

Barragem da UHE Peti



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): UHE.PH.MG.002047-8.01

Documento nº PAE - UHE Peti - revE

Responsável pela elaboração: Cemig GT

Município relacionado:

Zona de Autossalvamento (ZAS): São Gonçalo do Rio Abaixo – MG

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
E	19/04/2022	Revisão de apêndices e página de assinaturas



Sumário

I.	Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis	4
II.	Informações gerais da barragem	5
A.	Apresentação.....	5
B.	Objetivo do PAE.....	5
C.	Caracterização da barragem	5
III.	Responsabilidades gerais no PAE	8
A.	Empreendedor	8
B.	Coordenador do PAE	8
C.	Equipe técnica.....	9
D.	Plantonista de cheias.....	9
E.	Sistema de Proteção e Defesa Civil e demais autoridades	10
IV.	Níveis de resposta – Identificação e análise das possíveis situações de emergência	10
A.	Caracterização do Nível de Resposta – CHEIAS	13
B.	Caracterização do Nível de Resposta 2 – ALERTA.....	14
C.	Caracterização do Nível de Resposta 3 – EMERGÊNCIA.....	14
V.	Procedimentos de notificação e alerta	15
A.	Fluxograma de ações e notificação em situação de CHEIAS	15
B.	Fluxograma de ações e notificação em situação de ALERTA	16
C.	Fluxograma de ações e notificação em situação de EMERGÊNCIA.....	17
VI.	Procedimentos preventivos e corretivos em situações de alerta e emergência	18
A.	Zona de Autossalvamento (ZAS)	18
B.	Monitoramento de vazões	19
C.	Parâmetros para comunicação do plantonista de cheia.....	20
VII.	Encerramento das operações	21
VIII.	Apêndices	22
A.	Ficha Técnica da Barragem	23
B.	Mensagem de notificação Padrão	25

C.	Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética	26
1.	Cenário RDC 1: Rompimento por colapso do vertedouro com vazão decamilenar (1384 m ³ /s) 26	
2.	Cenário RDC 2: Rompimento por colapso do vertedouro em dia seco, com vazão média de longo termo (14,6 m ³ /s)	28
3.	Cenário RDC 3: RDC 3 - Rompimento por colapso do vertedouro, vazão TR 2 anos (293 m ³ /s)	29
4.	Cenário RDC 4: Rompimento por colapso do bloco esquerdo de fechamento do barramento com vazão decamilenar (1384 m ³ /s).....	31
D.	Principais pontos de inundação	33
E.	Tempos de chegada e pico de onda	36
F.	Lista de mapas temáticos e manchas de inundação	41
IX.	Apêndices Externos	43
G.	Controle de distribuição digital deste PAE	44
H.	Plano de chamadas para notificação deste PAE	45

I. Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
A	14/12/2018	Emissão inicial
B	30/04/2019	Inserção de análise de dados de estudos de propagação de vazões
C	01/02/2020	Revisão de informações da barragem, níveis de resposta e contatos
D	01/09/2020	Revisão de apêndices e página de assinaturas
E	19/04/2022	Revisão de apêndices e página de assinaturas

<p>Assinatura Eletrônica 27/04/2022 15:49 UTC</p>  <p>BRy 103.***-45 Diogo Carneiro Ribeiro Bueno Martins</p>	<p>Assinatura Eletrônica 27/04/2022 22:59 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 28/04/2022 12:00 UTC</p>  <p>BRy 043.***-59 HENRIQUE SIQUEIRA DE CASTRO</p>	<p>Assinatura Eletrônica 28/04/2022 12:44 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>Responsável Legal: Thadeu Carneiro da Silva Diretor da Cemig Geração e Transmissão</p>

II. Informações gerais da barragem

A. Apresentação

O presente Plano de Ação de Emergência visa a apresentar os riscos mapeados a partir do estudo da onda de inundação provocada por eventual ruptura da barragem da UHE Peti, para atendimento regulatório à Lei Federal de Segurança de Barragens nº 12.334/2010 e Resolução Normativa ANEEL nº 696/2015. Serão apresentadas premissas adotadas e mapas de inundação de cada cenário simulado. Trata-se da formalização das ações externas à operação e à manutenção do empreendimento, as quais devem ser tomadas ao longo de eventuais situações 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 das áreas potencialmente atingidas.

B. Objetivo do PAE

Este documento tem como objetivo facilitar a comunicação entre o empreendedor e entidades públicas, proteger o patrimônio de terceiros e, fundamentalmente, 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 eventos de cheias 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 de vulnerabilidades. 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, no qual se definem as ações internas do empreendedor que visam a recuperar as condições de segurança estrutural e operacional da barragem.

C. Caracterização da barragem

A UHE Peti, propriedade da Cemig Geração Leste S.A., iniciou sua operação em 1946, tendo sido construída no município de São Gonçalo do Rio Abaixo, MG, no rio Santa Bárbara, nas coordenadas 19°53'36,80" Sul e 43°21'59,50" Oeste.

O acesso a partir de Belo Horizonte, MG, se faz pela BR-381 (Figura 1), sentido Nova União, MG. Segue-se por esta rodovia por, aproximadamente, 94 km até o município de São Gonçalo do Rio Abaixo, MG. Nesta cidade, toma-se a MG-129 por cerca de 8 km até a estrada de acesso pela margem direita da Barragem Peti. O acesso pela margem esquerda se dá pela crista do barramento.



Figura 1 - Localização e acesso

O barramento é constituído em concreto em arco, com altura máxima de 46 m e 85 m de comprimento de crista. Seu reservatório possui cerca de 5,58 km² de área inundada no N.A. Máximo Normal e capacidade máxima de acumulação 43,578 hm³.

O sistema extravasor da UHE Peti é composto por um Vertedouro de Soleira Controlada (VS), provida de seis comportas com 6,60 m de altura e 5,17 m de largura, totalizando uma capacidade máxima de descarga da 798 m³/s. A tomada d'água da UHE Peti está situada no reservatório da usina a, aproximadamente, 200 m a montante da barragem. Construída em concreto, essa estrutura conta com um painel de grades para remoção de detritos e uma comporta de aço com acionamento elétrico. A água é conduzida por um túnel escavado em rocha, com cerca de 1.205 m de extensão, até a Chaminé de Equilíbrio. Essas estruturas estão retratadas em vista aérea, conforme a Figura 2, abaixo.



Figura 2 - Vista aérea com estruturas da usina

Na sequência, tem-se a bifurcação em dois condutos forçados, os quais alimentarão duas unidades geradoras localizadas na casa de força da UHE Peti (Figura 3), que é do tipo abrigada. Ela conta com duas unidades geradoras, compostas por turbinas hidráulicas do tipo Francis de eixo vertical, totalizando 9,40 MW de potência instalada. A restituição da vazão turbinada ocorre por canal de fuga, no leito do rio Santa Bárbara.



Figura 3 - Casa de força

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

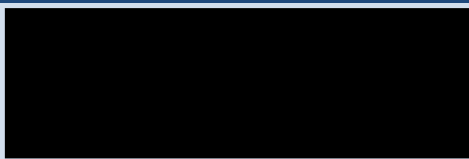
O Coordenador do PAE é responsável, por delegação do empreendedor, pelas seguintes ações:

- 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
<p>Coordenador do PAE Ivan Sérgio Carneiro Gerente de Planejamento Energético</p>	

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.

Tabela 3 – Caracterização dos níveis de resposta



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.

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 Nível de água acima do Máximo Maximorum	Se possível, reduzir nível através do aumento do vertimento Responsável: plantonista de cheias	Alerta (Laranja)
	Galgamento da barragem Galgamento da barragem iniciado	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 evacuação 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 a 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.

A UHE Peti possui um reservatório com volume útil de 36,36 hm³, garantindo-lhe certa capacidade de regularização de vazões para controle de cheias. Assim sendo, o presente nível de resposta é acionado de forma a alertar sobre as condições naturais que o rio Santa Bárbara que serão repassadas pela usina para jusante.

É verificado que mesmo para vazões abaixo da vazão de projeto do vertedouro da barragem, existem impactos significativos para a população de jusante. Isto posto, 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** uma anomalia que comprometem sua segurança no curto prazo;

- entende-se que a segurança do **vale à 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 de Dona Rita, correspondentes aos 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 o nível que aciona este Plano de Ações de Emergência devido a alguma fragilidade estrutural da barragem, ou seja, quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem representem **elevada probabilidade de ruptura**. Neste nível de resposta, haverá ações que podem ser executadas para evitar a ruptura, mas a situação pode sair do controle em curto prazo.

Em suma:

- A evolução rápida de anomalias pode comprometer a segurança da barragem no curto prazo;
- São demandadas ações internas imediatas visando a evitar a ruptura da barragem;
- Pode haver a necessidade de acionamento do PAE Externo com ações de comunicação para evacuar áreas preventivamente;
- A previsão meteorológica e a as condições do reservatório e da bacia hidrográfica deverão ser criteriosamente monitoradas pois podem agravar repentinamente a situação de alerta e potencializar o risco de ruptura no curto prazo.

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 no que se refere a alguma fragilidade estrutural da barragem, ou seja, quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem representem **risco de ruptura iminente, ou a barragem já está rompendo**, 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 tem ruptura iminente;
- 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.

Para esse nível de resposta foi possível apresentar em cartas de inundação a espacialização das manchas em decorrência da ruptura hipotética da barragem, avaliando então a região de impacto incremental da onda de cheia ao longo do vale de jusante. O modelo hidráulico foi elaborado inteiramente no município de São Gonçalo do Rio Abaixo - MG, totalizando cerca de 18 km de extensão ao longo do rio Santa Bárbara.

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 4 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **CHEIAS**.

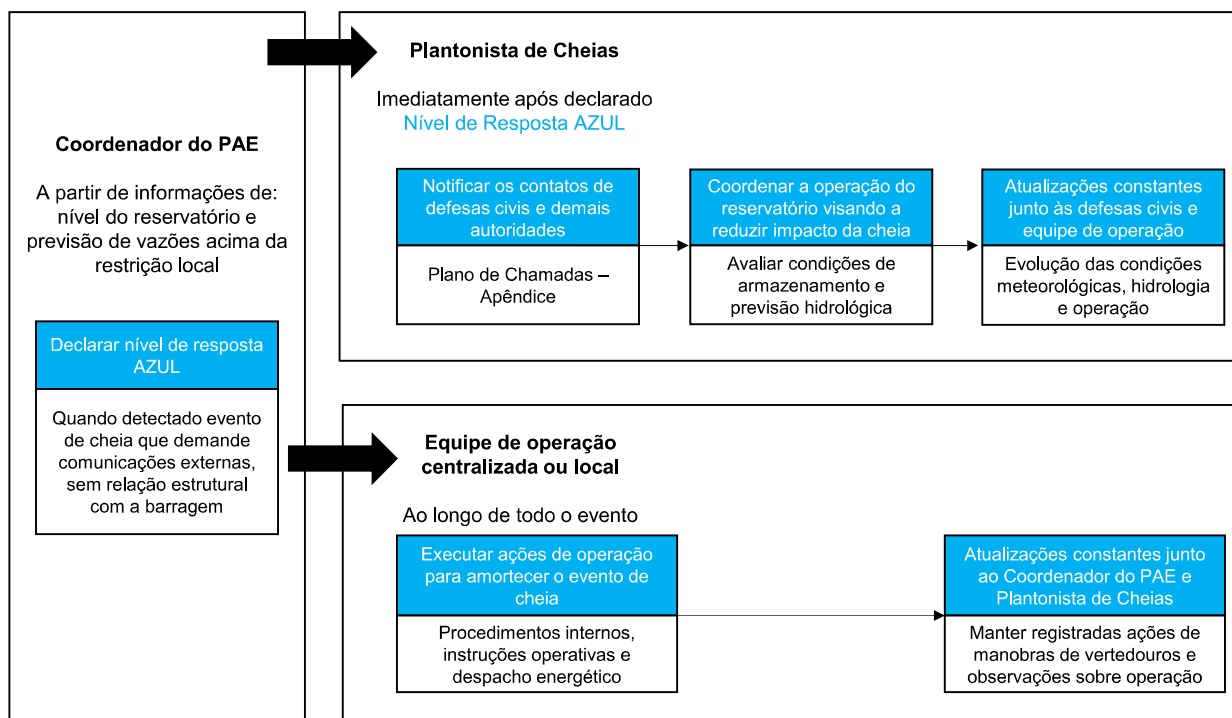


Figura 4 - Fluxograma em situação de CHEIAS

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 5 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **ALERTA**.

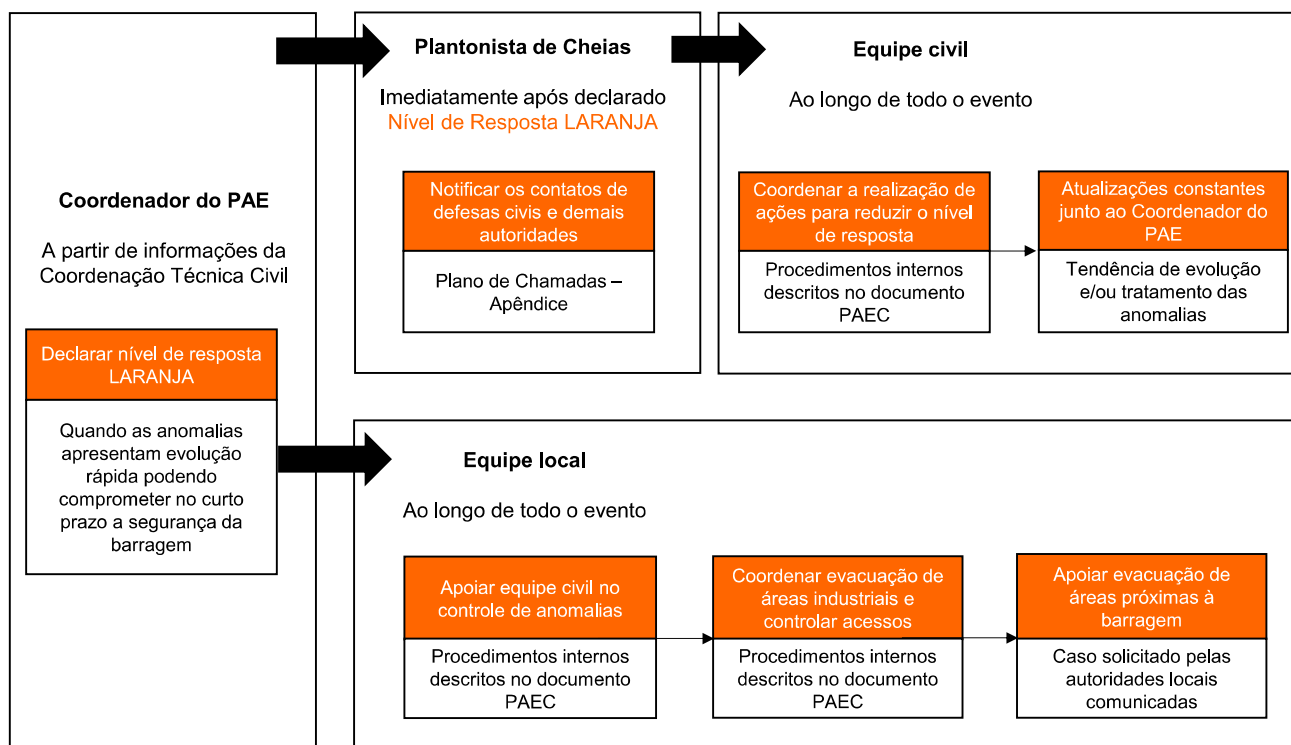


Figura 5 - Fluxograma em situação ALERTA

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 6 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **EMERGÊNCIA**.

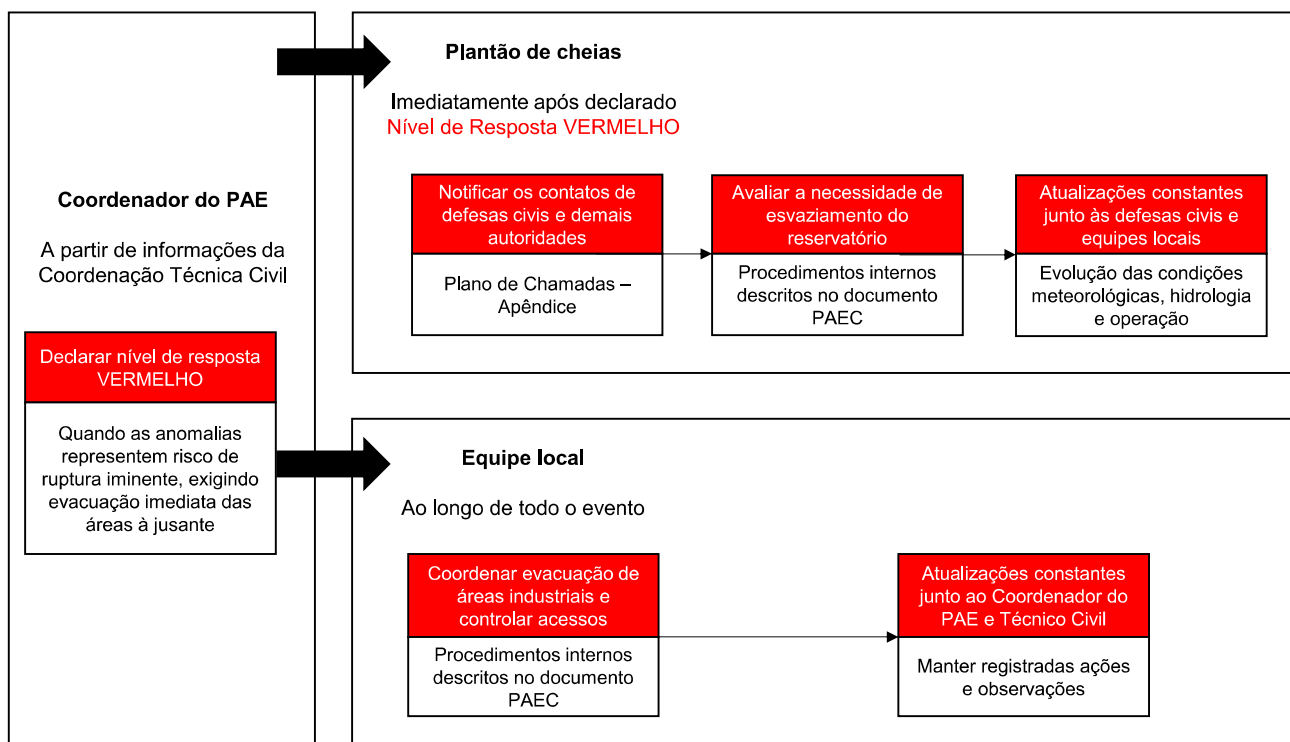


Figura 6 - Fluxograma em situação EMERGÊNCIA

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

A. Zona de Autossalvamento (ZAS)

O reservatório de da UHE Peti possui um grande volume de armazenamento, de 797,63 hm³, sendo capaz de gerar um impacto significativo durante um evento de ruptura. Para a UHE Peti, foi delimitada a Zona de Autossalvamento (ZAS), 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 uma eventual ruptura. Adotou-se uma ZAS de 18 km a jusante, na qual são observadas propriedades rurais esparsas, que deverão ser diretamente alertados em eventual situação de emergência, não dependendo da atuação das autoridades competentes.

A distância percorrida pela frente de onda de ruptura da PCH Peti, no intervalo de 30 min, corresponde ao trecho aproximado de 5,50 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. O centro urbano mais próximo é o município de São Gonçalo do Rio Abaixo, MG, localizado a cerca de 11 km do barramento da usina. A extensão da ZAS proposta busca incluir toda a extensão da mancha ao longo da ocupação urbana mais próxima.

Em relação aos resultados mapeados pelo estudo de propagação de vazões em eventos hidrológicos naturais, sem rompimento de barragem, as mesmas ocupações próximas à calha do rio Grande, que sofrem efeitos de inundação devido a cheias naturais, bem como as áreas urbanas a jusante, deverão ser devidamente alertadas por meio de contato com as respectivas defesas civis.

B. Monitoramento de vazões

Além dos dados operativos da UHE Peti, para a emissão de alertas para o vale do rio Santa Bárbara serão monitorados os pontos de controle constantes da tabela abaixo:

Tabela 5 - Postos de monitoramento da CEMIG

Bacias	Sub-bacias	Operador	Estações
5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE	56 – RIO DOCE	CEMIG LESTE	3 – 56640001 – UHE PETI CARRAPATO
5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE	56 – RIO DOCE	CEMIG LESTE	3 – 56650080 – UHE PETI BARRAMENTO
5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE	56 – RIO DOCE	SPE GONÇALO	3 – 56650500 – PCH SÃO GONÇALO MONTANTE 2
5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE	56 – RIO DOCE	CEMIG LESTE	3 – 56650600 – UHE PETI JUSANTE
5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE	56 – RIO DOCE	SPE GONÇALO	3 – 56651000 – PCH SÃO GONÇALO MONTANTE 1

Pelo portal Gestor PCD da Agência Nacional de Águas – ANA é possível verificar os dados em tempo real dos postos de monitoramento: <http://gestorpcd.ana.gov.br/gerarGrafico.aspx>. Para selecionar os postos de interesse, escolhe-se o Estado: MG, Origem: Setor Elétrico, Bacia: 5 – Atlântico, Trecho Leste, Sub-bacia: 56 – Rio Doce, e Estação: conforme listagem acima.

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 7 mostra um exemplo de visualização de dados no portal da ANA.

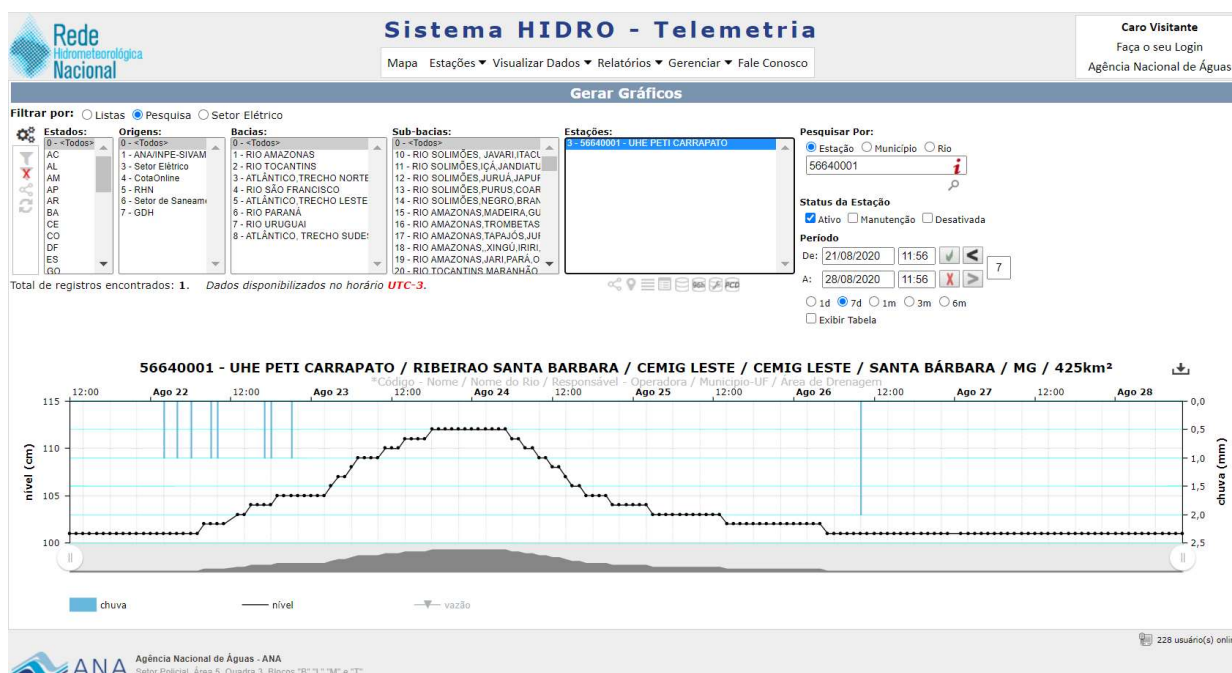


Figura 7 - Visualização do Gestor PCD de dados em tempo real

A Figura 8 apresenta a posição dos postos que permitem o monitoramento de vazões afluentes e defluentes da UHE Peti, antecipando eventos de cheias e acompanhando o avanço de onda de ruptura. Os postos indicados no mapa permitem o acesso direto às telas de monitoramento em tempo real. É possível acessar a versão online do mapa via endereço: http://bit.ly/PETI_PAEE



Figura 8 - Mapa de localização de estações de monitoramento da CEMIG

C. Parâmetros para comunicação do plantonista de cheia

Por tratar-se de uma usina com vertedouro controlado e com um reservatório capaz utilizar um volume de espera no período chuvoso, é possível dar previsibilidade da vazão afluente ao município de São Gonçalo do Rio Abaixo. O monitoramento de vazões ordinárias da UHE Peti será realizado através do posto hidrométrico a montante, operado pela Cemig GT. O primeiro acionamento de comunicação será realizado assim que haja a possibilidade de ultrapassagem da vazão de restrição.

Qr = 180 m³/s

Para a cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo, vazões maiores que 180 m³/s causam transbordamentos generalizados na calha do rio Santa Bárbara. Em São Gonçalo do Rio Abaixo, o rio Una, cuja foz se situa a jusante da cidade, pode represar o rio Santa Bárbara, provocando inundações na cidade. Estima-se que quando a soma da vazão dos dois rios estiver em 180 m³/s, a cidade já estará sofrendo inundações nos pontos mais baixos. Uma boa indicação da situação do escoamento do rio Santa Bárbara, é o registro do nível no posto UHE Peti Jusante. Quando esse nível estiver na indicação de 4 metros a cidade pode estar ameaçada do risco de inundação.

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

- Nível de cheia 1 – previsão de defluência até 120 m³/s (não há necessidade de comunicação).
- Nível de cheia 2 – previsão de defluência > 120 m³/s: comunicar com a prefeitura e defesa civil de São Gonçalo do Rio Abaixo, preventivamente e a cada incremento de 50 m³/s (ver considerações sobre nível do rio Una no item restrição).
- Nível de cheia 3 – previsão de defluência > 180 m³/s: comunicar com a prefeitura de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Além disso, devem ser repassadas à CPRM as informações sobre a situação hidrológica (NA, vazão afluente, defluente e milímetros de chuva) pois cabe a esta entidade a elaboração e divulgação de boletins de alerta para as cidades a jusante.

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 UHE Peti, 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

(1) Geral	
Nome do barramento	PCH Peti
Empreendedor	Cemig Geração Leste S.A.
Entidade Fiscalizadora	ANEEL
Localização	
- Curso de água barrado	Rio Santa Bárbara
- Município	São Gonçalo do Rio Abaixo
- Unidade da Federação	Minas Gerais/MG
- Coordenadas do Empreendimento	Lat. 19°53'36,80"S Long. 43°21'59,50" O
(2) Reservatório	
NA Montante – Reservatório:	
- Máximo Maximorum [m-IBGE]	712,56
- Máximo Normal [m-IBGE]	712,12
- Mínimo Operativo [m-IBGE]	702,00
NA Jusante	
- Máximo Normal [m-IBGE]	635,30
Áreas Inundadas:	
- No NA Máximo Maximorum [km ²]	NDA*
- No NA Máximo Normal [km ²]	5,58
- No NA Mínimo Operativo [km ²]	NDA*
Volume do Reservatório:	
- No N.A. Máximo Maximorum [hm ³]	46,09
- No N.A. Máximo Normal [hm ³]	43,56
- No N.A. Mínimo Operativo [hm ³]	7,20
(3) Barragem	
Material	Concreto em Arco
Comprimento Aprox. da Crista [m]	85,00
Altura máxima em relação à fundação [m]	46,00
Cota da Crista [m-IBGE]	713,00
(4) Sistema de descarga	
Tipo	Vertedouro de Soleira Controlada
Vazão de Projeto [m ³ /s]	1384,00
Cota da soleira [m-IBGE]	707,00
Número de vãos	6
(5) Sistema adutor	
Tomada d'Água	
- Tipo	Gravidade
- Número de grades	01
- Número de comportas	01
- Altura [m]	3,50
- Largura [m]	3,80
Túnel de Adução	
- Comprimento [m]	1.205
- Diâmetro [m]	3,00
Chaminé de Equilíbrio	
- Altura [m]	80,00
- Diâmetro [m]	8,60
Conduto intermediário	
- Comprimento [m]	54,70
- Diâmetro [m]	2,21
Conduto Forçado	
- Número de Condutos	2
- Comprimento [m]	46,30
- Diâmetro [m]	1,60

(6) Casa de Força	
Tipo	Abrigada
Potência da Usina [MW]	9,40
Número de Unidades Geradoras	02
Turbinas Hidráulicas	Francis Vertical
UG01	
- Potência Nominal Unitária [MW]	5 MW
UG02	
- Potência Nominal Unitária [MW]	4,40

B. Mensagem de notificação Padrão**URGENTE**

Esta é uma mensagem de (declaração / alteração) do Nível de Segurança, feita pelo Coordenador do Plano de Ação de Emergência – PAE da UHE Peti, _____.

A partir das ____:____ h de ____/____/____, foi ativado o Nível de Segurança _____ do PAE da UHE Peti.

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 se devam precaver e pôr em ação as recomendações e atividades delineadas em sua cópia do PAE da UHE Peti.

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

A UHE Peti possui uma barragem de terra homogênea, localizada no rio Santa Bárbara, e possui um uma capacidade de armazenamento máxima de 43,56 hm³. No momento do ocorrido, o reservatório estava em _____% de volume, apresentando _____ hm³.

A Zona de Autossalvamento (ZAS) adotada corresponde a 10 km a partir do barramento, e engloba propriedades rurais. Nenhum centro urbano está localizado na região.

FIM DA MENSAGEM

C. Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética

Premissas:

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

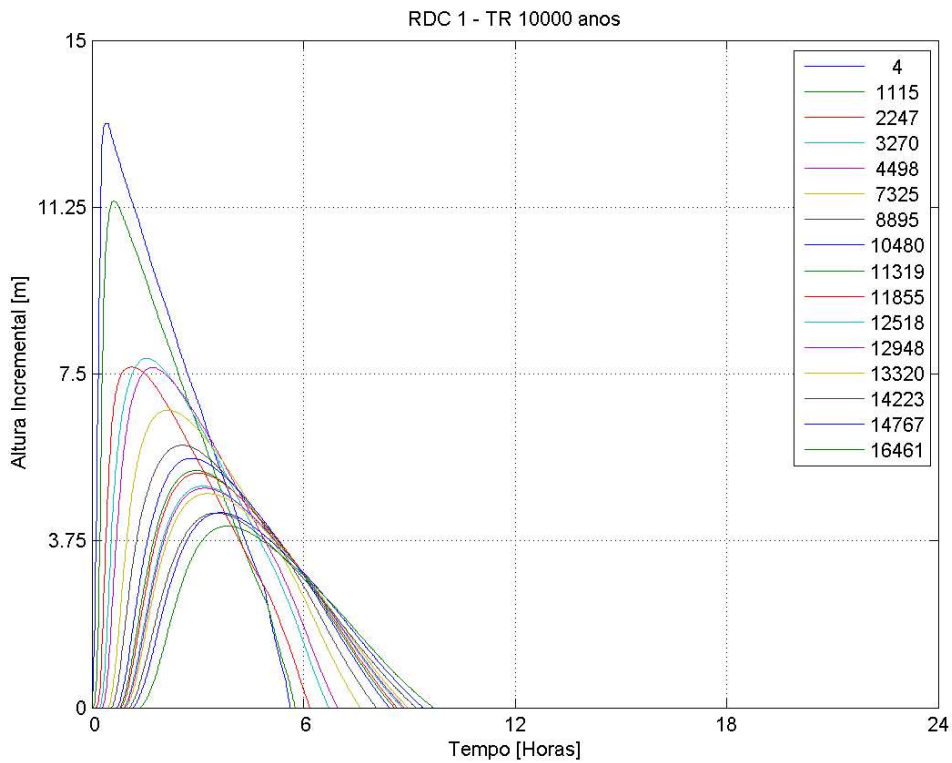
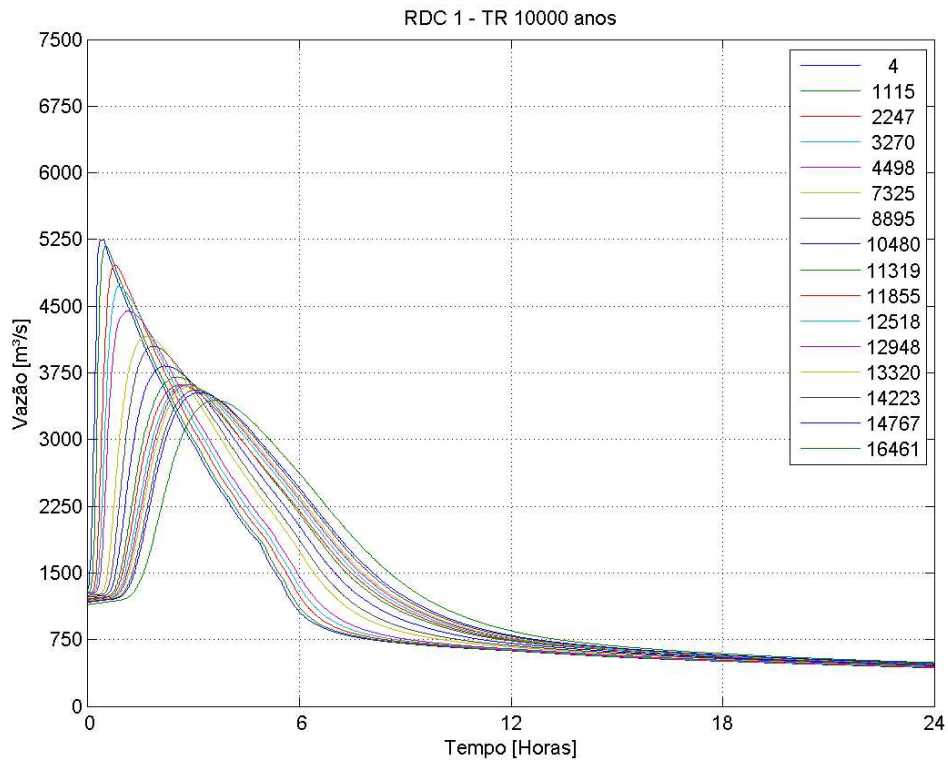
- **Cenário RDC 1:** Rompimento por colapso da estrutura do Vertedouro de Soleira Controlada (VS) em Condição de Carregamento Excepcional (CCE), durante evento de vazão Decamilenar com reservatório na El. 712,75 [m-IBGE];
- **Cenário RDC 2:** Rompimento por colapso da estrutura do Vertedouro de Soleira Controlada (VS) em Condição de Carregamento Normal (CCN), durante evento de vazão média de longo termo (*Sunny day*), com o reservatório na El. 707,37 [m-IBGE];
- **Cenário RDC 3:** Rompimento por colapso da estrutura do Vertedouro de Soleira Controlada (VS) em Condição de Carregamento Normal (CCN), durante evento de vazão de TR 2 anos, com o reservatório na El. 709,18 [m-IBGE];
- **Cenário RDC 4:** Rompimento por colapso da estrutura do bloco esquerdo de fechamento do barramento em Condição de Carregamento Excepcional (CCE), durante evento de vazão Decamilenar, com o reservatório na El. 712,75 [m-IBGE].

Resultados:

1. Cenário RDC 1: Rompimento por colapso do vertedouro com vazão decamilenar (1384 m³/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da PCH Peti 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 vertedouro durante evento de cheia Decamilenar com reservatório com N.A. El. 712,75 [m-IBGE].

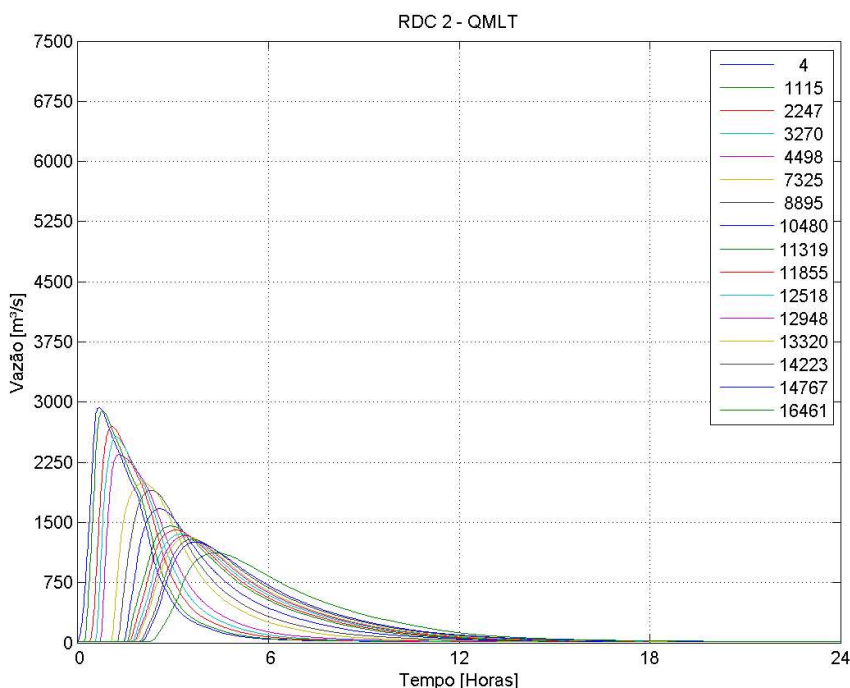
Ao longo do modelo verificou-se que, juntamente com as vazões elevadas, há um volume de grande magnitude sendo propagado, podendo ocasionar impactos às edificações e aos demais empreendimentos localizados a jusante da estrutura. Considera-se como nível de referência aquele que fica 0,60 m acima do nível natural do rio correspondente à vazão em análise. A altura incremental da onda de cheia chega a 13 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 do modelo a altura incremental é de 4,08 m, resultando na cota aproximada de El. 638,27 [m-IBGE].

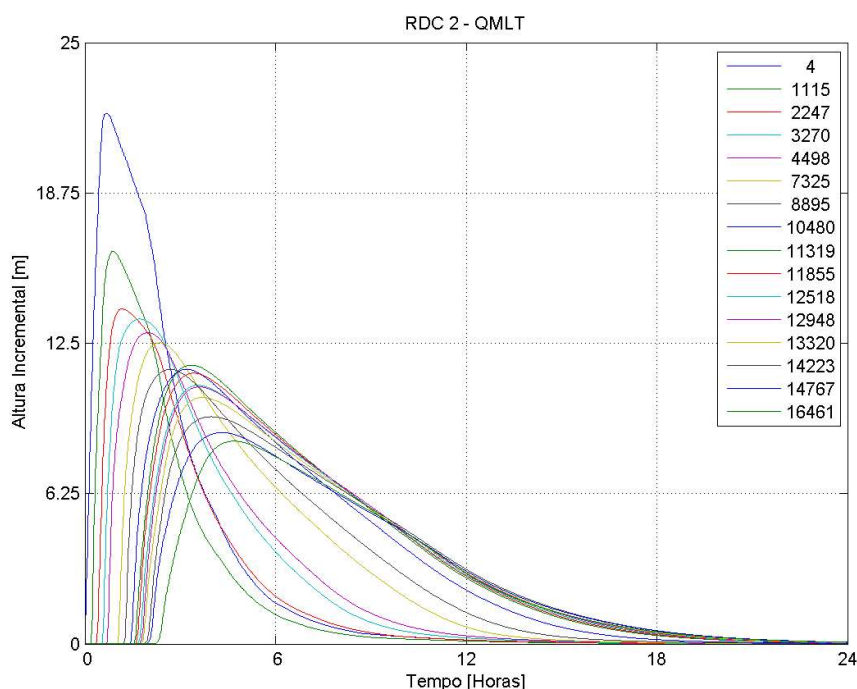


2. Cenário RDC 2: Rompimento por colapso do vertedouro em dia seco, com vazão média de longo termo (14,6 m³/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da PCH Peti para o modo RDC 2 (*Sunny Day*), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse. Neste caso, a ruptura se dá por colapso da estrutura do Vertedouro de Soleira Controlada (VS), durante evento de vazão média de longo termo (*Sunny Day*), com o reservatório na El. 707,37 [m-IBGE].

Considera-se como nível de referência aquele que fica 0,60 m acima do nível natural do rio correspondente à vazão em análise. A altura incremental da onda de cheia chega próximo a 11 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 90% da energia liberada. Na última seção do modelo a altura incremental é de 1,30 m, resultando na cota aproximada de El. 633,75 [m-IBGE].

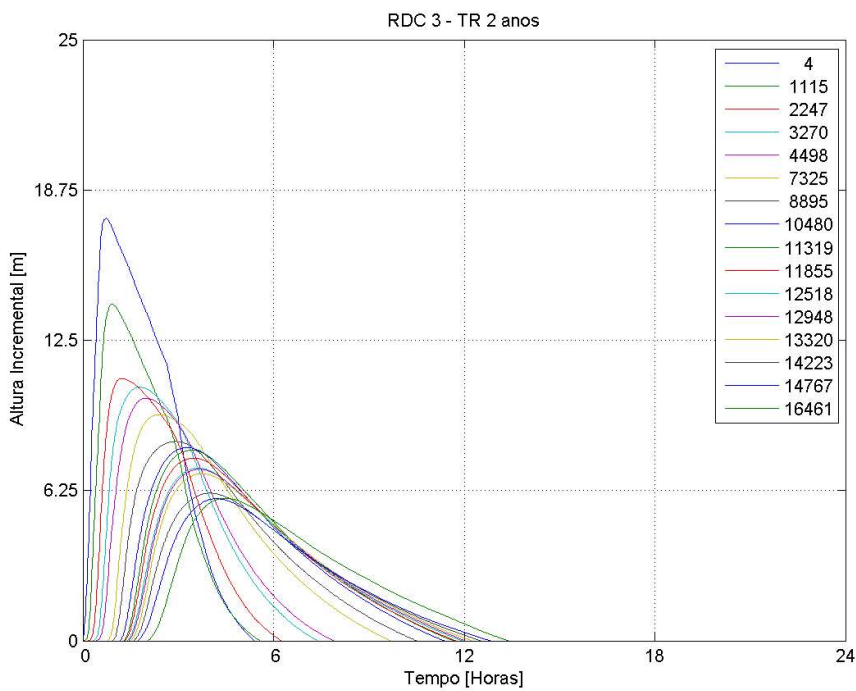
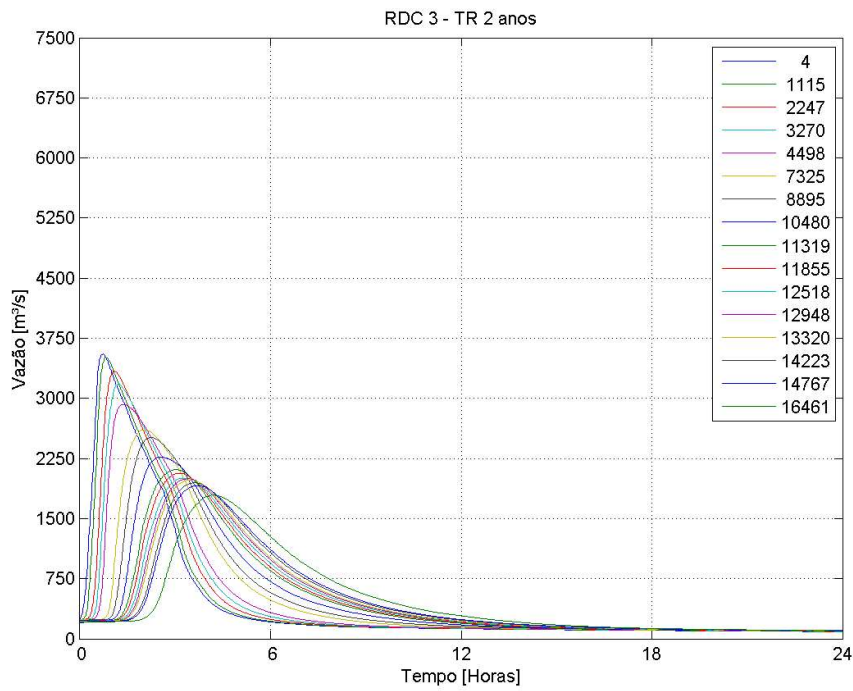




3. Cenário RDC 3: RDC 3 - Rompimento por colapso do vertedouro, vazão TR 2 anos (293 m³/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da PCH Peti para o modo RDC 3 (TR 2 anos), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse. Neste caso, a ruptura se dá por colapso da estrutura do Vertedouro de Soleira Controlada (VS), durante evento de vazão de TR 2 anos, com o reservatório na El. 709,18 [m-IBGE].

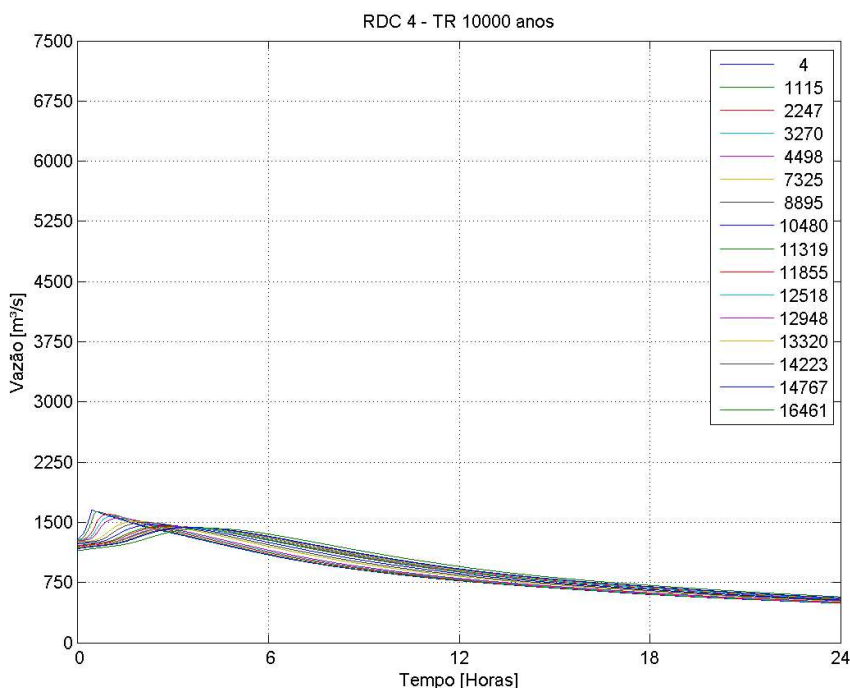
Considera-se como nível de referência aquele que fica 0,60 m acima do nível natural do rio correspondente à vazão em análise. A altura incremental da onda de cheia chega próximo a 18 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 70% da energia liberada. Na última seção do modelo a altura incremental é de 5,93 m, resultando na cota aproximada de El. 635,38 [m-IBGE].

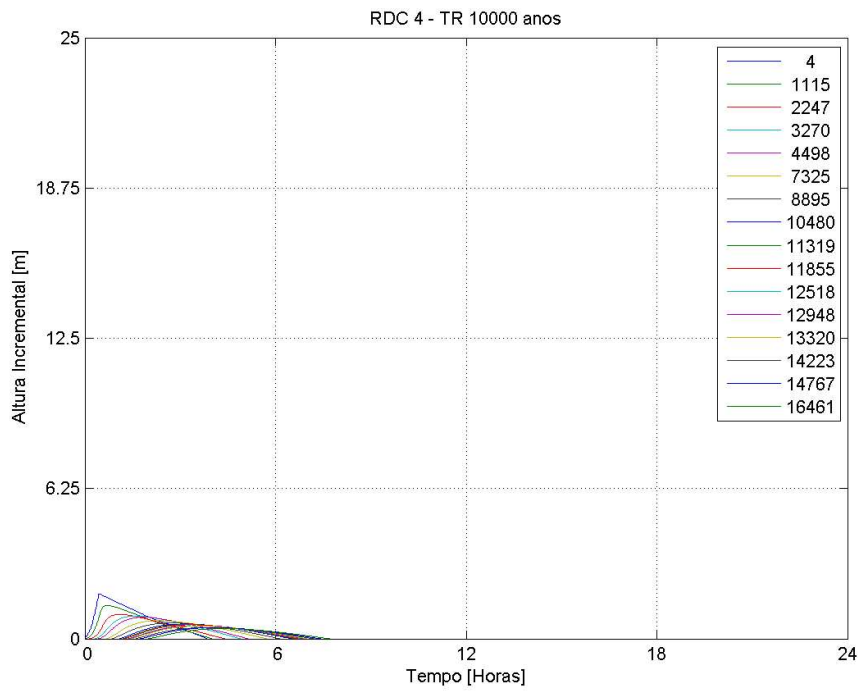


4. Cenário RDC 4: Rompimento por colapso do bloco esquerdo de fechamento do barramento com vazão decamilenar (1384 m³/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da PCH Peti para o modo RDC 4 (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 ocorre pelo colapso da estrutura do bloco esquerdo de fechamento do barramento, durante evento de vazão Decamilenar, com o reservatório na El. 712,75 [m-IBGE].

Considera-se como nível de referência aquele que fica 0,60 m acima do nível natural do rio correspondente à vazão em análise. A altura incremental da onda de cheia chega a 1,87 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 80% da energia liberada. Na última seção do modelo a altura incremental é de 0,42 m, fora do limite de 0,60 m de altura incremental, resultando na cota aproximada de El. 634,61 [m-IBGE].





D. Principais pontos de inundação

As tabelas abaixo expõem o número de benfeitorias potencialmente afetadas pelos cenários de ruptura hipotética. Considerando a média de habitantes por edificações, por setor censitário, a estimativa da população afetada, por cenário de ruptura, encontra-se nas tabelas seguintes.

Cenário de Ruptura	Número Aprox. de atingidos (Economias)		
	Dentro da ZAS	Fora da ZAS	Total
RDC 1	777	0	777
RDC 2	562	0	562
RDC 3	646	0	646
RDC 4	582	0	582

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Economias)							
	RDC 1		RDC 2		RDC 3		RDC 4	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
316190805000011	64	0	57	0	59	0	54	0
316190805000008	101	0	68	0	77	0	69	0
316190805000001	166	0	145	0	150	0	146	0
316190805000013	38	0	23	0	27	0	24	0
316190805000004	79	0	47	0	65	0	47	0
316190805000002	205	0	167	0	185	0	177	0
316190805000003	97	0	44	0	67	0	50	0
316190805000014	20	0	11	0	12	0	12	0
316190805000007	1	0	0	0	1	0	0	0
316190805000016	2	0	0	0	0	0	0	0
316190805000005	4	0	0	0	3	0	3	0
Total	777	0	562	0	646	0	582	0

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Habitantes)							
	RDC 1		RDC 2		RDC 3		RDC 4	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
316190805000011	232	0	207	0	214	0	196	0
316190805000008	377	0	254	0	288	0	258	0
316190805000001	545	0	477	0	493	0	480	0
316190805000013	145	0	88	0	103	0	92	0
316190805000004	271	0	162	0	223	0	162	0
316190805000002	723	0	589	0	653	0	624	0
316190805000003	343	0	156	0	237	0	177	0
316190805000014	67	0	37	0	41	0	41	0
316190805000007	4	0	0	0	4	0	0	0
316190805000016	7	0	0	0	0	0	0	0
316190805000005	15	0	0	0	12	0	12	0
Total	2729	0	1970	0	2268	0	2042	0

Em relação às cheias naturais, o número de benfeitorias é apresentado a seguir.

Tempos de recorrência	Número Aprox. de atingidos (Economias)		
	Dentro da ZAS	Fora da ZAS	Total
TR 10.000 anos	564	0	564
TR 100 anos	462	0	462
TR 50 anos	438	0	438
TR 10 anos	373	0	373
TR 2 anos	199	0	199

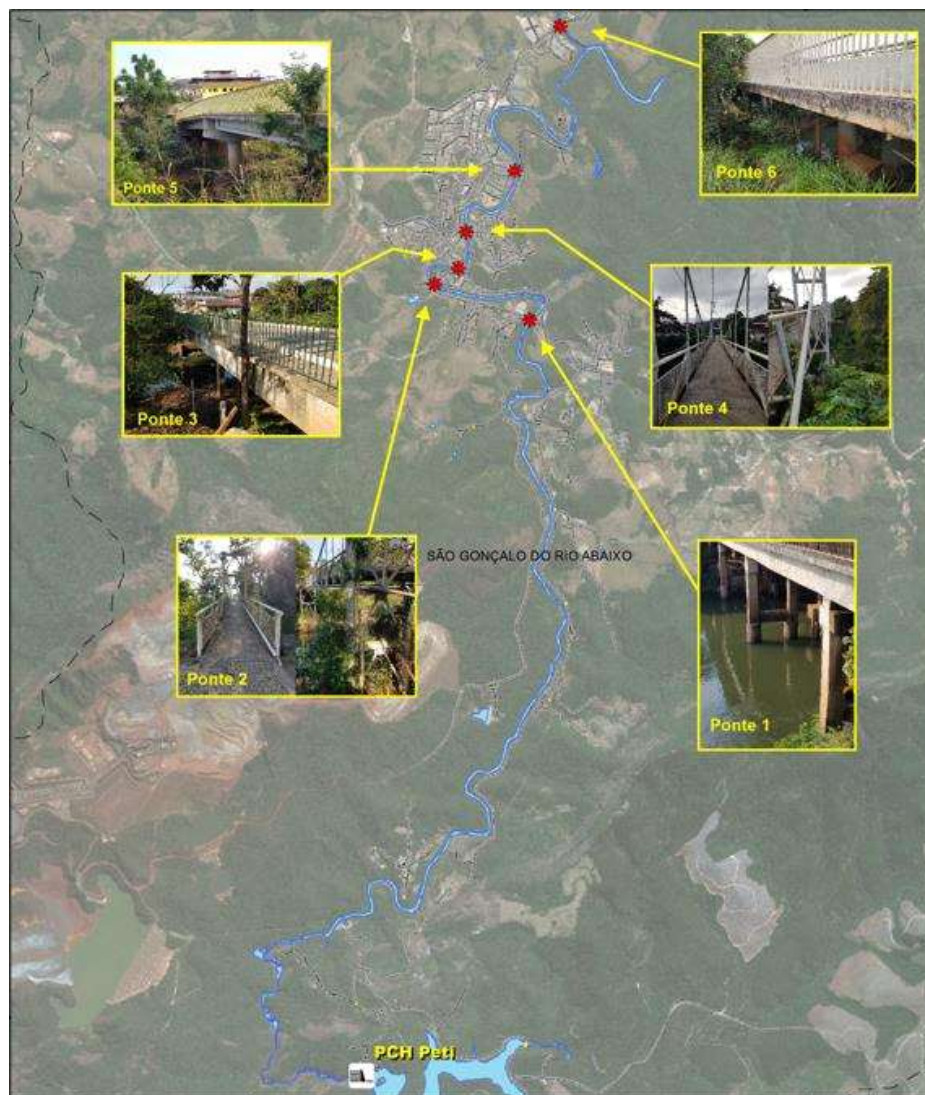
Algumas restrições de acesso em momentos de crise podem ser identificadas. Dentre elas, o acesso às localidades da área de inundação mediante as rodovias e estradas sujeitas à inundação, bem como a interdição das pontes pertencentes a elas. Nesse contexto, nas cartas de inundação estão indicadas as estradas e pontes atingidas pela onda induzida pela ruptura hipotética da barragem. Essas estruturas 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.

Com base nessas 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 que o nível d'água atingiu o tabuleiro 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		Elevação máxima do nível de água						
	[m-IBGE]		[m-IBGE]						
	Superior	Inferior	RDC 1	RDC 2	RDC 3	RDC 4	TR10.000	TR100	TR50
Ponte 1	636,25	634,35	645,08	639,88	641,78	640,35	639,75	637,48	637,06
Ponte 2	634,30	634,17	643,56	638,57	640,39	639,13	638,58	636,52	636,13
Ponte 3	633,08	631,68	643,22	638,24	640,05	638,82	638,28	636,22	635,83
Ponte 4	634,49	634,36	642,50	637,56	639,38	638,21	637,69	635,67	635,30
Ponte 5	632,75	631,55	640,93	636,26	637,94	637,02	636,55	634,76	634,42
Ponte 6	634,25	633,05	638,16	633,60	635,25	634,48	634,05	632,27	631,93

Em vermelho estão situações de risco ou inconformidade.



E. Tempos de chegada e pico de onda

As tabelas a seguir contêm os resultados da modelagem hidrológica, apresentadas em todos os mapas temáticos produzidos para os cenários de ruptura, anteriormente identificados.

- Resultados RDC 1:

SC	d*[m]	Z _p *	Z _{ref} *	Z _{Qmlt} *	H [m]*	H _{incr} [m]*	Q _p [m³/s]*	T _p *	T _{inun} *	T _{ch}	V [km/h]*
17731	4	712,49	699,36	684,14	28,36	13,13	5248,02	00 27	05 27	00 03	0,00
16620	1115	685,69	674,30	663,50	22,19	11,39	5180,14	00 37	05 28	00 08	6,66
15488	2247	658,27	650,62	640,08	18,20	7,66	4965,60	01 07	05 41	00 15	3,36
14465	3270	655,14	647,29	636,38	18,76	7,85	4724,16	01 33	06 04	00 21	2,97
13237	4498	653,75	646,10	635,48	18,27	7,65	4446,67	01 43	06 12	00 26	3,55
10410	7325	649,60	642,92	631,83	17,77	6,69	4164,32	02 09	06 32	00 38	4,31
8840	8895	647,24	641,34	630,56	16,68	5,90	4051,12	02 34	06 47	00 45	4,20
7255	10480	645,84	640,23	629,03	16,81	5,61	3828,15	02 50	06 56	00 56	4,40
6416	11319	645,08	639,75	628,29	16,79	5,33	3704,20	02 58	06 57	01 02	4,50
5880	11855	644,58	639,31	628,13	16,46	5,27	3613,33	03 01	06 59	01 04	4,62
5217	12518	643,56	638,58	627,82	15,74	4,98	3617,17	03 10	07 00	01 10	4,61
4787	12948	643,22	638,28	627,55	15,67	4,93	3614,10	03 12	07 00	01 12	4,71
4415	13320	642,50	637,69	627,32	15,19	4,81	3597,29	03 17	07 02	01 15	4,70
3512	14223	640,93	636,55	626,82	14,11	4,38	3556,64	03 31	07 04	01 23	4,64
2968	14767	640,14	635,75	626,57	13,57	4,38	3527,83	03 39	07 07	01 31	4,61
1274	16461	638,27	634,18	625,32	12,95	4,08	3442,55	03 51	07 03	01 46	4,84

*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 de TR 10.000 anos [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 Tr 10.000 anos [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [HH:MM]; T_{ch} 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/h], **NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

• Resultados RDC 2:

SC	d*[m]	Z _p *	Z _{ref} *	Z _{Qmit} *	H [m]*	H _{incr} [m]*	Q _p [m ³ /s]*	T _p *	T _{inun} *	T _{ch}	V [km/h]*
17731	4	706,20	695,69	684,14	22,07	10,52	2930,02	00 41	08 06	00 01	0,00
16620	1115	679,83	671,52	663,50	16,33	8,32	2889,63	00 53	07 08	00 13	5,55
15488	2247	654,01	648,09	640,08	13,93	5,92	2697,36	01 10	08 05	00 24	4,64
14465	3270	649,89	644,62	636,38	13,51	5,27	2568,58	01 44	09 14	00 35	3,11
13237	4498	648,41	643,47	635,48	12,94	4,94	2348,13	01 59	09 54	00 44	3,46
10410	7325	644,35	640,41	631,83	12,52	3,95	1987,26	02 21	11 13	01 05	4,39
8840	8895	641,98	639,03	630,56	11,42	2,95	1901,35	02 41	12 18	01 17	4,45
7255	10480	640,44	638,01	629,03	11,42	2,44	1672,69	03 12	13 51	01 29	4,16
6416	11319	639,88	637,48	628,29	11,60	2,40	1454,59	03 21	15 00	01 37	4,24
5880	11855	639,39	637,13	628,13	11,26	2,26	1406,73	03 25	15 07	01 41	4,34
5217	12518	638,57	636,52	627,82	10,75	2,05	1355,26	03 34	15 15	01 46	4,34
4787	12948	638,24	636,22	627,55	10,69	2,02	1335,39	03 36	15 22	01 50	4,44
4415	13320	637,56	635,67	627,32	10,25	1,89	1321,70	03 42	15 27	01 53	4,41
3512	14223	636,26	634,76	626,82	9,45	1,51	1289,83	03 58	15 44	02 02	4,33
2968	14767	635,35	633,95	626,57	8,79	1,41	1257,19	04 18	15 37	02 07	4,08
1274	16461	633,75	632,45	625,32	8,43	1,30	1119,84	04 41	15 07	02 24	4,11

*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 de Tr 100 anos [m-IBGE]; Z_{Qmit} 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 Tr 100 anos [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [HH:MM]; T_{ch} 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/h], **NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

• Resultados RDC 3:

SC	d*[m]	Z _p *	Z _{ref} *	Z _{Qmit} *	H [m]*	H _{incr} [m]*	Q _p [m ³ /s]*	T _p *	T _{inun} *	T _{ch}	V [km/h]*
17731	4	708,14	690,58	684,14	24,00	17,57	3553,54	00 44	04 54	00 04	0,00
16620	1115	681,71	667,71	663,50	18,21	14,00	3512,28	00 56	04 49	00 12	5,55
15488	2247	655,31	644,40	640,08	15,23	10,91	3341,67	01 14	05 19	00 21	4,49
14465	3270	651,63	641,07	636,38	15,25	10,55	3179,63	01 48	06 11	00 31	3,06
13237	4498	650,20	640,10	635,48	14,72	10,09	2924,73	01 59	06 28	00 39	3,60
10410	7325	646,06	636,65	631,83	14,23	9,41	2608,50	02 24	07 52	00 57	4,39
8840	8895	643,77	635,48	630,56	13,21	8,29	2511,78	02 55	08 26	01 07	4,07
7255	10480	642,39	634,36	629,03	13,37	8,04	2268,22	03 16	09 01	01 21	4,14
6416	11319	641,78	633,85	628,29	13,49	7,93	2109,62	03 26	09 09	01 29	4,19
5880	11855	641,28	633,68	628,13	13,15	7,60	2066,87	03 30	09 09	01 32	4,28
5217	12518	640,39	633,20	627,82	12,57	7,19	2007,19	03 38	09 14	01 37	4,32
4787	12948	640,05	632,91	627,55	12,50	7,14	1997,88	03 40	09 18	01 39	4,41
4415	13320	639,38	632,43	627,32	12,07	6,95	1982,74	03 45	09 19	01 45	4,41
3512	14223	637,94	631,79	626,82	11,12	6,14	1946,79	04 00	09 23	01 52	4,35
2968	14767	637,09	631,18	626,57	10,52	5,91	1911,73	04 12	09 26	02 02	4,26
1274	16461	635,38	629,45	625,32	10,06	5,93	1792,18	04 28	09 50	02 22	4,41

*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 de Tr 2 anos [m-IBGE]; Z_{Qmit} 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 Tr 2 anos [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [HH:MM]; T_{ch} 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/h], **NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

• Resultados RDC 4:

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]*
17731	4	701,23	699,36	684,14	17,09	1,87	1653,74	00 27	02 25	00 14	0,00
16620	1115	675,68	674,30	663,50	12,18	1,39	1632,58	00 43	02 07	00 23	4,17
15488	2247	651,64	650,62	640,08	11,56	1,02	1600,10	01 06	02 01	00 36	3,45
14465	3270	648,24	647,29	636,38	11,86	0,95	1577,73	01 37	02 19	00 51	2,80
13237	4498	647,00	646,10	635,48	11,52	0,90	1550,81	01 50	02 15	01 03	3,25
10410	7325	643,67	642,92	631,83	11,84	0,76	1512,95	02 18	01 59	01 33	3,96
8840	8895	641,99	641,34	630,56	11,43	0,66	1498,24	02 44	01 23	02 08	3,89
7255	10480	640,85	640,23	629,03	11,82	0,62	1472,25	03 08	00 47	02 46	3,90
6416	11319	640,35	639,75	628,29	12,06	0,59	1455,05	03 16	NDA	NDA	4,02
5880	11855	639,89	639,31	628,13	11,77	0,58	1450,96	03 21	NDA	NDA	4,09
5217	12518	639,13	638,58	627,82	11,31	0,55	1440,17	03 29	NDA	NDA	4,13
4787	12948	638,82	638,28	627,55	11,27	0,54	1444,34	03 31	NDA	NDA	4,22
4415	13320	638,21	637,69	627,32	10,90	0,53	1442,76	03 38	NDA	NDA	4,18
3512	14223	637,02	636,55	626,82	10,20	0,47	1438,89	03 52	NDA	NDA	4,16
2968	14767	636,22	635,75	626,57	9,65	0,46	1435,64	04 04	NDA	NDA	4,08
1274	16461	634,61	634,18	625,32	9,29	0,42	1425,46	04 21	NDA	NDA	4,22

*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 de TR 10.000 anos [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 Tr 10.000 anos [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [HH:MM]; T_{ch} 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/h], **NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

- Resultados Cheias Naturais:

SC	d*[m]	TR2	TR10	TR50	TR100	TR10000	QMLT
17731	4	690,58	693,27	695,02	695,69	699,36	684,14
16620	1115	667,71	669,73	671,01	671,52	674,30	663,50
15488	2247	644,40	646,38	647,61	648,09	650,62	640,08
14465	3270	641,07	642,93	644,15	644,62	647,29	636,38
13237	4498	640,10	641,83	643,01	643,47	646,10	635,48
10410	7325	636,65	638,67	639,93	640,41	642,92	631,83
8840	8895	635,48	637,42	638,59	639,03	641,34	630,56
7255	10480	634,36	636,39	637,58	638,01	640,23	629,03
6416	11319	633,85	635,89	637,06	637,48	639,75	628,29
5880	11855	633,68	635,60	636,71	637,13	639,31	628,13
5217	12518	633,20	635,06	636,13	636,52	638,58	627,82
4787	12948	632,91	634,77	635,83	636,22	638,28	627,55
4415	13320	632,43	634,26	635,30	635,67	637,69	627,32
3512	14223	631,79	633,48	634,42	634,76	636,55	626,82
2968	14767	631,18	632,71	633,61	633,95	635,75	626,57
1274	16461	629,45	631,16	632,11	632,45	634,18	625,32

*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 desenhos 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, além das principais estruturas atingidas em cada cenário. 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 resumizam 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 [m³/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 do Mapa
RDC 1 - Rompimento por colapso do vertedouro com vazão decamilenar (1384 m ³ /s)	PAE-PTI-MAP01-RDC01_revB
RDC 2 - Rompimento por colapso do vertedouro em dia seco, com vazão média de longo termo (14,6 m ³ /s)	PAE-PTI-MAP02-RDC02_revB
RDC 3 - Rompimento por colapso do vertedouro com vazão de TR 2 anos (293 m ³ /s)	PAE-PTI-MAP03-RDC03_revB
RDC 4 - Rompimento por colapso do bloco esquerdo de fechamento do barramento com vazão decamilenar (1384 m ³ /s)	PAE-PTI-MAP04-RDC04_revB

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 a seguir 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 colapso do vertedouro com vazão decamilenar (1384 m³/s)	PAE-PTI-MAP05-PER01_revB
RDC 2 - Rompimento por colapso do vertedouro em dia seco, com vazão média de longo termo (14,6 m³/s)	PAE-PTI-MAP06-PER02_revB
RDC 3 - Rompimento por colapso do vertedouro com vazão de TR 2 anos (293 m³/s)	PAE-PTI-MAP07-PER03_revB
RDC 4 - Rompimento por colapso do bloco esquerdo de fechamento do barramento com vazão decamilenar (1384 m³/s)	PAE-PTI-MAP08-PER04_revB

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 (293 m³/s)	PAE-PTI-MAP09-TR2_revB
TR 10 anos (525 m³/s)	PAE-PTI-MAP10-TR10_revB
TR 50 anos (729 m³/s)	PAE-PTI-MAP11-TR50_revB
TR 100 anos (815 m³/s)	PAE-PTI-MAP12-TR100_revB
TR 10.000 anos (1384 m³/s)	PAE-PTI-MAP13-TR10000_revB

IX. Apêndices Externos

Documento nº PAE-PTI-DOC02_Apêndices-G-H

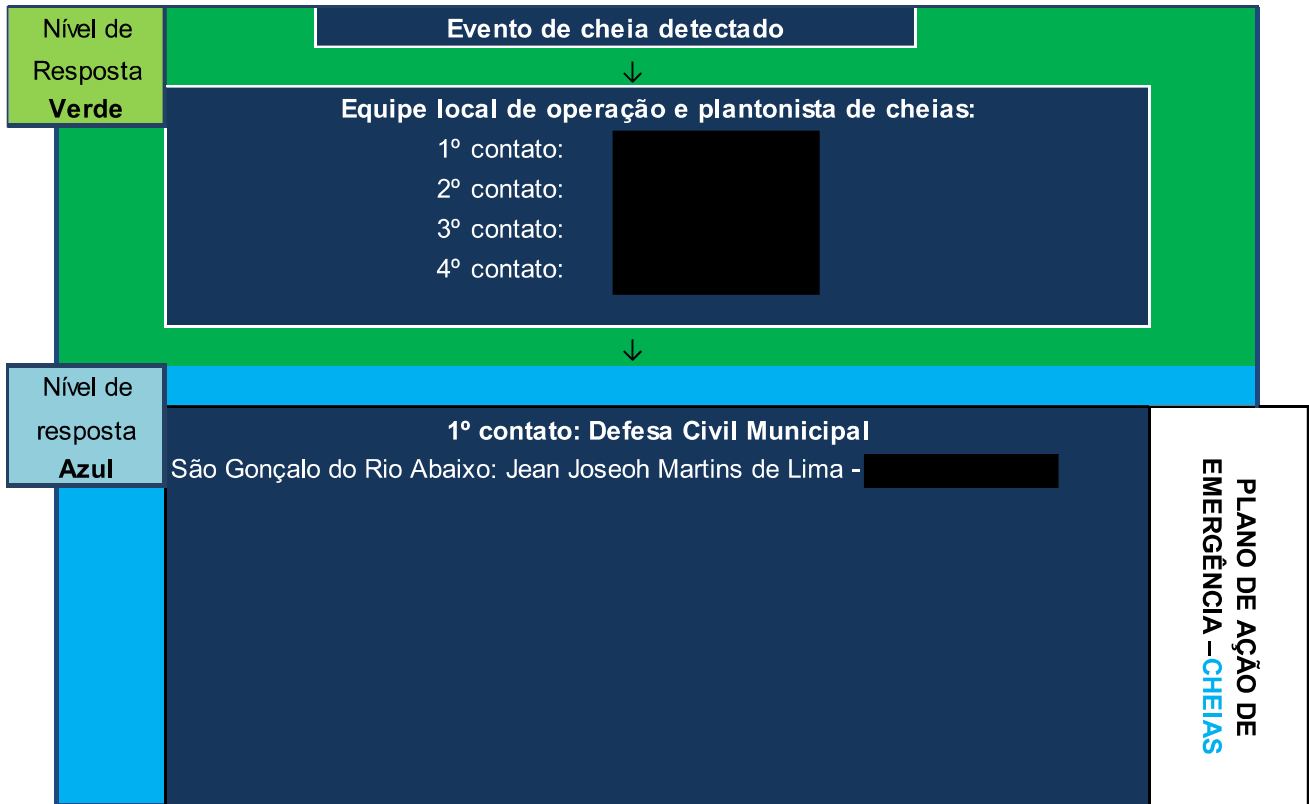
G. Controle de distribuição digital deste PAE¹

Nome do Responsável	Função/Entidade
Ivan Sérgio Carneiro	Coordenador do PAE – Cemig GT
Diego Antônio F. Balbi	Coordenador Técnico Civil – Cemig GT
Fabiano de Sousa Botelho	Gerente da Equipe Local – Cemig GT
Paulo Henrique Camargos Firme	Diretor – Defesa Civil Estadual Minas Gerais
Jean Joseoh Martins de Lima	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de São Gonçalo do Rio Abaixo

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

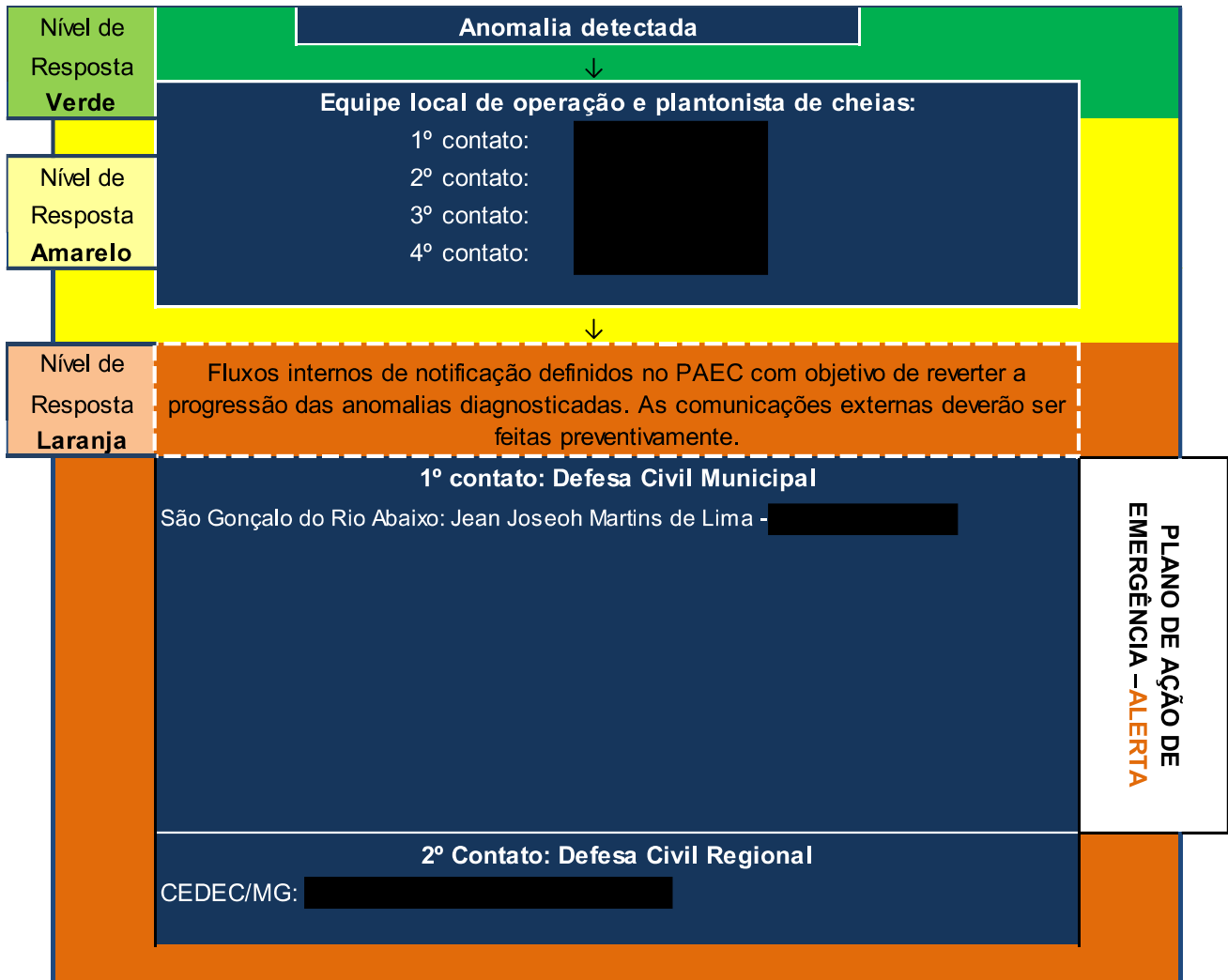


A tabela a seguir, válida para todos os níveis de resposta deste PAE, apresenta a relação do contato do prefeito da cidade a jusante.

Município	Nome	Contato
São Gonçalo do Rio Abaixo	Raimundo Nonato Barcelos	[Redacted]

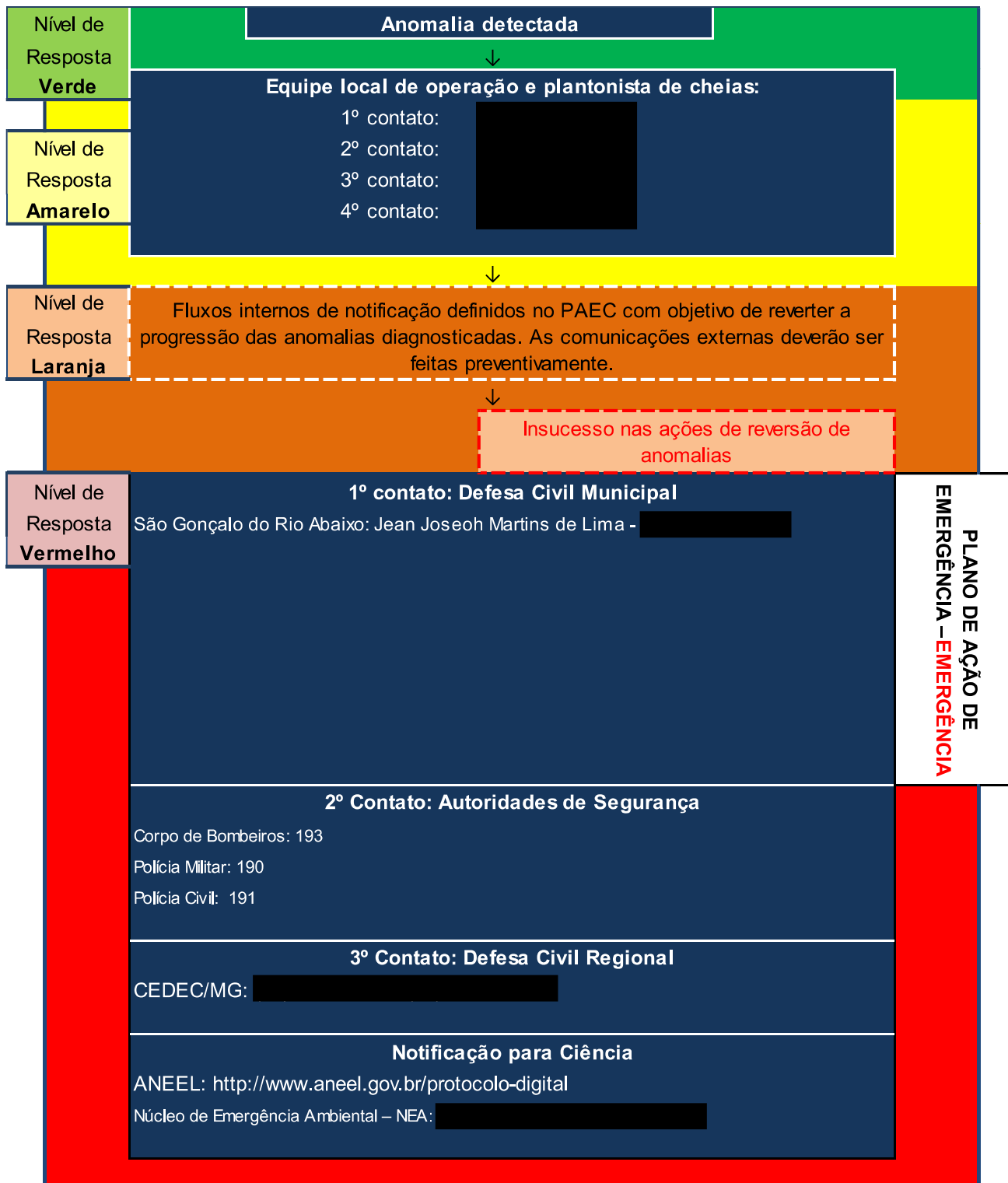
² Apêndice revisado em 19/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

- 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.