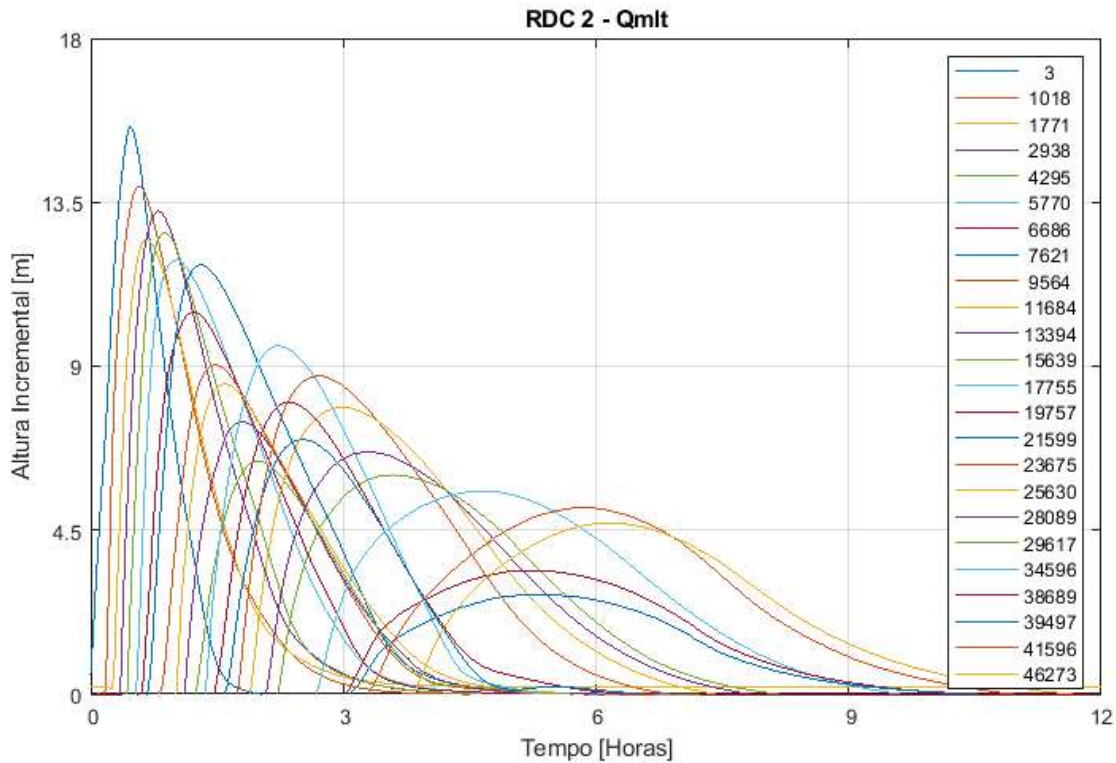


- Modo RDC 2: Rompimento por galgamento ou colapso da barragem em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (10 m³/s)

A figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da PCH Rio de Pedras para o modo RDC 2 (*Sunny Day*, reservatório com N.A. El. 893,14 [m-IBGE]), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura da onda de ruptura para cada seção de interesse. Neste caso, a ruptura inicia durante o carregamento gerado pela sobrelevação máxima no barramento durante para evento hidrológico normal, com vazão média de longo termo.

A altura da onda de cheia chega a 15,60 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 70% da energia liberada. Na última seção de controle a altura incremental é de 4,70 m.

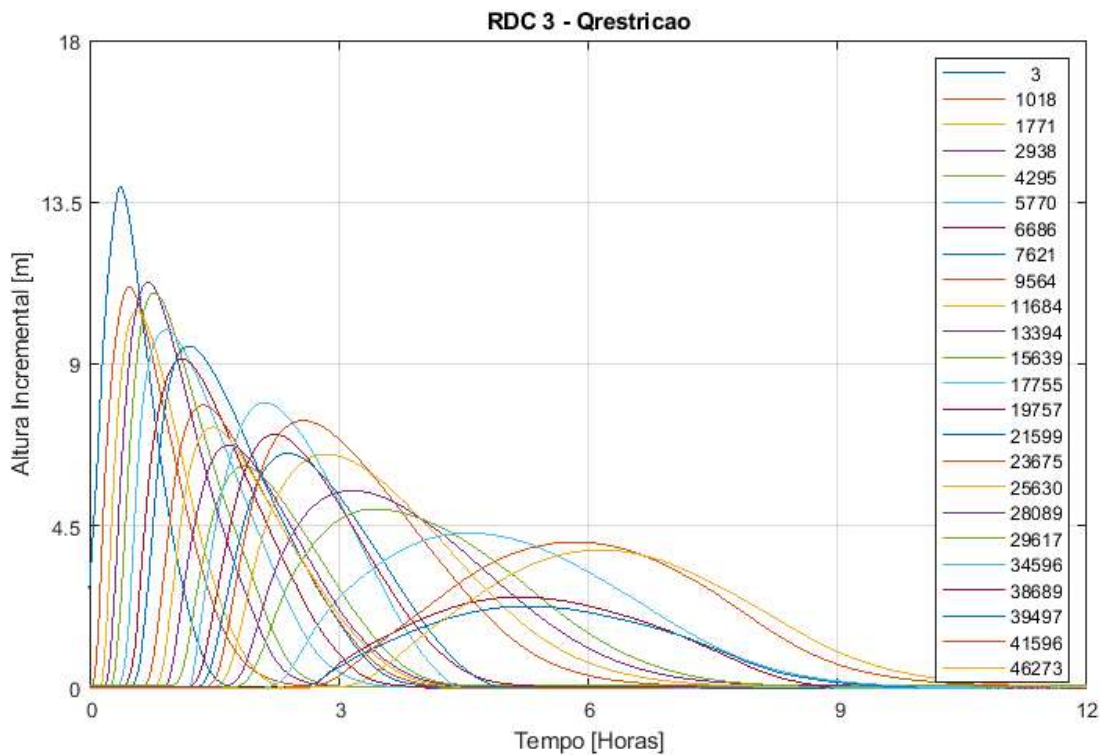
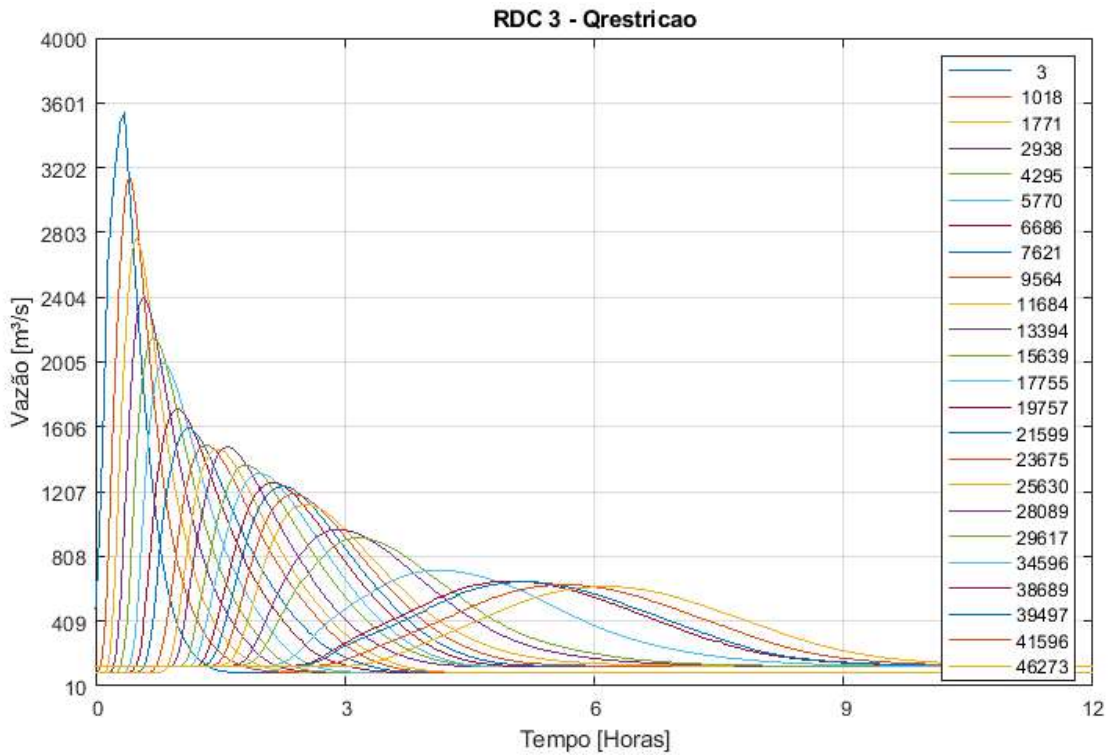




- Modo RDC 3: Rompimento por galgamento ou colapso da barragem, vertendo a vazão de restrição (90 m³/s)

A figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da PCH Rio de Pedras para o modo RDC 3 (Vazão de restrição, reservatório com N.A. El. 893,14 [m-IBGE]), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse.

A altura incremental da onda de cheia chega a cerca de 14 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 75% da energia liberada. Na última seção analisada a altura incremental é de 3,80 m.



D. Quantificação de atingidos e pontos de inundação

As tabelas abaixo expõem o número de benfeitorias potencialmente afetadas pelos cenários de ruptura hipotética, e também classificam os atingidos de acordo com o setor censitário ao qual pertencem.

Cenário de Ruptura	Número Aprox. de atingidos (Economias)		
	Dentro da ZAS	Fora da ZAS	Total
RDC 1	17	909	926
RDC 2	17	454	471
RDC 3	17	498	515

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Economias)					
	RDC 1		RDC 2		RDC 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
313190110000001	1	0	1	0	1	0
313190120000003	14	0	14	0	14	0
313190110000002	2	0	2	0	2	0
313190105000051	0	2	0	2	0	2
315480405000014	0	79	0	33	0	41
315480405000012	0	13	0	5	0	6
315480405000017	0	4	0	0	0	0
315480405000001	0	115	0	67	0	72
315480405000002	0	52	0	24	0	28
315480405000003	0	87	0	55	0	61
315480405000007	0	2	0	0	0	0
315480405000005	0	109	0	70	0	72
315480405000006	0	5	0	3	0	3
315480405000009	0	1	0	0	0	0
315480405000008	0	27	0	16	0	17
315480405000004	0	4	0	2	0	2
315480405000011	0	7	0	4	0	4
314480505000095	0	5	0	1	0	1
314480505000073	0	44	0	25	0	29
314480505000072	0	85	0	30	0	30
314480505000092	0	10	0	0	0	0
314480505000071	0	80	0	60	0	68
314480505000110	0	36	0	1	0	2
314480505000118	0	14	0	0	0	0
314480505000111	0	17	0	22	0	23
314480505000070	0	99	0	32	0	34
314480505000063	0	1	0	0	0	0
314480505000045	0	11	0	2	0	3
Total	17	909	17	454	17	498

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Habitantes)					
	RDC 1		RDC 2		RDC 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
313190110000001	3	0	3	0	3	0
313190120000003	40	0	40	0	40	0
313190110000002	7	0	7	0	7	0
313190105000051	0	7	0	7	0	7
315480405000014	0	256	0	107	0	133
315480405000012	0	43	0	17	0	20
315480405000017	0	16	0	0	0	0
315480405000001	0	399	0	233	0	250
315480405000002	0	180	0	83	0	97
315480405000003	0	307	0	194	0	215
315480405000007	0	8	0	0	0	0
315480405000005	0	380	0	244	0	251
315480405000006	0	15	0	9	0	9
315480405000009	0	4	0	0	0	0
315480405000008	0	93	0	55	0	59
315480405000004	0	15	0	8	0	8
315480405000011	0	19	0	11	0	11
314480505000095	0	16	0	4	0	4
314480505000073	0	141	0	80	0	93
314480505000072	0	282	0	100	0	100
314480505000092	0	33	0	0	0	0
314480505000071	0	276	0	207	0	235
314480505000110	0	125	0	4	0	7
314480505000118	0	45	0	0	0	0
314480505000111	0	60	0	78	0	81
314480505000070	0	325	0	105	0	112
314480505000063	0	4	0	0	0	0
314480505000045	0	34	0	7	0	10
Total	50	3083	50	1553	50	1702

Tempos de recorrência	Número Aprox. de atingidos (Economias)		
	Dentro da ZAS	Fora da ZAS	Total
TR 10.000 anos	10	756	766
TR 100 anos	6	511	517
TR 50 anos	6	448	454
TR 10 anos	6	205	211
TR 2 anos	5	30	35

Essas informações deverão subsidiar a confecção do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil dos municípios potencialmente atingidos, cuja responsabilidade compete à Defesa Civil, conforme Lei nº 12.608/2012.

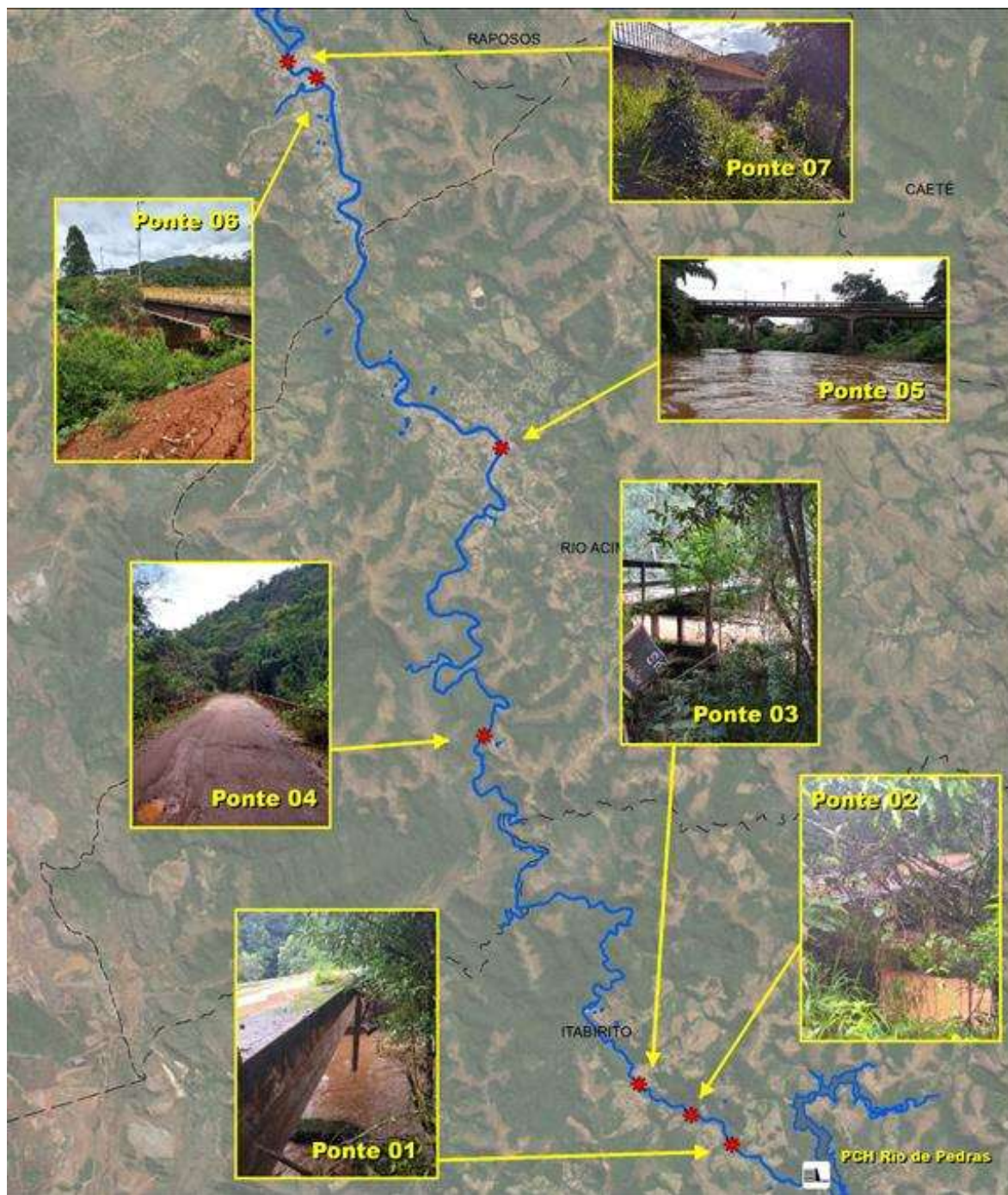
Algumas restrições de acesso em momentos de crise podem ser descritas. Dentre elas, o acesso às localidades da área de inundação mediante as rodovias e estradas sujeitas à inundação, bem como a interdição das pontes pertencentes a elas. Nesse contexto, nas cartas de inundação estão indicadas as estradas e pontes atingidas pela onda induzida pela ruptura hipotética da barragem. Elas deverão ser mapeadas pelos órgãos de Defesa Civil, para que o isolamento e interdição das vias sejam adequadamente planejado e executado para momentos de crise. As pontes presentes ao longo do trecho estudado estão resumidas na tabela abaixo.

Com base nestas informações, avaliou-se, para cada cenário simulado, a possibilidade de galgamento das pontes, bem como o atendimento à recomendação de 1 m de borda livre abaixo da estrutura. Recomendações de projeto de pontes e bueiros de DNIT (2005) indicam 1 m de borda livre para períodos de retorno de 50 anos ou 100 anos, conforme critério de projeto. Para o cenário milenar, tal condição não se aplica, uma vez que o evento hidrológico natural já é superior às recomendações aplicáveis. Sendo assim, os valores representados em vermelhos indicam a ocorrência de galgamento da estrutura ou o não atendimento da recomendação de DNIT (2005).

As pontes presentes ao longo do trecho estudado estão resumidas abaixo, e, em seguida, é apresentada a espacialização dessas estruturas.

Estrutura	Elevação do tabuleiro [m-IBGE]		Elevação máxima do nível de água [m-IBGE]		
	Superior	Inferior	RDC 1	RDC 2	RDC 3
Ponte 01	809,09	807,29	818,7	817,6	817,7
Ponte 02	806,69	806,39	815,9	814,4	814,6
Ponte 03	803,05	802,45	811,9	810,4	810,6
Ponte 04	753,11	751,61	757,1	752,0	752,6
Ponte 05	739,24	737,74	742,1	737,6	738,0
Ponte 06	732,13	730,63	731,8	727,1	727,4
Ponte 07	728,81	727,61	731,0	726,4	726,7

Em vermelho estão situações de risco ou inconformidade. A Ponte 03 não foi inserida na simulação, uma vez que causou instabilidades numéricas para todos os cenários avaliados.



E. Tempos de chegada e pico de onda para cenários de ruptura

A seguir são apresentados os resultados tabelados dos hidrogramas de propagação das ondas de ruptura provenientes cenários estudados.

- Resultados RDC 1:

SC	d*[m]	Z _p *	Z _{ref} *	Z _{Qmlt} *	H [m]*	H _{incr} [m]*	Q _p [m ³ /s]*	T _p *	T _{inun} *	T _{ch} *	V [km/h]*
46473	3	829,6	819,7	813,3	16,3	9,96	3,759,7	0H18M	1H23M	NDA**	-
45457	1018	821,8	815,3	807,0	14,8	6,46	3,397,2	0H24M	1H20M	0H2M	10,15
44704	1771	818,7	813,62	805,1	13,6	5,08	3,036,1	0H30M	1H4M	0H11M	8,84
43537	2938	815,9	808,29	801,2	14,7	7,58	2,709,2	0H37M	1H51M	0H9M	9,27
42180	4295	811,9	804,65	797,7	14,2	7,24	2,512,6	0H42M	1H56M	0H13M	10,73
40705	5770	806,0	799,8	792,5	13,5	6,18	2,377,3	0H49M	2H7M	0H18M	11,16
39789	6686	803,8	797,9	791,4	12,4	5,83	2,176,2	0H59M	2H13M	0H24M	9,78
38855	7621	801,4	795,6	787,7	13,7	5,76	2,078,9	1H4M	2H16M	0H28M	9,94
36911	9564	794,7	789,5	783,8	10,9	5,18	1,981,3	1H13M	2H17M	0H36M	10,43
34791	11684	782,0	776,85	771,4	10,6	5,12	1,955,8	1H20M	2H18M	0H42M	11,30
33081	13394	768,6	764,4	757,0	11,6	4,27	2,526,3	1H31M	2H13M	0H51M	11,01
30836	15639	763,42	759,8	753,2	10,2	3,59	2,419,2	1H42M	2H9M	1H0M	11,17
28720	17755	757,1	754,8	742,4	14,7	2,31	2,339,8	1H56M	1H24M	1H24M	10,87
26718	19757	754,0	750,1	741,0	13,1	3,91	2,286,9	2H2M	2H42M	1H11M	11,40
24876	21599	750,9	747,5	738,2	12,7	3,45	2,492,9	2H11M	2H44M	1H17M	11,47
22800	23675	747,9	744,9	733,5	14,4	3,05	2,453,1	2H17M	2H47M	1H23M	11,94
20846	25630	745,1	742,8	732,2	12,9	2,26	2,408,3	2H34M	2H50M	1H36M	11,31
18386	28089	742,1	740,4	730,9	11,2	1,75	2,264,1	2H54M	2H57M	1H54M	10,80
16858	29617	740,5	738,9	729,9	10,7	1,61	2,195,3	3H17M	3H19M	2H21M	9,50
11879	34596	735,7	734,5	725,4	10,3	1,26	1,942,1	4H7M	3H20M	3H9M	8,54
7786	38689	731,8	730,7	723,7	8,1	1,15	1,872,5	5H8M	3H6M	3H44M	8,32
6978	39497	731,0	730,0	723,6	7,4	1,03	1,848,9	5H29M	2H53M	3H49M	8,40
4879	41596	728,7	727,4	717,7	11,0	1,36	1,762,1	5H48M	4H1M	4H27M	7,09
202	46273	721,6	720,3	711,3	10,3	1,29	1,740,2	6H3M	3H55M	4H43M	7,61

*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z_p é a cota de pico [m-IBGE]; Z_{ref} é a cota de pico para o evento natural decamilenar [m-IBGE]; Z_{Qmlt} é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q_{MLT} [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q_{MLT} [m]; H_{incr} é a altura incremental do pico em relação ao evento decamilenar [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H_{incr} > 1,00) [DD:HH:MM]; T_{ch} é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle [DD:HH:MM], V é a velocidade média do pico da onda entre a seção do barramento e a seção de controle [km/h], **NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

• Resultados RDC 2:

SC	d*[m]	Z _p *	Z _{Qmlt} *	H [m]*	Q _p [m³/s]*	T _p *	T _{inun} *	T _{ch} *	V [km/h]*
46473	3	828,9	813,3	15,6	3476,6	0H28M	1H32M	0H11M	-
45457	1018	821,0	807,0	13,9	3094,4	0H34M	2H29M	0H11M	10,2
44704	1771	817,6	805,1	12,5	2711,0	0H40M	2H33M	0H17M	8,8
43537	2938	814,4	801,2	13,3	2342,0	0H48M	2H36M	0H22M	8,8
42180	4295	810,4	797,7	12,7	2089,0	0H53M	2H29M	0H27M	10,3
40705	5770	804,4	792,5	11,9	1933,5	1H1M	2H49M	0H34M	10,5
39789	6686	801,9	791,4	10,5	1639,1	1H13M	2H44M	0H38M	8,9
38855	7621	799,5	787,7	11,8	1518,5	1H18M	3H11M	0H43M	9,1
36911	9564	792,8	783,8	9,0	1412,9	1H28M	2H56M	0H53M	9,6
34791	11684	779,9	771,4	8,5	1389,0	1H36M	3H5M	1H2M	10,3
33081	13394	764,5	757,0	7,5	1372,1	1H47M	2H50M	1H9M	10,2
30836	15639	759,6	753,2	6,4	1260,0	1H59M	2H34M	1H18M	10,3
28720	17755	752,0	742,4	9,6	1210,9	2H14M	3H3M	1H23M	10,0
26718	19757	749,0	741,0	8,0	1156,1	2H21M	3H20M	1H31M	10,5
24876	21599	745,2	738,2	7,0	1131,0	2H31M	2H54M	1H40M	10,5
22800	23675	742,2	733,5	8,7	1079,9	2H42M	4H9M	1H47M	10,6
20846	25630	740,1	732,2	7,9	1016,4	3H0M	4H34M	1H56M	10,1
18386	28089	737,6	730,9	6,6	872,8	3H17M	4H41M	2H8M	10,0
16858	29617	735,9	729,9	6,0	817,4	3H35M	4H45M	2H16M	9,5
11879	34596	731,0	725,4	5,6	636,7	4H39M	5H43M	2H45M	8,3
7786	38689	727,1	723,7	3,4	571,0	5H14M	5H15M	3H11M	8,1
6978	39497	726,4	723,6	2,7	565,8	5H19M	4H56M	3H17M	8,1
4879	41596	722,8	717,7	5,1	546,6	5H51M	6H8M	3H26M	7,7
202	46273	716,0	711,3	4,7	535,8	6H10M	6H3M	3H57M	8,1

*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z_p é a cota de pico [m-IBGE]; Z_{Qmlt} é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q_{MLT} [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q_{MLT} [m]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [DD:HH:MM]; T_{ch} é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle [DD:HH:MM], V é a velocidade média do pico da onda entre a seção do barramento e a seção de controle [km/h], **NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

• Resultados RDC 3:

SC	d*[m]	Zp*	Zref*	ZQmlt*	H [m]*	Hincr [m]*	Qp [m³/s]*	Tp*	Tinun*	Tch*	V [km/h]*
46473	3	829,0	815,1	813,3	15,7	13,9	3537,4	0H22M	1H28M	NDA**	0,0
45457	1018	821,1	810,0	807,0	14,1	11,1	3140,2	0H29M	1H50M	0H5M	8,7
44704	1771	817,7	807,3	805,1	12,6	10,5	2764,0	0H34M	1H47M	0H11M	8,8
43537	2938	814,6	803,4	801,2	13,5	11,3	2398,1	0H42M	2H3M	0H15M	8,8
42180	4295	810,6	799,6	797,7	12,9	11,0	2153,3	0H47M	2H8M	0H19M	10,3
40705	5770	804,7	794,7	792,5	12,2	9,9	1995,7	0H55M	2H28M	0H26M	10,5
39789	6686	802,2	793,0	791,4	10,8	9,1	1713,5	1H7M	2H38M	0H31M	8,9
38855	7621	799,8	790,3	787,7	12,1	9,5	1597,0	1H12M	2H49M	0H36M	9,1
36911	9564	793,1	785,3	783,8	9,3	7,9	1493,1	1H22M	2H44M	0H46M	9,6
34791	11684	780,2	772,9	771,4	8,8	7,2	1468,5	1H29M	2H43M	0H54M	10,5
33081	13394	764,9	758,2	757,0	7,9	6,7	1482,1	1H40M	2H40M	1H0M	10,3
30836	15639	760,0	753,9	753,2	6,8	6,2	1368,5	1H52M	2H39M	1H8M	10,4
28720	17755	752,6	744,6	742,4	10,1	7,9	1317,9	2H7M	2H52M	1H16M	10,1
26718	19757	749,5	742,5	741,0	8,5	7,0	1263,8	2H14M	3H4M	1H22M	10,6
24876	21599	745,8	739,3	738,2	7,5	6,5	1238,6	2H23M	3H1M	1H28M	10,7
22800	23675	742,8	735,4	733,5	9,3	7,4	1191,4	2H35M	4H4M	1H35M	10,7
20846	25630	740,6	734,1	732,2	8,4	6,5	1125,7	2H51M	4H25M	1H42M	10,3
18386	28089	738,0	732,5	730,9	7,1	5,5	973,7	3H9M	4H39M	1H52M	10,1
16858	29617	736,3	731,3	729,9	6,4	5,0	922,7	3H28M	4H49M	2H0M	9,6
11879	34596	731,4	727,1	725,4	6,0	4,3	721,8	4H34M	5H40M	2H27M	8,2
7786	38689	727,4	724,9	723,7	3,7	2,5	656,3	5H11M	4H57M	2H59M	8,0
6978	39497	726,7	724,4	723,6	3,0	2,3	651,1	5H16M	5H2M	3H2M	8,1
4879	41596	723,3	719,3	717,7	5,6	4,0	632,8	5H51M	5H54M	3H10M	7,6
202	46273	716,5	712,7	711,3	5,2	3,8	622,0	6H9M	5H55M	3H34M	8,0

*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Zp é a cota de pico [m-IBGE]; Zref é a cota de pico para o evento natural de vazão de restrição [m-IBGE]; ZQmlt é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q_{MLT} [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q_{MLT} [m]; Hincr é a altura incremental do pico em relação à vazão de restrição [m]; Qp é a vazão de pico [m³/s]; Tp é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; Tinun é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [HH:MM]; Tch é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle, V é a velocidade média do pico da onda entre a seção do barramento e a seção de controle [km/hr], **NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

- Resultados Cheias Naturais:

• SC	d*[m]	Cota [m-IBGE]						
		TR 2	TR 10	TR 50	TR 100	TR 10.000	Qmlt	Qrestrição
46473	3	815,8	816,6	817,3	817,7	819,7	813,3	815,1
45457	1018	810,2	811,6	812,8	813,1	815,3	807,0	810,0
44704	1771	807,6	809,6	811,0	811,2	813,6	805,1	807,3
43537	2938	803,6	804,9	805,9	806,3	808,3	801,2	803,4
42180	4295	799,9	801,2	802,2	802,6	804,6	797,7	799,6
40705	5770	795,0	796,3	797,4	797,7	799,8	792,5	794,7
39789	6686	793,2	794,5	795,5	795,9	797,9	791,4	793,0
38855	7621	790,5	792,0	793,1	793,5	795,6	787,7	790,3
36911	9564	785,4	786,5	787,4	787,7	789,5	783,8	785,3
34791	11684	773,1	774,0	774,8	775,1	776,9	771,4	772,9
33081	13394	758,7	760,1	761,2	761,7	764,4	757,0	758,2
30836	15639	754,3	755,5	756,7	757,1	759,8	753,2	753,9
28720	17755	745,6	747,9	749,7	750,4	754,8	742,4	744,6
26718	19757	743,2	744,8	746,2	746,8	750,1	741,0	742,5
24876	21599	740,0	741,8	743,4	744,0	747,5	738,2	739,3
22800	23675	736,8	739,1	740,9	741,5	744,9	733,5	735,4
20846	25630	735,5	737,6	739,3	739,8	742,8	732,2	734,1
18386	28089	733,7	735,6	737,1	737,6	740,4	730,9	732,5
16858	29617	732,5	734,4	735,8	736,3	738,9	729,9	731,3
11879	34596	728,4	730,3	731,6	732,0	734,5	725,4	727,1
7786	38689	725,8	727,3	728,1	728,5	730,7	723,7	724,9
6978	39497	725,1	726,5	727,4	727,8	730,0	723,6	724,4
4879	41596	720,4	722,3	723,7	724,3	727,4	717,7	719,3
202	46273	713,8	715,5	716,9	717,5	720,3	711,3	712,7

*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m];

F. Lista de mapas temáticos e manchas de inundação

Na lista de cartas apresentada nas tabelas abaixo pode-se visualizar os mapas de inundação para cada simulação realizada, com a delimitação do alcance máximo da onda induzida pela ruptura da barragem e pela passagem das cheias naturais no vale a jusante. Os mapas anexos apresentam as situações específicas para o Nível de Resposta 3 – **Emergência**, onde a ruptura já ocorreu ou está prestes a ocorrer, assim como cenários de cheias naturais para o Nível de Resposta – **Cheias**.

As cartas de inundação sumarizam informações estratégicas do estudo de ruptura hipotética da barragem, auxiliando a realização das ações a serem tomadas em momentos de crise. Sendo assim, são apresentados os resultados hidráulicos de:

- Cota de pico m;
- Cota TR 100 anos e TR 1.000 m;
- Cota Q_{MLT} m;
- Altura [m];
- Altura Incremental [m];
- Vazão de pico durante a passagem da onda [m^3/s];
- Tempo de chegada do pico da onda [00H00M];
- Tempo inundado [00H00M];
- Tempo de chegada do início da onda [00H00M]; e,
- Velocidade média da onda [km/h].

Cenário	Número dos Mapas	Zona de Autossalvamento
RDC 1 - Rompimento por galgamento ou colapso da barragem com vazão decamilenar (656 m^3/s)	395-RPD-DES-APMR-01-REV_A	395-RPD-DES-ZAS-01-REV_A
RDC 2 - Rompimento por galgamento ou colapso da barragem em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (10 m^3/s)	395-RPD-DES-APMR-02-REV_A	395-RPD-DES-ZAS-02-REV_A
RDC 3 - Rompimento por galgamento ou colapso da barragem, vertendo a vazão de restrição (90 m^3/s)	395-RPD-DES-APMR-03-REV_A	395-RPD-DES-ZAS-03-REV_A

É representado em carta de inundação, também, o perigo hidrodinâmico do cenário mais crítico. Este é o produto direto entre a velocidade e a profundidade do escoamento, sendo uma variável importante de tomada de decisão, a qual ilustra especialmente a capacidade destrutiva de uma onda induzida pela ruptura hipotética da barragem.

Nessa linha, a tabela abaixo apresenta as prováveis consequências esperadas da onda de ruptura baseada na variável “perigo hidrodinâmico” ou “inundação dinâmica”, empregados na graduação dessa variável nas cartas de inundação.

Parâmetro HxV [m ² /s]	Consequências esperadas
<0,50	Crianças e deficientes são arrastados
0,50 – 1,00	Adultos são arrastados
1,00 – 3,00	Danos de submersão em edifícios e estruturais em casas
3,00 – 7,00	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
>7,00	Colapso de certos edifícios

Fonte: Adaptado de Synaven et al. (2000).

Cenário – Perigo Hidrodinâmico	Número do Mapa
RDC 1 - Rompimento por galgamento ou colapso da barragem com vazão decamilenar (656 m³/s)	395-RPD-DES-PER-01-REV_A
RDC 2 - Rompimento por galgamento ou colapso da barragem em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (10 m³/s)	395-RPD-DES-PER-02-REV_A
RDC 3 - Rompimento por galgamento ou colapso da barragem, vertendo a vazão de restrição (90 m³/s)	395-RPD-DES-PER-03-REV_A

Por fim, são apresentadas as cartas de inundação do cenário sem ruptura, para as vazões com TR 2, 10, 50, 100 e 10.000 anos. Desta forma é possível analisar quais as regiões que estão, naturalmente, expostas a riscos hidrológicos no vale a jusante da barragem.

Tempo de Recorrência	Número do Mapa
TR 2 anos (104 m³/s)	395-RPD-DES-TR-01-REV_A
TR 10 anos (209 m³/s)	395-RPD-DES-TR-02-REV_A
TR 50 anos (313 m³/s)	395-RPD-DES-TR-03-REV_A
TR 100 anos (358 m³/s)	395-RPD-DES-TR-04-REV_A
TR 10.000 anos (656 m³/s)	395-RPD-DES-TR-05-REV_A

IX. Apêndices Externos

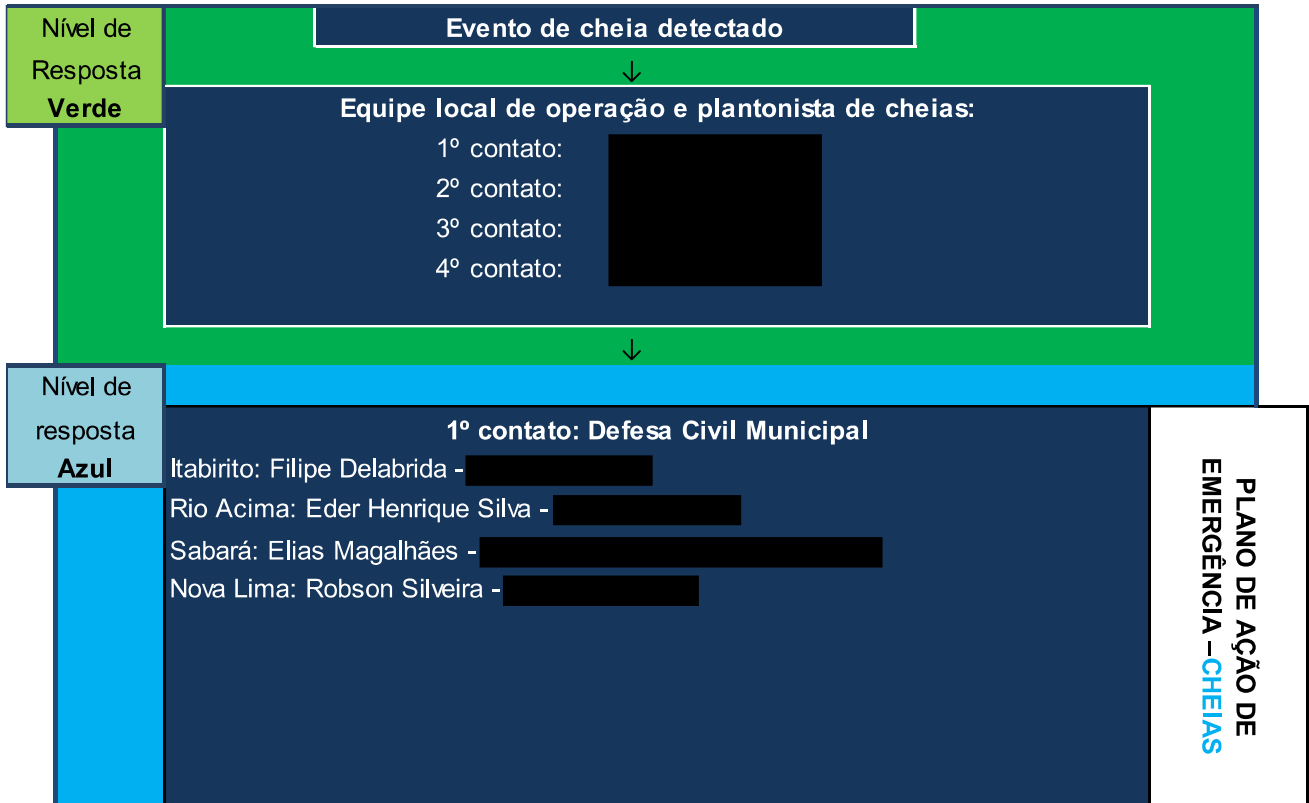
G. Controle de distribuição digital deste PAE¹

Nome do Responsável	Função/Entidade
Ivan Sérgio Carneiro	Coordenador do PAE – Cemig GT
Diego Antônio F. Balbi	Coordenador Técnico Civil – Cemig GT
William Serrano Amorim	Chefe da Equipe Local – Cemig GT
Filipe Delabrida de Souza	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Itabirito
Eder Henrique Silva	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Rio Acima
Antônio Acres Diniz	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Raposos
Robson Silveira	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Nova Lima
Elias Magalhães	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Sabará

¹ Apêndice revisado em 19/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

H. Plano de chamadas para notificação deste PAE

- Nível de Resposta: CHEIAS²

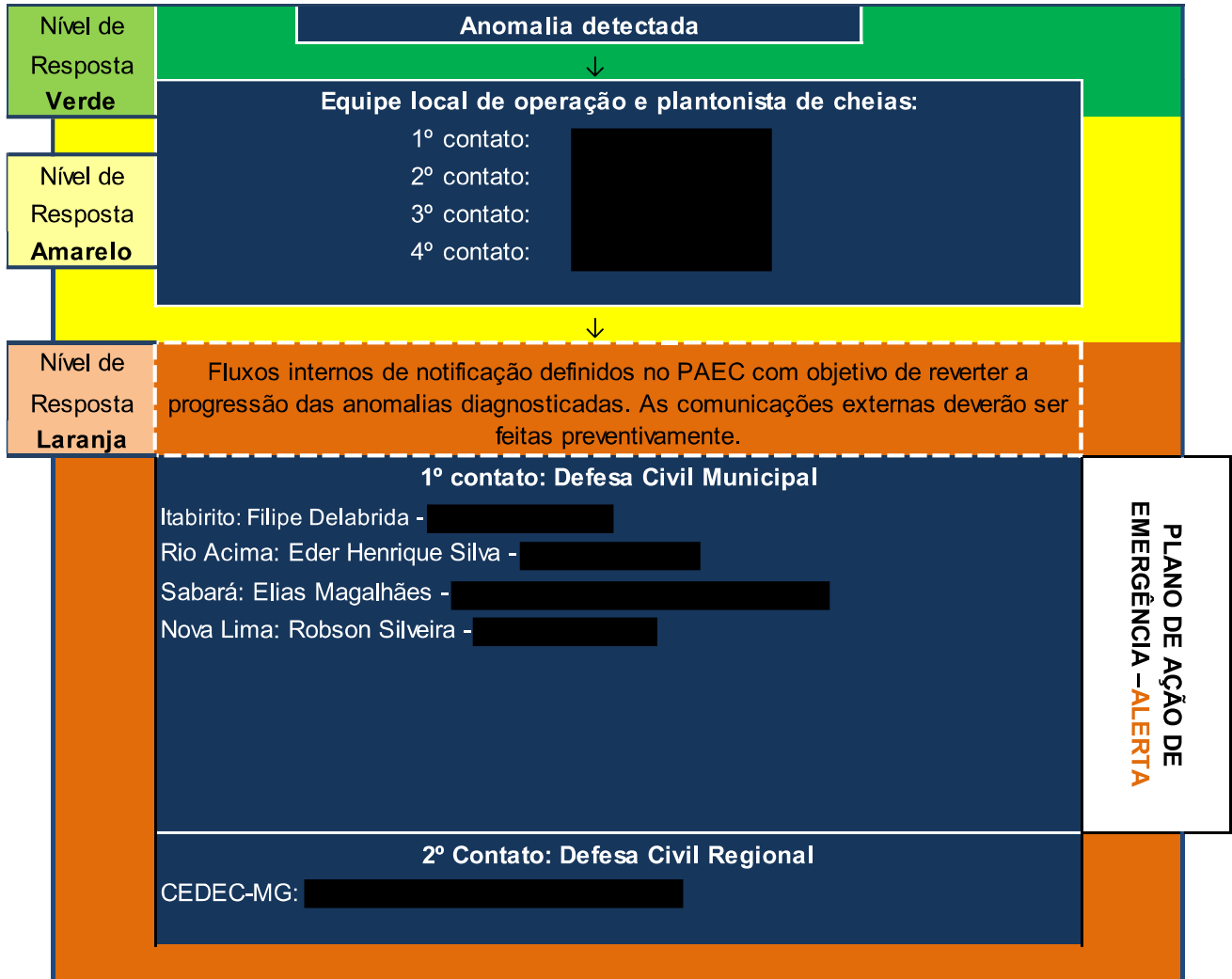


A tabela a seguir, válida para todos os níveis de resposta deste PAE, apresenta a relação dos contatos dos prefeitos das cidades a jusante.

Município	Nome	Contato
Itabirito	Orlando Amorim Caldeira	[Redacted]
Rio Acima	Felipe Gonçalves Santos	[Redacted]
Sabará	João Marcelo Dieguez Pereira	[Redacted]
Nova Lima	Wander Borges	[Redacted]

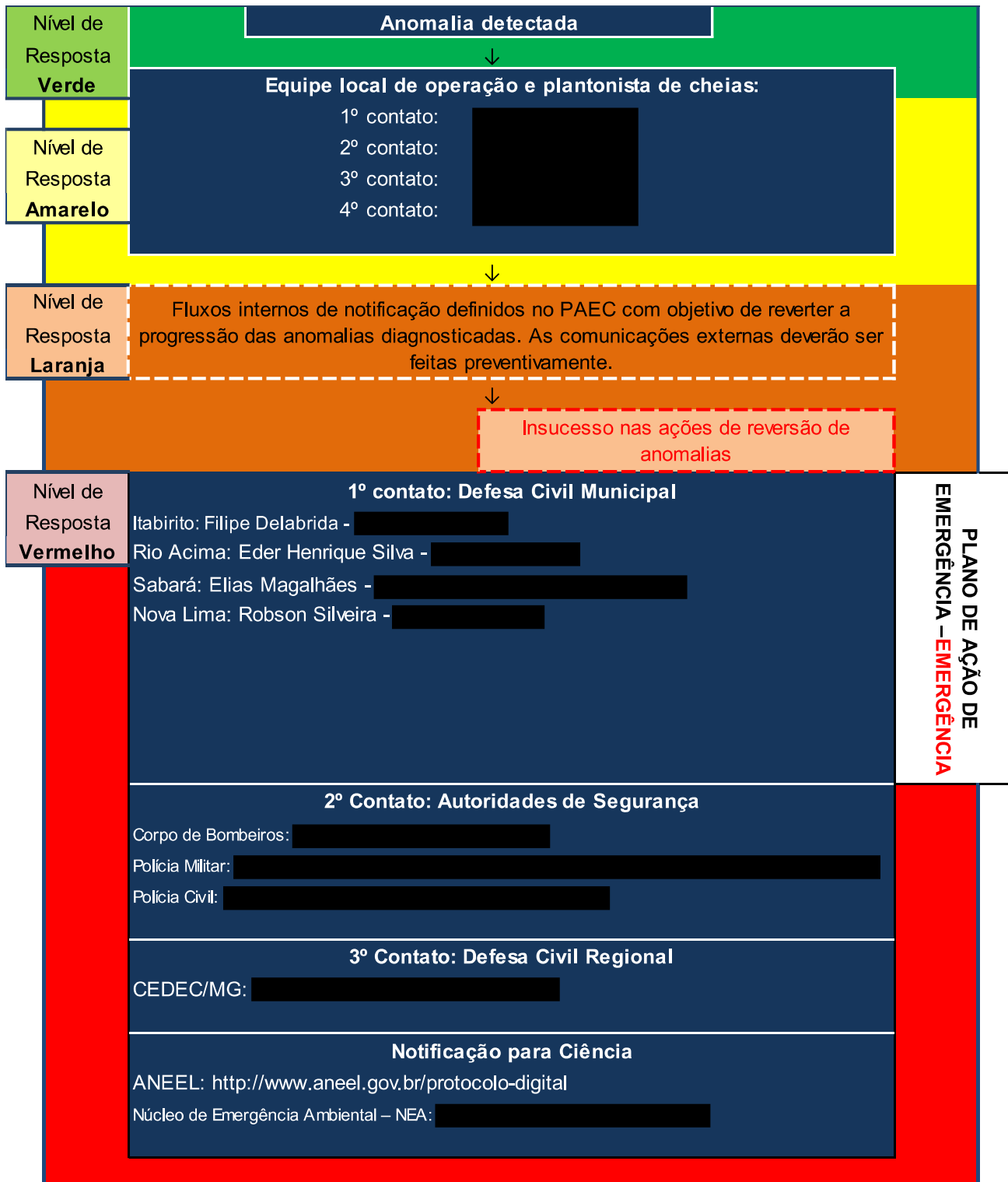
² Apêndice revisado em 19/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

- Nível de Resposta 2: ALERTA³



³ Apêndice revisado em 19/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

- Nível de Resposta 3: EMERGÊNCIA⁴



⁴ Apêndice revisado em 19/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.