

## Barragem da UHE Piau



### PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA – PAE EVENTOS DE CHEIAS E DE 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.002052-4.02

**Documento nº PAE - UHE Piau - revF**

**Responsável pela elaboração:** Cemig GT

**Municípios relacionados (MG):**

Zona de Autossalvamento (ZAS): Piau-MG e Santos Dumont-MG

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
F	17/11/2023	Revisões gerais do documento, incluindo os capítulos de Projeto de Sinalização, Plano de Comunicação, Cadastro Socioeconômico e Instituição do SCO e PC


## 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 .....	7
	A. Empreendedor .....	7
	B. Coordenador do PAE .....	8
	C. Equipe técnica .....	8
	D. Plantonista de cheias.....	9
	E. Sistema de Proteção e Defesa Civil e demais autoridades .....	9
IV.	Níveis de resposta – Identificação e classificação.....	10
	A. Caracterização do Nível de Resposta – CHEIAS .....	13
	B. Caracterização do <b>Nível de Resposta – ALERTA</b> .....	14
	C. Caracterização do Nível de Resposta – EMERGÊNCIA.....	14
V.	Procedimentos de notificação .....	15
	A. Fluxograma de ações e de notificação do Nível de Resposta - CHEIAS .....	15
	A. Fluxograma de ações e notificação do Nível de Resposta - ALERTA .....	16
	B. Fluxograma de ações e notificação em situação de EMERGÊNCIA .....	17
VI.	Procedimentos preventivos e corretivos.....	18
	A. Zona de Autossalvamento (ZAS) .....	18
	B. Monitoramento de vazões .....	18
	C. Parâmetros para comunicação do plantonista de cheia: Nível de Resposta - CHEIAS.....	20
VII.	Cadastro Socioeconômico .....	20
VIII.	Projeto de Sinalização de Rotas de Fuga e Pontos de Encontro.....	23
IX.	Implantação do Sistema de Comando e Operação (SCO) e Posto de Comando (PC)a Sala de Situação .....	25

X.	Plano de Comunicação.....	26
A.	Meios de Comunicação.....	27
B.	Canais de Comunicação .....	29
C.	Outras Ações de Comunicação .....	29
XI.	Encerramento das operações .....	29
XII.	Apêndices .....	30
A.	Ficha Técnica da Barragem .....	31
B.	Mensagem de notificação Padrão .....	32
C.	Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética .....	33
1.	Cenário RDC 1: Rompimento por galgamento ou piping da barragem de terra com vazão decamilenar (217 m <sup>3</sup> /s).....	33
2.	Cenário RDC 2: Rompimento por galgamento ou piping da barragem de terra com vazão de TR 10 anos (94,0 m <sup>3</sup> /s).....	35
3.	Cenário RDC 3: Rompimento por galgamento ou piping da barragem de terra em dia seco, com vazão média de longo termo (6,00 m <sup>3</sup> /s).....	36
D.	Principais pontos de inundação .....	38
E.	Tempos de chegada e pico de onda .....	40
F.	Lista de mapas temáticos e manchas de inundação .....	43
XIII.	Apêndices Externos .....	45
A.	Controle de distribuição digital deste PAE.....	46
B.	Plano de chamadas para notificação deste PAE .....	47

## I. Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
A	30/04/2019	Emissão inicial
B	30/09/2019	Revisão periódica
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	20/04/2022	Revisão de apêndices e página de assinaturas
F	xx/11/2023	Revisões gerais do documento, incluindo os capítulos de Projeto de Sinalização, Plano de Comunicação, Cadastro Socioeconômico e Instituição do SCO e PC

DocuSigned by:  
  
3C6057D99C02446...

Diogo Carneiro Ribeiro Bueno Martins  
Responsável Técnico pela Elaboração do  
PAE  
CREA-MG: 163375/D

DocuSigned by:  
  
46FF9ACC7BE24F8...

Ivan Sérgio Carneiro  
Coordenador Executivo do PAE  
Gerente de Planejamento Energético

DocuSigned by:  
  
1CB571D9E4FF4EA...

Aprovado por: Henrique Siqueira de Castro  
Superintendência de Operação de Ativos da  
Geração e Transmissão

DocuSigned by:  
  
324C2F3C929E423...

Responsável Legal: Thadeu Carneiro da Silva  
Diretor da Cemig Geração e Transmissão

## 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 Piau, para atendimento regulatório à Lei Federal de Segurança de Barragens nº 12.334/2010 e Resolução Normativa ANEEL nº 1064/2023. Serão apresentadas premissas adotadas e mapas de inundação de cada cenário simulado. O Plano trata-se, assim, 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). 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 Prevenção e Resposta Civil a Potenciais Emergências em Barragens (PPRC) que define procedimentos internos de comunicação e resposta civil das equipes envolvidas em Segurança de Barragens da Cemig, frente às situações anormais detectadas na barragem. Trata-se de um documento da instalação, no qual se definem as ações internas do empreendedor que visam recuperar as condições de segurança estrutural e operacional da barragem.

### C. Caracterização da barragem

A UHE Piau é um empreendimento concedido à CEMIG Geração Sul S.A., constituído por um barramento de terra homogênea, com altura máxima de 24,50 m, e comprimento da crista de 95 m. Seu reservatório possui, aproximadamente, 0,27 km<sup>2</sup> de área inundada no NA Máximo Normal e capacidade máxima de acumulação 1,16 hm<sup>3</sup>. O Rio Piau, onde se localiza a usina, é afluente do rio

Paraíba do Sul, na Zona da Mata de Minas Gerais. As coordenadas da UHE Piau são 21°19'22" Sul e 43°24'12" Oeste.

O sistema extravasor da UHE Piau é composto por um Vertedouro de Crista Livre (VL) com capacidade de descarga máxima de 165 m<sup>3</sup>/s, situado na ombreira direita do barramento, e um Vertedouro tipo tulipa (VT) com capacidade máxima de 60 m<sup>3</sup>/s (Figura 1).



**Figura 1 – Vertedouros da UHE Piau (VL, à esquerda, e VT, à direita)**

Situado na margem direita do reservatório a, aproximadamente, 450 m da barragem, a tomada d'água da UHE Piau é construída em concreto armado, sendo controlada por duas comportas, operadas manualmente. A água captada é conduzida por um túnel de adução, com cerca de 2.650 m de extensão e 9,50 m<sup>2</sup> de seção, até a chaminé de equilíbrio. Na sequência, têm-se dois condutos forçados metálicos de, aproximadamente, 860 m de comprimento, os quais alimentarão as duas unidades geradoras localizadas na casa de força da UHE Piau.

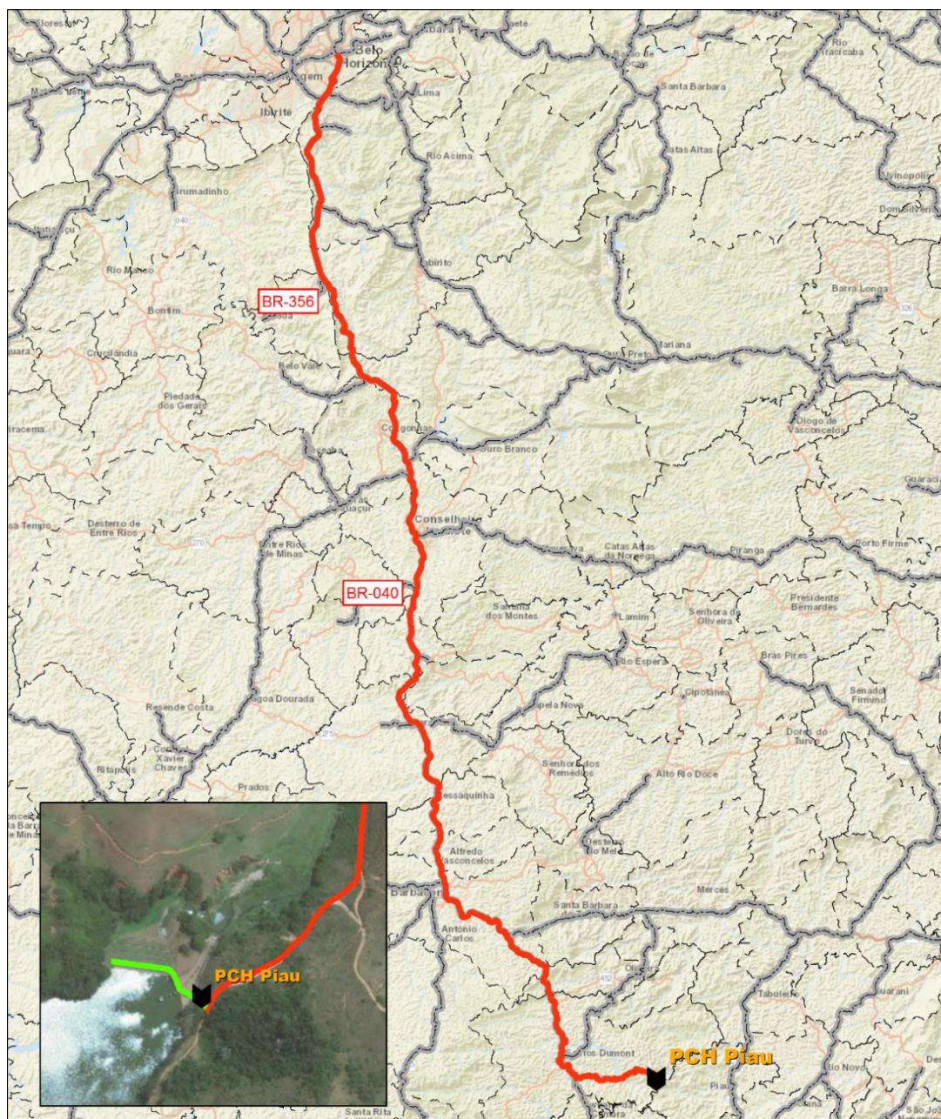
À jusante da UHE Piau localizam-se três empreendimentos hidrelétricos em operação:

- PCH Nova Maurício (rio Novo), a 83,3 km;
- PCH Maurício (rio Novo), a 102 km; e
- UHE Barra do Braúna (rio Pomba), a 197 km da PCH Piau.

A montante, estão localizadas:

- PCH Anna Maria (8,18 km);
- PCH Guary (6,19 km), ambas no rio do Pinho.

O acesso a partir de Belo Horizonte é mostrado na Figura 2, e faz-se pela BR-356, sentido sudoeste. Segue-se por esta rodovia até encontrar a BR-040 em Conselheiro Lafaiete – MG. A partir deste ponto, segue-se pela BR-040 por cerca de 120 km até o município de Santos Dumont – MG. Continua-se por esta rodovia até o acesso ao município de Piau – MG, partir do qual se percorrem aproximadamente 20 km, no sentido leste, até o barramento da usina pela margem direita. Por sua vez, a margem esquerda pode ser acessada pela crista do barramento.



**Figura 2 - Acesso ao empreendimento**

### III. Responsabilidades gerais no PAE

#### A. Empreendedor

A Cemig GT é a responsável pelas ações em segurança de barragens de estruturas do Grupo CEMIG, incluindo às relativas a CEMIG Geração Sul S.A. 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 manter atualizado o PAE;
- promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;
- realizar simulados de evacuação da população residente na Zona de Autossalvamento (ZAS), em conjunto com os órgãos de proteção e defesa civil.

## **B. Coordenador do PAE**

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

- detectar, avaliar e declarar os níveis de resposta de acordo com o código de cores padrão definidos no PPRC e no PAE;
- executar as ações descritas no PAE atribuídas ao nível de resposta;
- executar as ações previstas nos fluxogramas de notificação correspondente ao nível de resposta;
- garantir que os envolvidos no PAE sejam capacitados e treinados, assegurando o estado de prontidão;
- promover a integração deste PAE aos planos de contingência municipais (PLANCONs);
- emitir declaração de encerramento da emergência;
- providenciar a elaboração do relatório de fechamento de eventos de emergência.

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 (09h00 às 18h00), 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: <b>Ivan Sérgio Carneiro</b> Gerente de Planejamento Energético	

## **C. Equipe técnica**

Conforme previsto na Resolução Normativa ANEEL nº 1064/2023, “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 PPRC (documento interno), contendo os seus contatos e hierarquia.

#### **D. Plantonista de cheias**

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

- detectar, avaliar e declarar os níveis de resposta de acordo com o código de cores padrão definidos no PPRC e no PAE;
- acionar o Coordenador do PAE;
- executar as ações descritas no PAE atribuídas ao nível de resposta, na ausência do Coordenador do PAE;
- executar as ações descritas nos fluxogramas de notificação correspondente ao nível de resposta, na ausência do Coordenador do PAE;
- atuar na tomada de decisão operativa de alteração da defluência da usina e operação do reservatório.

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 a 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**

<b>Contato de Emergência</b>	<b>Forma de comunicação</b>
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.

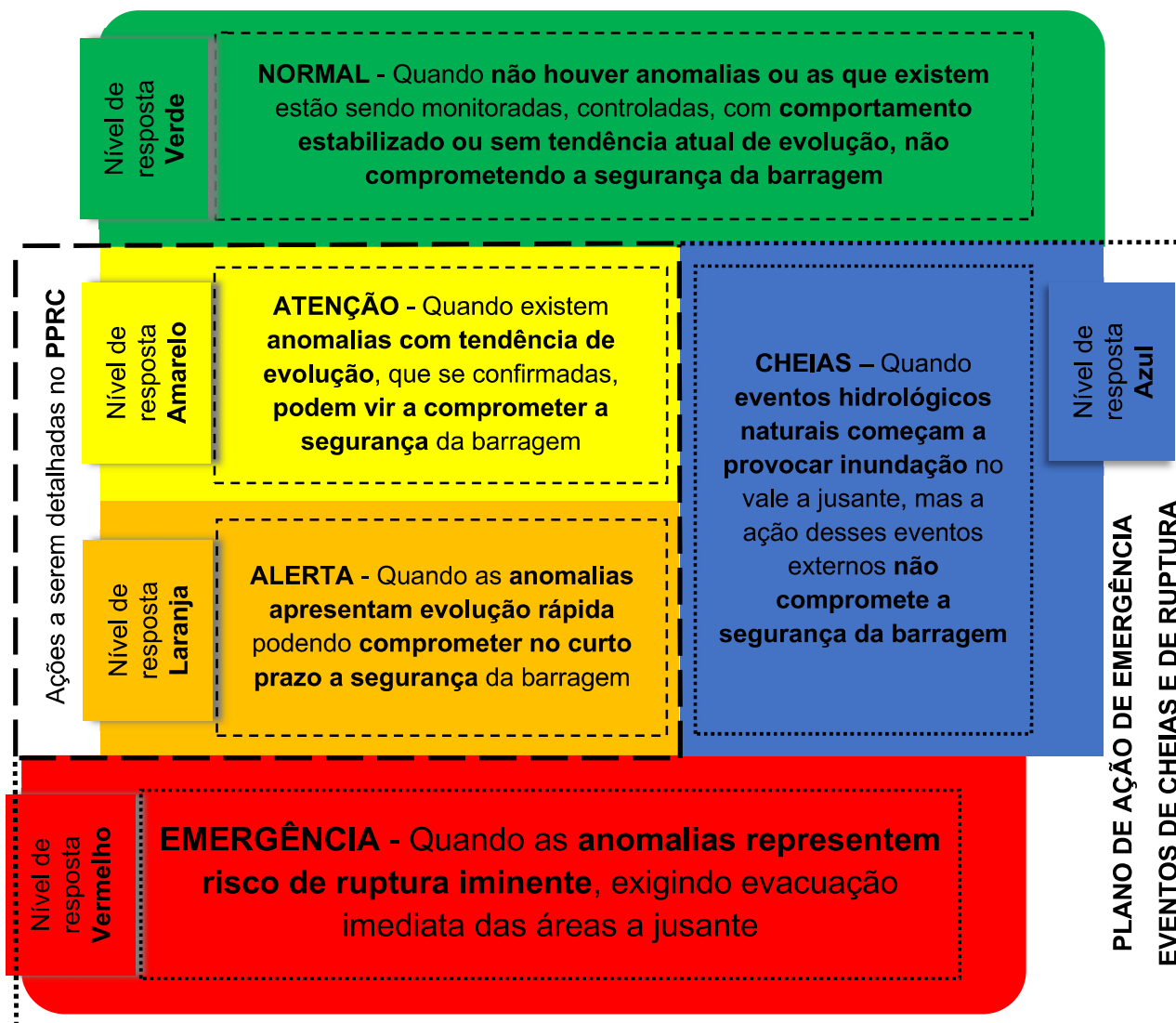
**Além disso é importante que os órgãos locais informem ao empreendedor no caso de alteração de risco associado às vazões mapeadas.**

A lista de contatos da Defesa Civil para distribuição digital deste PAE e o plano de chamadas para acionamento dos Níveis de Resposta aqui previstos, encontram-se nos apêndices externos deste documento. Eles serão atualizados 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 classificação

Os níveis de resposta do Plano de Ação de Emergência é a gradação dada às situações que podem comprometer a segurança da barragem e/ou das áreas do vale a jusante. Ao detectar-se uma situação que possivelmente comprometa a segurança da barragem e/ou das áreas no vale a jusante, a situação deverá ser avaliada e classificada, de acordo com o nível de resposta e código de cores padrão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Caracterização dos Níveis de Resposta**



As ações internas nos níveis de resposta de Normal a Vermelho estão detalhadas no Plano de Emergência da Barragem, integrante do Plano de Prevenção e Resposta Civil a Potenciais Emergências em Barragens (PPRC), 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 usina. Além disso, o PPRC 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 resposta 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	Instrumentação	Ausência de monitoramento, análise ou manutenção	Normal (Verde)
		Resultados anômalos da instrumentação de auscultação da barragem	
	Equipamentos	Indisponibilidade total do sistema de monitoramento de níveis e afluência de cheias (previsão)	Atenção (Amarelo)
Anomalias na barragem, ombreiras e área a jusante	Trincas	Trincas superficiais	Atenção (Amarelo)
		Trincas profundas estáveis, documentadas e monitoradas.	
		Presença de trincas transversais e longitudinais profundas sem percolação de água: <ul style="list-style-type: none"> <li>Que não estabilizam</li> <li>Passantes ou não, de montante para jusante</li> </ul>	
	Surgências (áreas encharcadas, água surgindo ou infiltrações)	Presença de trincas transversais passantes, de montante para jusante, com percolação de água	Atenção (Amarelo)
		Surgência de água próximo à barragem ou ombreiras: <ul style="list-style-type: none"> <li>Não documentada e/ou não monitorada</li> <li>Com carreamento de materiais de origem desconhecida</li> <li>Aumento das infiltrações com o tempo</li> <li>Água saindo com pressão</li> </ul>	
	Abatimento / Deslizamento	Deslizamento do maciço através da crista ou talude, reduzindo borda livre e/ou seção transversal	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	Impossibilidade de notificação	Normal (Verde)
	Período chuvoso	Impossibilidade de notificação	Atenção (Amarelo)

Ocorrência		Cenários Possíveis	Eventuais medidas de intervenção	Nível
Cheias	Nível	Nível de água acima do Máximo Maximorum	Se possível, reduzir nível através do aumento do vertimento <b>Responsável: plantonista de cheias</b>	Alerta (Laranja)
	Galgamento da barragem	Galgamento da barragem iniciado	Se possível, reduzir nível através do aumento do vertimento. <b>Acionar fluxo de comunicação.</b> Iniciar estado de alerta no vale a jusante. <b>Responsável: plantonista de cheias</b>	
Ruptura da Barragem		<ul style="list-style-type: none"> <li>Tombamento da barragem</li> <li>Abertura de brecha no maciço com descarga incontrolável de água</li> <li>Colapso completo do maciço</li> </ul>	<b>Acionar fluxo de comunicação.</b> Iniciar <b>evacuação</b> do vale a jusante. <b>Responsável: plantonista de cheias</b>	Emergência (Vermelho)

### A. Caracterização do Nível de Resposta – CHEIAS

O **Nível de Resposta– CHEIAS** é um dos níveis que aciona este Plano de Ação de Emergência, ou seja, quando **eventos hidrológicos naturais começam a provocar inundação** no vale a jusante, mas a ação desses eventos externos **não compromete a segurança da barragem**. Assim, o presente PAE é acionado quando está sendo **verificado um evento de cheia natural** que coloque pessoas em situação de inundação, podendo ser caracterizado pela CEMIG ou defesa civil. O **contato de comunicação** é realizado visando que sejam tomadas medidas para a redução dos danos materiais e humanos do evento identificado.

Assim, o **Nível de Resposta – CHEIAS** é acionado de forma a informar sobre as condições naturais e as vazões do rio Piau que serão repassadas pela UHE Piau para jusante. É verificado que, mesmo para vazões abaixo da vazão de projeto dos vertedouros das barragens, existem impactos significativos para a população de jusante. Assim, 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 PAE seja um instrumento que formaliza a disponibilidade de comunicação entre empreendedor e agentes locais.

Sinteticamente, para o **Nível de Resposta - CHEIAS**:

- a barragem **não apresenta** anomalia que comprometa a sua segurança;
- entende-se que o **vale à jusante está em situação de inundação** e será necessário acionar os procedimentos de comunicação e notificação externos previstos no PAE para atuação dos órgãos de proteção e defesa civil em resposta à situação de inundação;
- pode ser necessária a comunicação e evacuação da população a jusante, a critério da defesa civil municipal ou conforme estabelecido no PLANCON;

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 de Piau, correspondentes aos Tempos de Retorno (TR) de 2, 10, 50, 100, e 10.000 anos.

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

O **Nível de Resposta – Alerta** é um dos níveis que aciona este Plano de Ação 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 – 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.

Em suma:

- A evolução rápida de anomalias pode comprometer a segurança da barragem no curto prazo;
- São demandadas ações internas imediatas visando evitar a ruptura da barragem;
- Pode haver a necessidade de iniciar as ações de comunicação para evacuar as áreas preventivamente;
- A previsão meteorológica e 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 – EMERGÊNCIA**

O **Nível de Resposta – EMERGÊNCIA** é o nível que aciona este Plano de Ação 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 ainda, quando 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 a ruptura é 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 de notificação externos previstos no PAE para iminente ruptura;
- Evacuação necessária interna e externamente;
- Avisar/alarmar a Zona de Autossalvamento (ZAS);
- Acionar os procedimentos de comunicação e notificação previstos no PAE para ruptura em progresso e as ações de evacuação previstas nos planos de contingências (PLANCON) 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 ao longo do rio Piau, no município de Piau, na Zona da Mata mineira. Dada a incerteza de como uma barragem pode romper-se e seus reais efeitos, foi realizado um estudo de ruptura hipotética, considerando quatro diferentes cenários de ruptura.

## V. Procedimentos de notificação

### A. Fluxograma de ações e de notificação do **Nível de Resposta - CHEIAS**

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

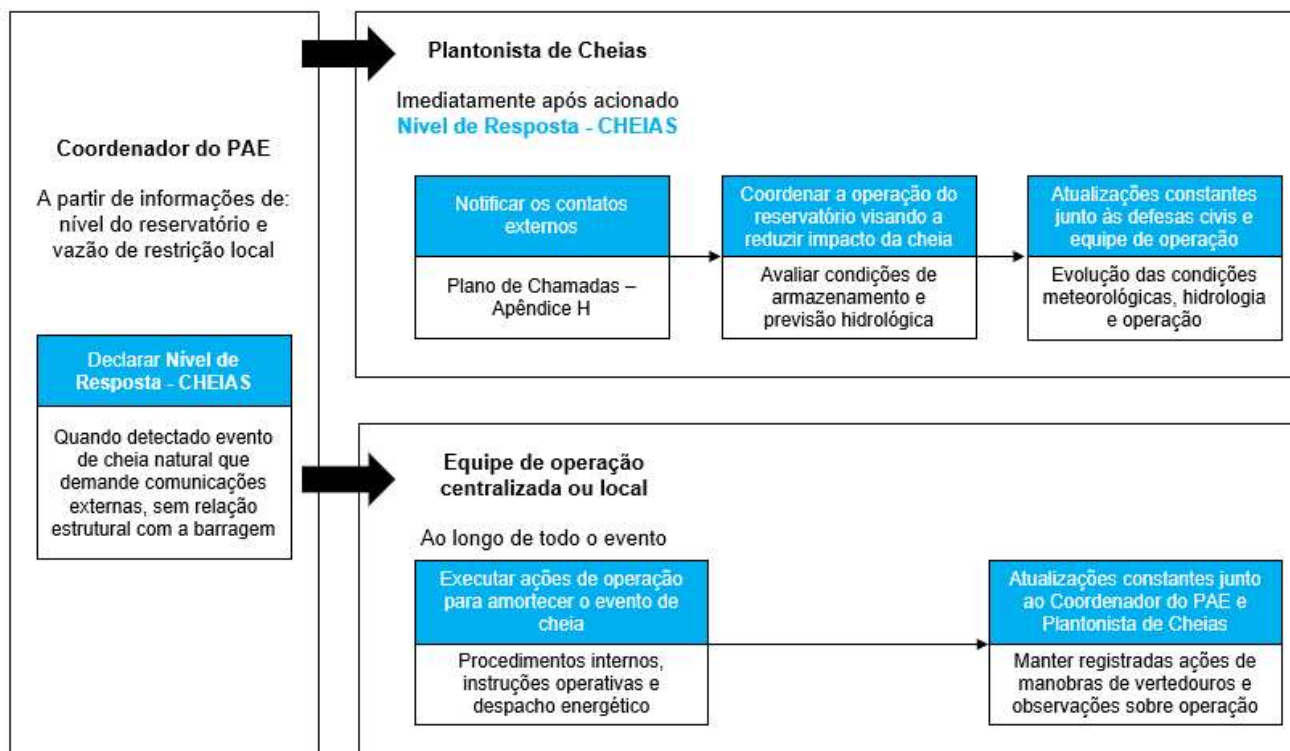


Figura 3 - Fluxograma em situação de CHEIAS

#### A. Fluxograma de ações e notificação do Nível de Resposta - ALERTA

O fluxograma de ações e de notificação durante o **Nível de Resposta - ALERTA** possui um caráter de prevenção de impactos causados por um possível insucesso nas ações em andamento para controle de anomalia estrutural da barragem. Os contatos que fazem parte do Plano de Chamadas – Apêndice H devem contar com atualizações e verificações frequentes. Os dados que subsidiam a realização de ações para controle de anomalias e para reduzir o nível de resposta, bem como de evacuações de áreas industriais, fazem parte do PPRC, documento interno do empreendimento. O quadro da Figura 4 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando do acionamento do **Nível de Resposta - ALERTA**.



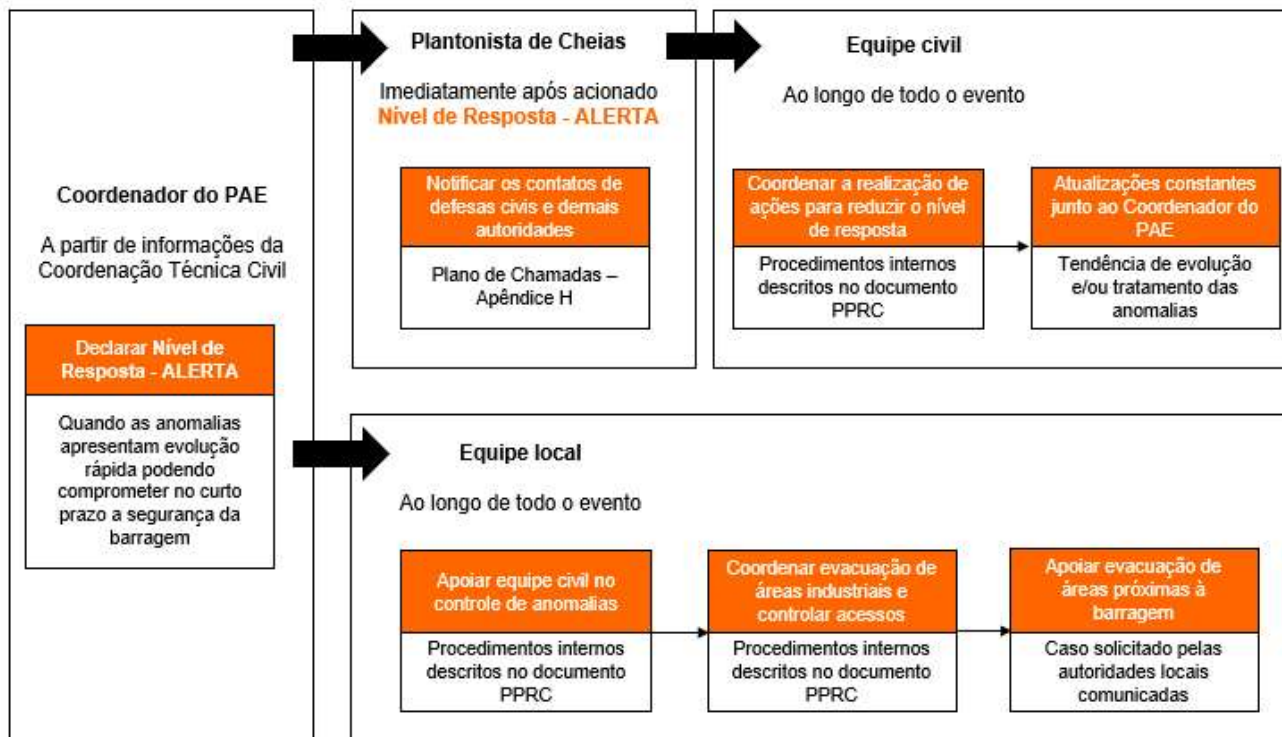


Figura 4 - Fluxograma do Nível de Resposta - ALERTA

## B. Fluxograma de ações e notificação em situação de EMERGÊNCIA

O fluxograma de ações e de notificação durante o **Nível de Resposta - 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 H 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 PPRC, documento interno do empreendimento. O quadro da Figura 5 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando do acionamento do **Nível de Resposta - EMERGÊNCIA**.

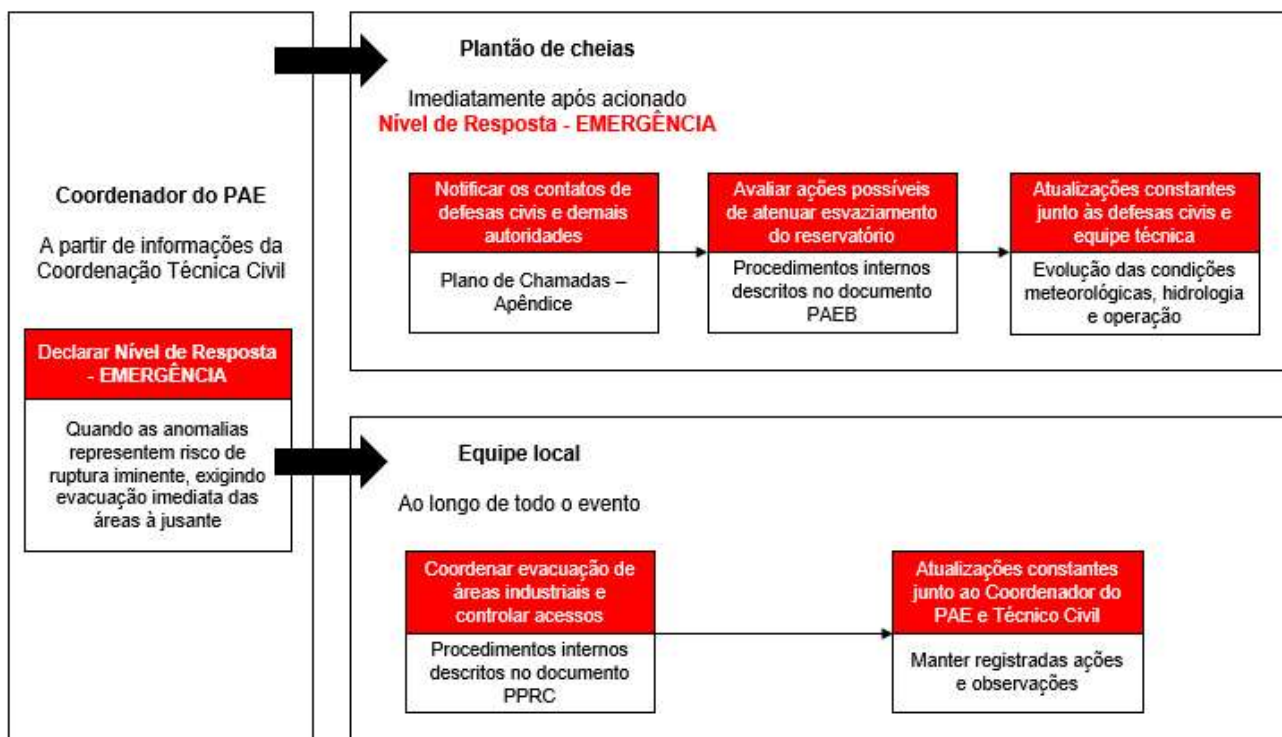


Figura 5 - Fluxograma em situação EMERGÊNCIA

## VI. Procedimentos preventivos e corretivos

### A. Zona de Autossalvamento (ZAS)

Para a UHE Piau, 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 10 km a jusante, na qual são observados aglomerados populacionais que deverão ser previamente treinados por meio de simulados de evacuação e diretamente notificados em eventual situação de emergência, não dependendo da atuação das autoridades competentes.

O centro urbano mais próximo, a jusante da barragem, é do município de Piau – MG, localizado a cerca de 15 km.

### B. Monitoramento de vazões

Além dos dados operativos da UHE Piau, o Grupo CEMIG opera diversos postos de monitoramento a montante e a jusante de suas barragens, os quais serão acompanhados para a emissão de alertas para o vale a jusante durante situações de cheias ou emergências, listados na Tabela 5:

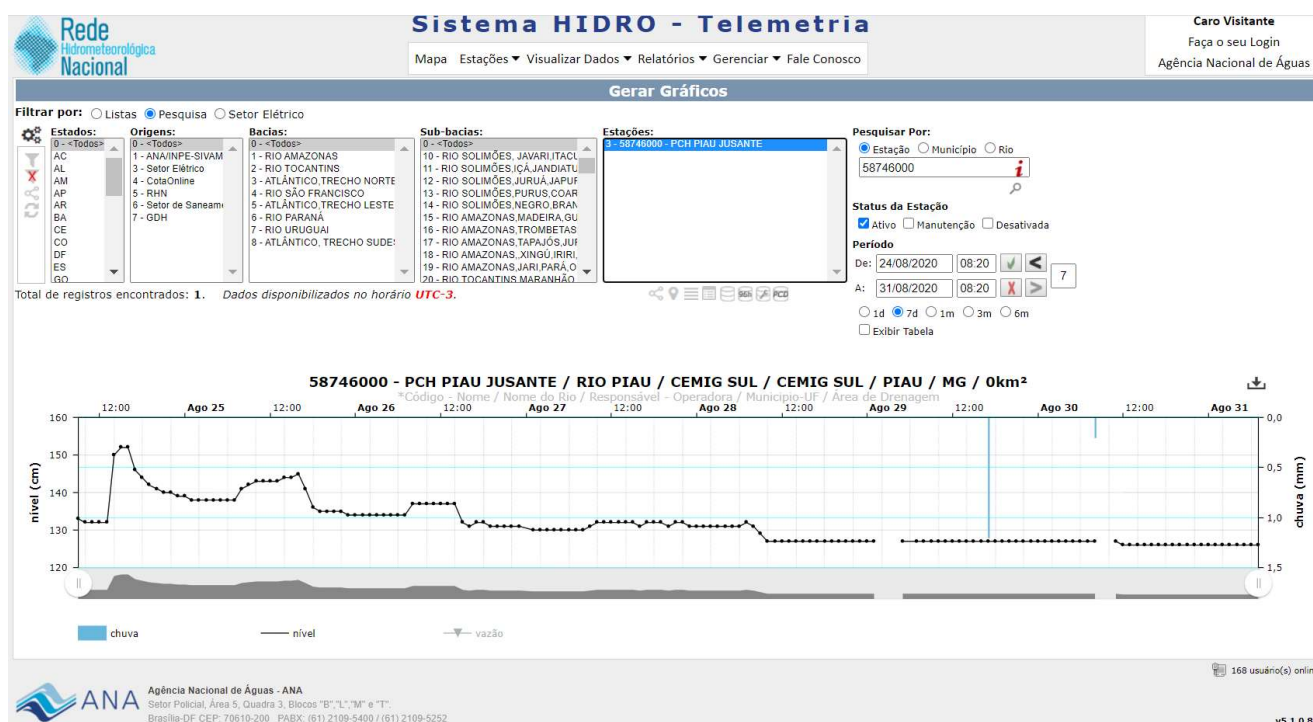
**Tabela 5 - Postos de monitoramento**

Bacias	Sub-bacias	Operador	Estações
5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE	58 – RIO PARAÍBA DO SUL	CEMIG	3 - 58745080 – UHE Piau Barramento
5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE	58 – RIO PARAÍBA DO SUL	CEMIG	3 - 58746000 – UHE Piau Jusante

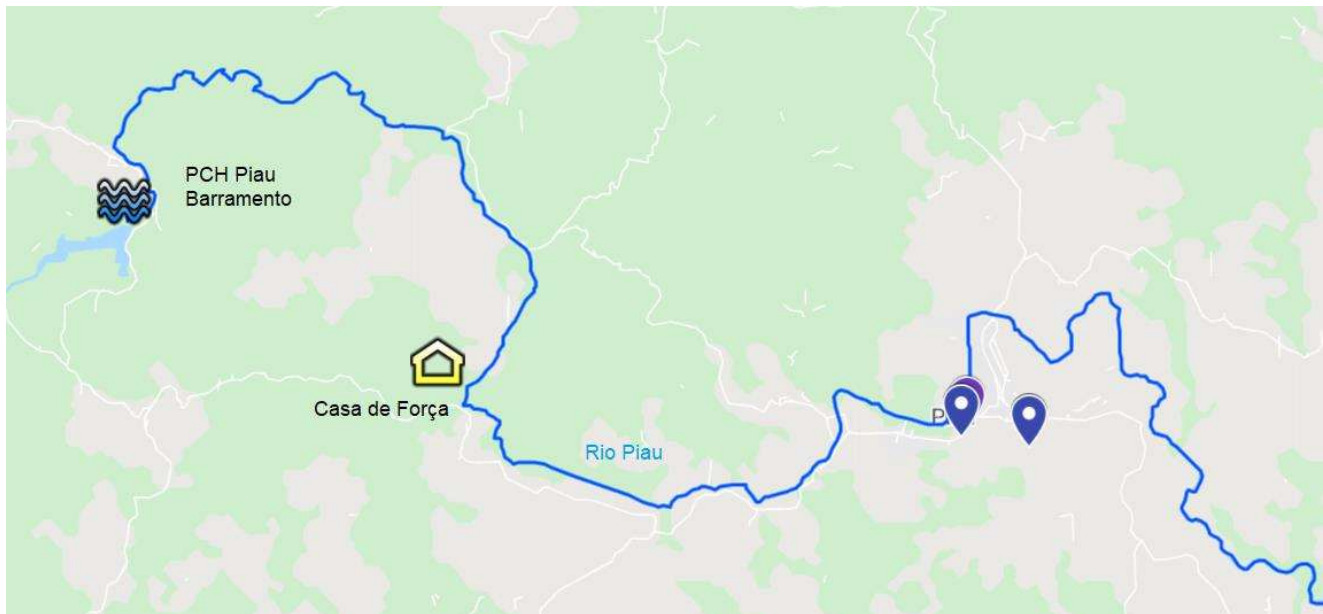
Pelo portal Gestor PCD da Agência Nacional de Águas – ANA é possível verificar os dados em tempo real dos postos de monitoramento: <http://gestorpcd.ana.gov.br/gerarGrafico.aspx>. Para selecionar os postos de interesse, escolhe-se o Estado: MG, Origem: Setor Elétrico, Bacia: 5 – Atlântico Leste, Sub-bacia: 58 – Rio Paraíba do Sul, e Estação: conforme listagem cima.

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 no portal Gestor PCD.

**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 afluentes à UHE Piau, antecipando eventos de cheias para acompanhando e previsão do avanço de onda de ruptura. É possível acessar a versão online do mapa por meio do endereço: [http://bit.ly/FLU\\_PIAU](http://bit.ly/FLU_PIAU)



**Figura 7 - Mapa de localização de estações de monitoramento da CEMIG**

### **C. Parâmetros para comunicação do plantonista de cheia: **Nível de Resposta - CHEIAS****

Por se tratar de uma UHE com de crista livre e com um reservatório com pouca capacidade de regularização. Ainda assim, é possível dar previsibilidade da vazão afluente aos municípios de jusante. O monitoramento de vazões ordinárias da UHE Piau será realizado através dos postos hidrométricos a montante, operados pela Grupo Cemig. Assim, a Instrução para Controle de Vazões para a operação da UHE Piau estabelece uma **vazão de restrição de 95 m<sup>3</sup>/s**, acima da qual deverão ser comunicados os municípios a jusante, embora não seja uma vazão alta (TR menor que 5 anos).

Ocorre que a UHE Piau é uma usina a fio d'água, cuja operação, via de regra, resume-se a defluir a mesma vazão afluente, sem a possibilidade de armazenamento. Por isso, a equipe de programação e controle de cheias da Cemig GT deverá interagir sempre com a operação das usinas de montante (PCH Anna Maria e PCH Guary) para a obtenção da previsão de descargas das respectivas centrais, que possuem maior capacidade de armazenamento de água.

## **VII. Cadastro Socioeconômico**

Em novembro de 2021 foi realizada a primeira campanha de levantamento cadastral das propriedades e pessoas a jusante da UHE Piau e em outubro de 2023 a segunda campanha de cadastro, e adicionalmente, o cadastro de animais domésticos, animais de criação/produção, de edifícios comerciais e públicos, do patrimônio cultural (por meio de dados secundários) e o cadastro de estruturas de apoio ao resgate (hospitais, unidades de saúde, escola, ginásio, entre outros).

Foram feitos 11 registros (cadastros realizados). Esses questionários são divididos em: Casa, Comércio/Estabelecimentos (incluindo a casa de força) e Fauna Pecuária. O cadastro principal é realizado com o proprietário ou responsável pela residência e estende-se aos demais moradores, entretanto com informações mais básicas. O patrimônio cultural foi levantado a partir de dados secundários. A quantificação de cada ficha de cadastro é apresentada na Tabela 6.

**Tabela 6 - Número de questionários aplicados (fonte: Relatório de Cadastro, HIDROBR, 2023).**

Ficha de cadastro	Quantidade	Percentual (%)
<b>Casa</b>	6	54,55
<b>Comércio</b>	3	27,27
<b>Fauna Pecuária</b>	2	18,18
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>100</b>

Para as residências, foram coletadas informações de faixa etária, escolaridade, alfabetização, dados do local da residência (zona, abastecimento de água, esgotamento sanitário, energia elétrica, internet, cobertura do sinal telefônico, coleta de lixo, condição de acesso, ocupação do domicílio) e de veículos na residência. A Tabela 7 abaixo está o resultado do cadastro.

**Tabela 7 - Resultado do cadastro de residências (fonte: Relatório de Cadastro, HIDROBR, 2023)**

Faixa etária (anos)	Quantidade	Percentual (%)
<b>0 a 17</b>	1	8,3
<b>18 a 39</b>	1	8,3
<b>40 a 59</b>	5	41,7
<b>60 ou mais</b>	5	41,7
<b>Não informado</b>	0	0,0
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>100</b>

Para as edificações comerciais, foram coletados o tipo de edificação, zona, abastecimento de água, energia elétrica, internet, cobertura do sinal telefônico, condição de acesso, veículos na economia, população permanente e flutuante, faixa etária da população permanente, escolaridade e alfabetização do proprietário e/ou responsável. **Foram cadastradas no total 3 edificações comerciais** com 6 funcionários fixos e um público flutuante de 50 pessoas.

Na Tabela 8 abaixo está o **quantitativo total da população permanente e flutuante na ZAS**, incluídos os funcionários da UHE Piau, **contabilizado em 75 pessoas**. Reforça-se que 3 dos

moradores da ZAS também foram cadastrados como funcionários de estabelecimentos comerciais da área.

**Tabela 8 - Resultado do cadastro (fonte: Relatório de Cadastro, HIDROBR, 2023)**

Número de pessoas	Quantidade	Percentual (%)
<b>População permanente</b>	15	33,33
<b>População flutuante</b>	50	66,67
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100</b>

Para a fauna, foram cadastrados os animais domésticos, associados aos seus proprietários e imóveis e a fauna pecuária (animais de produção), considerando a localização e endereço do empreendimento, constando os dados do proprietário ou responsável pela pecuária e o quantitativo de animais e sua descrição. Na Tabela 9 estão os resultados do cadastro.

**Tabela 9 - Resultado do cadastro (fonte: Relatório de Cadastro, HIDROBR, 2023)**

Número de animais	Quantidade	Percentual (%)
<b>Animais domésticos</b>	83	28,33
<b>Animais de produção</b>	210	71,67
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100</b>

O Patrimônio Cultural de Piau – MG e Santos Dumont – MG, a partir de dados do Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), indicam que os municípios possuem 3 e 48 bens, respectivamente, entre patrimônios material e imaterial, bens móveis e sítios arqueológicos. **Esses bens não estão localizados na ZAS da UHE Piau**

Como ferramenta de cadastro, foi utilizado o Aplicativo PROX, ferramenta de processamento de dados para Defesas Civis, disponibilizado pela Cemig, e que permite o georreferenciamento de pontos relativos às construções existentes nas áreas atingidas por manchas de inundação resultantes das cheias ordinárias. Todas as informações de cadastro estão disponíveis para a Defesa Civil pelo PROX.

**Os locais classificados como domicílios vazios (04 domicílios) são locais onde não foram encontrados moradores no momento das pesquisas e/ou que se encontravam abandonados.**

## VIII. Projeto de Sinalização de Rotas de Fuga e Pontos de Encontro

Após a caracterização das áreas de risco, por meio dos dados do levantamento cadastral, foram estabelecidas **Rotas de Fuga** visando definir os caminhos que devem ser percorridos até os locais seguros localizados fora da delimitação da mancha de inundação, denominados **Pontos de Encontro**. A sinalização de alerta foi validada pela Defesa Civil local. A localização dos PEs considerou a distância mais segura em uma localidade, evitando riscos potenciais como rodovias, pontes, linhas de trem, Linhas de Transmissão, rede básica de energia, entre outros. A sinalização de alerta pode ser consultada no PROX (Figura 8 e Figura 9).

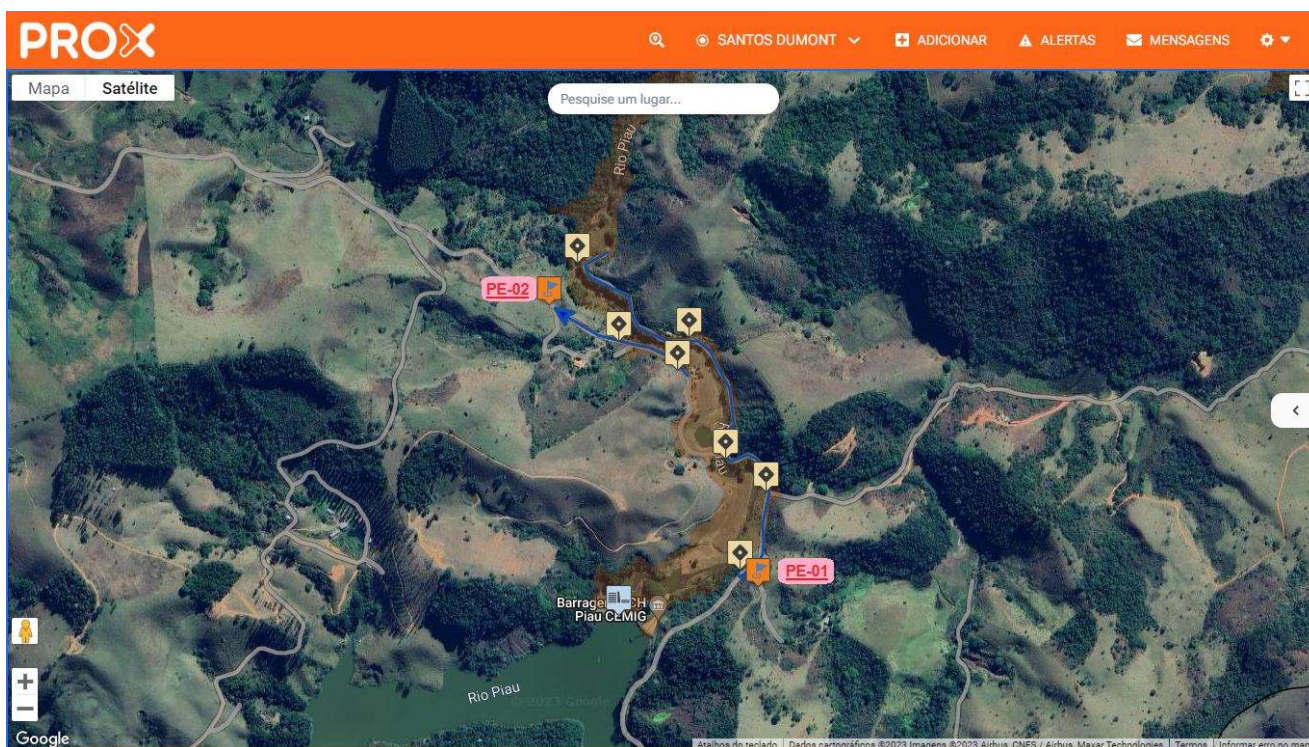


Figura 8 - Localização das placas de sinalização de alerta das Rotas de Fuga e dos Pontos de Encontro no PROX, com barragem de referência – Santos Dumont/MG.

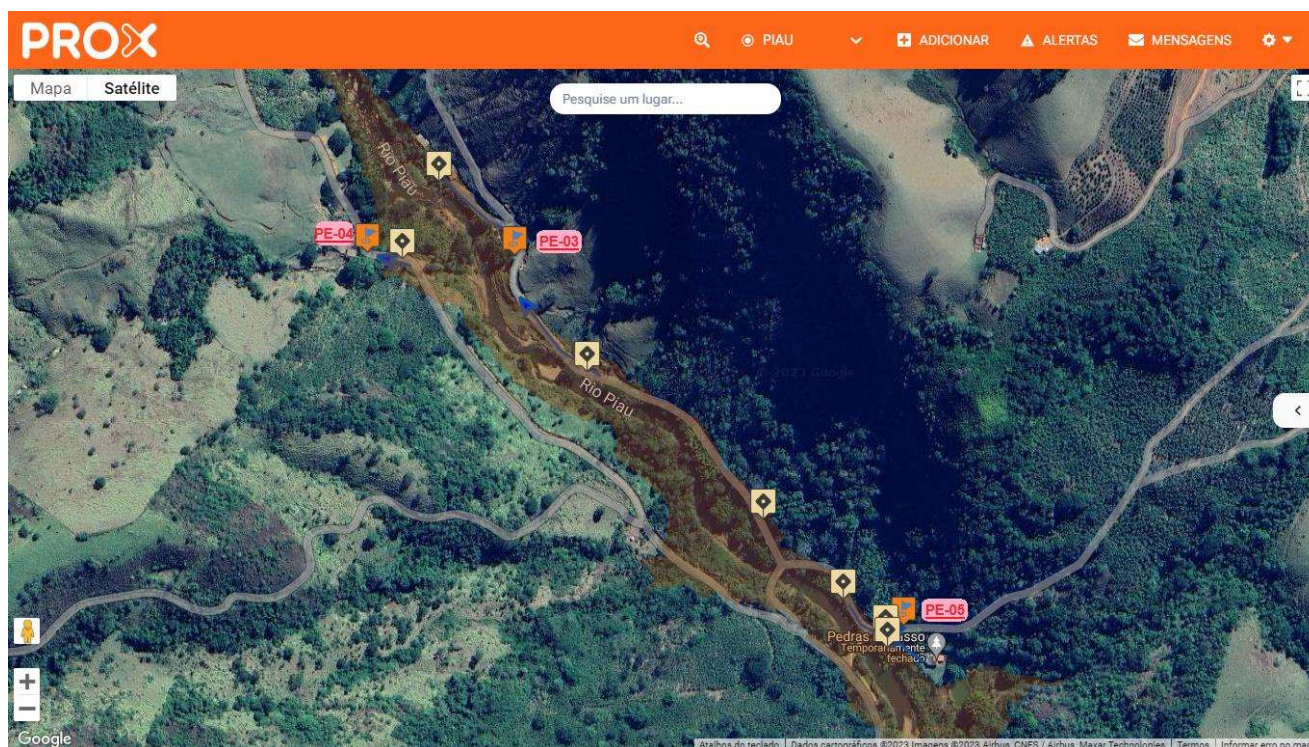


Figura 9 - Localização das placas de sinalização de alerta das Rotas de Fuga e dos Pontos de Encontro no PROX – Piau/MG.

Vale destacar que a população não deve, em hipótese alguma, prolongar sua permanência nas áreas de risco após o alerta pela Defesa Civil para a evacuação, em busca de animais de estimação, objetos ou pertences.

No total, para a área estudada, **foram criadas 05 Rota de Fuga; das quais 14 placas de Rota de Fuga, nos municípios de Santos Dumond e Piau, em Minas Gerais.**

As dimensões, orientações para instalação e modelos sugeridos para as placas de sinalização estão apresentados nas Tabelas X e Y.

Tabela 10 - Dimensões e orientações para instalação placas de sinalização.

Modelo de Placa	Instalação	Comprimento (m) x Altura (m)	Altura em relação à superfície do terreno (m)
<b>Rota de Fuga</b>	Paralelo ao fluxo, seguindo o a localização	0,75 x 0,50	1,80
<b>Ponto de Encontro</b>	Local com boa visibilidade, próximo aos	1,00 x 0,75	1,80

Tabela 11 – Modelos das placas de sinalização.





I - Placa Ponto de Encontro: 100 cm x 75 cm

II - Placa Rota de Fuga: 75 cm x 50 cm

A Tabela 12 apresenta as principais informações referentes às rotas de fuga e aos pontos de encontro, com indicação do número de pessoas esperado, distâncias e tempos de deslocamento.

Tabela 12 – Principais informações sobre as rotas de fuga e pontos de encontro.

Localidade	Ponto de encontro	Rota de fuga	Número estimado de pessoas	População flutuante	Distância do maior percurso (m)	Tempo estimado do maior percurso (min)
Santos Dumond	PE-01	1	0	0	980	20
Santos Dumond	PE-02	1	4	0	350	7
Piau	PE-03	2	7	0	140	3
Piau	PE-04	1	2	0	40	1
Piau	PE-05	2	2	50	80	2
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>50</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

## IX. Implantação do Sistema de Comando e Operação (SCO) e Posto de Comando (PC) a Sala de Situação

O Sistema de Comando e Operação (SCO) deverá ser instaurado assim que o Nível de Resposta – Emergência for declarado. Inicialmente será constituída pelos agentes internos e, caso a situação se

agrave, passarão a integrar, também, os agentes externos. O comando do SCO caberá aos agentes externos, a partir da sua chegada.

No SCO ocorrerá a coordenação e a deliberação das ações de resposta requeridas, onde serão centralizadas as informações coletadas em campo, sendo providenciados os recursos necessários, sejam eles humanos e/ou materiais, para atendimento à situação de emergência.

A preparação inicial do SCO compete à CEMIG, após o acionamento do Coordenador do PAE. É importante que o local possua infraestrutura adequada para sua finalidade.

O SCO deverá manter-se atuante durante todo o período demandado à realização das ações de socorro e de assistência às pessoas atingidas. Cabe ao Coordenador do PAE, em conjunto com os órgãos de proteção e defesa civil deliberarem sobre o encerramento do SCO.

O Local do SCO e PC sugerido para a ZAS da UHE Piau é na Casa de Força da Usina, como demonstrado na imagem abaixo. É importante se reforçar que esse local não se encontra na área de risco da barragem.

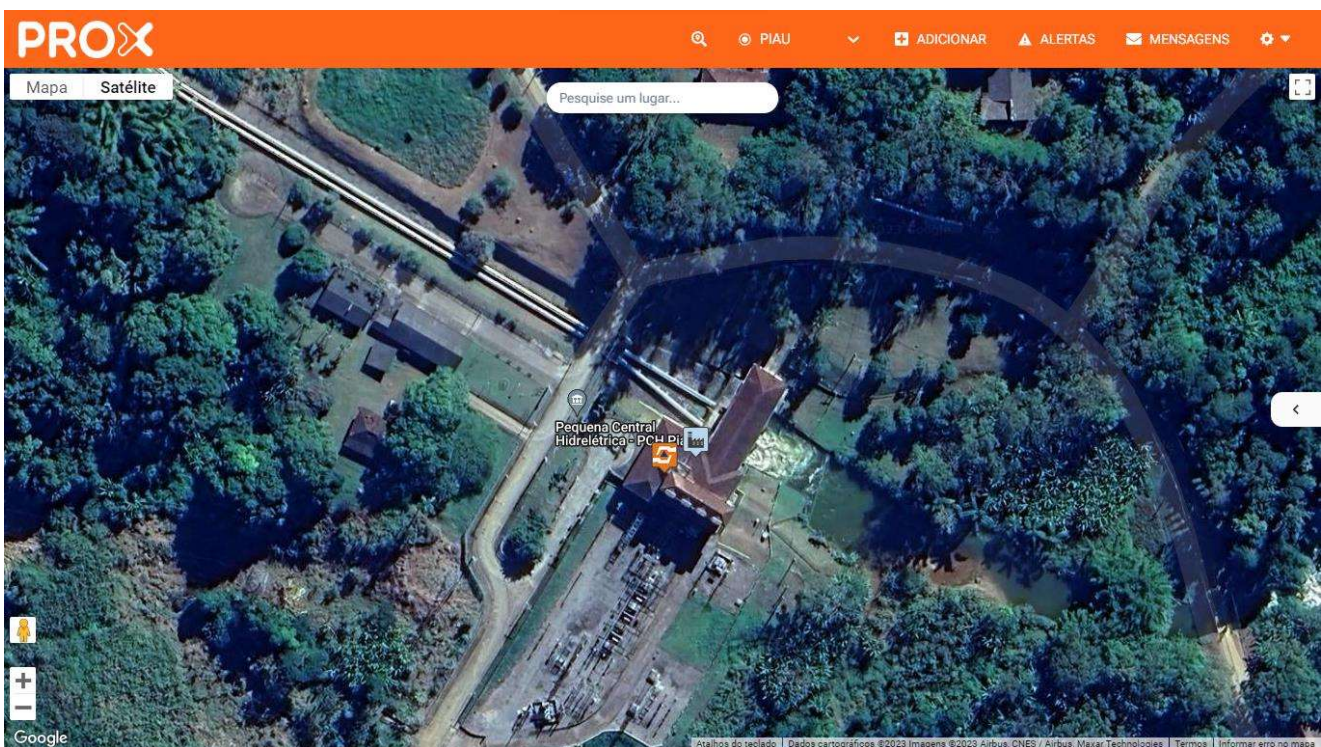


Figura 11 – Localização do SCO e PC (fonte: PROX).

## X. Plano de Comunicação

A eficiente comunicação entre Empreendedor, órgãos externos e indivíduos potencialmente afetados é primordial para o sucesso das ações de resposta. Todas as comunicações estabelecidas deverão ocorrer de forma clara e objetiva, garantindo que as informações sejam compreendidas por todos.

A notificação aos agentes internos do PAE deverá ser estabelecida com o máximo de cuidado, com o conhecimento da hierarquia, mas, também, com atenção à urgência da situação. A necessidade de ações de controle e resposta poderá acontecer em vários tipos de circunstâncias e adversidades. Dessa forma, é necessário que os integrantes do PAE estejam sempre de prontidão e tenham ciência que uma situação de rompimento de barragem poderá ocorrer a qualquer hora, nos dias úteis ou em finais de semana e feriados. Em caso de férias de algum integrante, um substituto deverá ser nomeado para assumir suas funções e responsabilidades.

Os agentes externos indicados no Plano de Chamadas para notificação deste PAE (Apêndice H) devem ser comunicados imediatamente após o acionamento dos **Níveis de Resposta – Cheias, Alerta e Emergência**. No Apêndice B encontra-se a “Mensagem de Notificação Padrão” que deverá ser utilizada para e formalizar o acionamento dos **Níveis de Resposta – Alerta e Emergência** no âmbito externo.

Ademais, informes/comunicações formais deverão ser elaborados e enviados aos órgãos reguladores e fiscalizadores competentes e, após, devidamente arquivados. Esse procedimento torna-se essencial para oficializar a eventualidade e as ações executadas pelo empreendedor na mitigação dos potenciais danos nas áreas a jusante da barragem.

#### **A. Meios de Comunicação**

Conforme as estratégias de comunicação definidas para as áreas impactadas pelas cheias ordinárias, foi elaborado o fluxo de comunicação a ser adotado. A Figura 10 apresenta os meios de comunicação a serem utilizados e a ordem de acionamento, em função do Nível de Resposta. Conforme citado anteriormente, os fluxogramas de notificação e contatos de todos os agentes internos e externos estão disponíveis, respectivamente, nos Capítulo V e no Apêndice H.

Classificação: Público

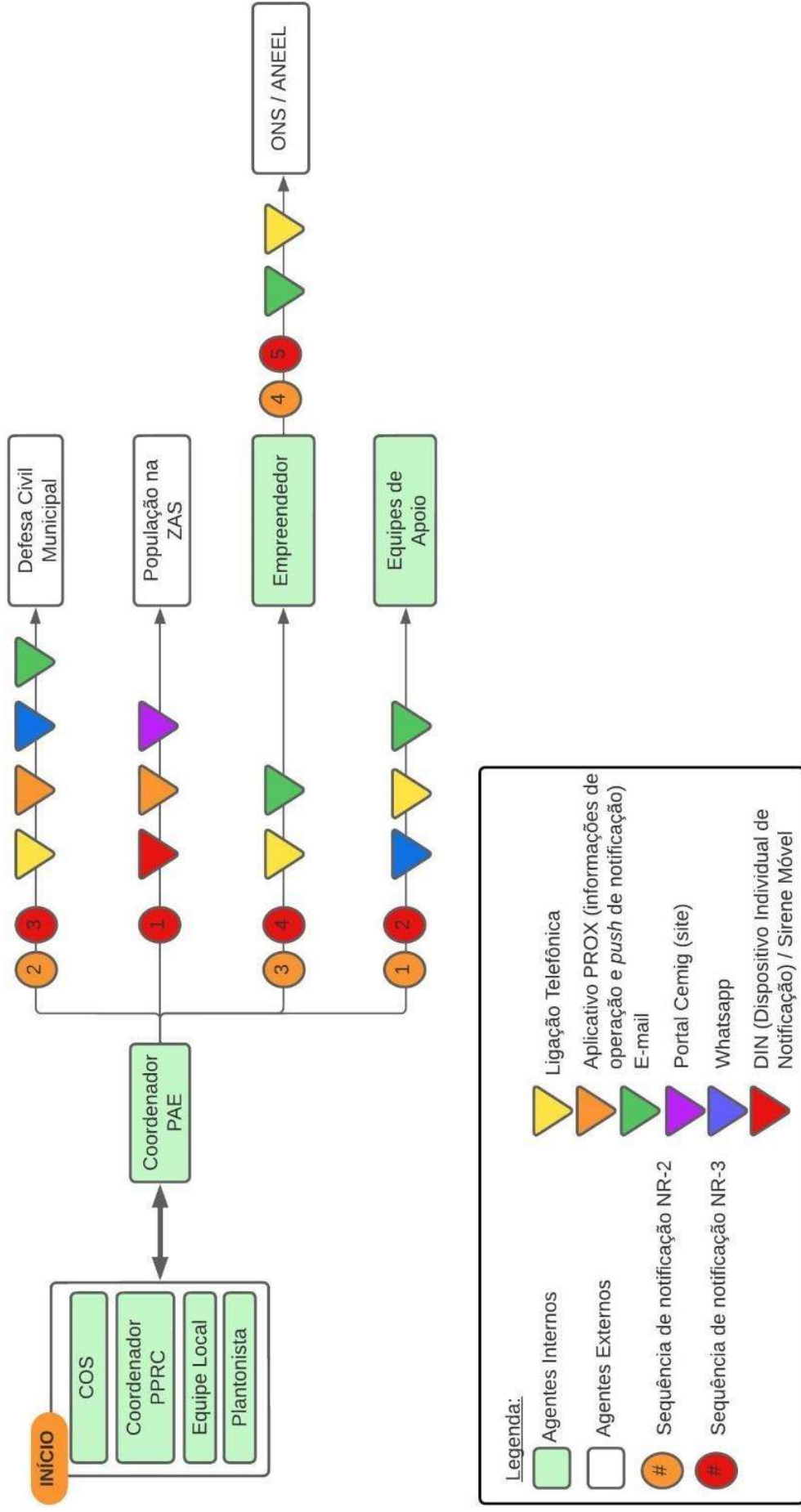


Figura 10 - Meios de comunicação a serem utilizados

## B. Canais de Comunicação

A CEMIG conta com o **Aplicativo PROX** (<https://www.cemig.com.br/programa-sustentabilidade/do-proximidade-ao-prox-do-programa-a-ferramenta-de-gestao-de-riscos/>) e **PROX - Multiplicando segurança** ([segurancaprox.com.br](http://segurancaprox.com.br)), para informações em tempo real da operação do reservatório e notificação, pela Defesa Civil, para a população impactada por um evento de ruptura de barragem ou de cheia natural.

Além disso, vale ressaltar a disponibilidade do **site institucional** (<https://www.cemig.com.br/programa-sustentabilidade/plano-de-acao-de-emergencia/>) para divulgação das informações referentes ao Plano de Ação de Emergência.

## C. Outras Ações de Comunicação

De acordo com a boa prática, para uma comunicação efetiva diante de uma situação de cheia natural, a UHE Piau deverá adotar ações para:

- Estabelecer e manter um relacionamento efetivo com agentes reguladores e fiscalizadores, bem como com outras empresas localizadas a jusante e a montante da barragem, mesmo na situação de normalidade. Esta aproximação pode contribuir para uma melhor comunicação em um cenário de cheia;
- Nomear Porta-vozes que são pessoas previamente treinadas para estabelecerem comunicações junto aos órgãos externos, imprensa ou indivíduos/familiares afetados;
- Atuar nas mídias sociais para difusão de informações e esclarecimentos relevantes;

## XI. Encerramento das operações

Uma vez que a barragem retorne ao Nível de Resposta – Normal, o Coordenador do PAE deverá contactar a COMPDEC e/ou a CEDEC que irão acompanhar a evolução das inundações no vale a jusante.

## XII. Apêndices

**A. Ficha Técnica da Barragem**

<b>Dados Básicos</b>	
Nome do barramento	UHE Piau
Empreendedor	Cemig Geração Sul S.A.
Entidade Fiscalizadora	ANEEL
<b>Localização</b>	
- Curso de água barrado	Rio Piau
- Município	Piau
- Unidade da Federação	Minas Gerais/MG
- Coordenadas do Empreendimento	Lat. 21°29'21" S Long. 43°24'08" O
<b>Reservatório</b>	
NA Montante – Reservatório:	
- Máximo Maximorum [m-IBGE]	636,69
- Máximo Normal [m-IBGE]	634,69
- Mínimo Normal [m-IBGE]	632,69
<b>Áreas Inundadas:</b>	
- No NA Máximo Maximorum [km <sup>2</sup> ]	0,27
- No NA Máximo Normal [km <sup>2</sup> ]	0,2688
<b>Volume do Reservatório:</b>	
- No N.A. Máximo Maximorum [hm <sup>3</sup> ]	1,99
- No N.A. Máximo Normal [hm <sup>3</sup> ]	1,16
- No N.A. Mínimo Normal [hm <sup>3</sup> ]	0,72
<b>Barragem</b>	
Material	Terra Homogênea
Comprimento Aprox. da Crista [m]	95,00
Altura Máxima Aprox. da Fundação [m]	24,50
Cota da Crista [m-IBGE]	637,60
<b>Sistema de descarga</b>	
Vertedouro de Superfície - Soleira Livre	
- Vazão de Projeto [m <sup>3</sup> /s]	165,00
- Cota da Crista [m-IBGE]	634,72
- Número de vãos	2
- Largura do vão [m]	36,00
Vertedouro tipo Tulipa	
- Vazão de Projeto [m <sup>3</sup> /s]	60,00
- Cota da Crista [m-IBGE]	634,69
- Cota da Soleira [m-IBGE]	621,62
- Largura livre [m]	12,60
- Número de comportas de fundo	2
- Dimensões da comporta [m]	1,22 x 1,22
<b>Tomada d'Água</b>	
Túnel de adução	
- Comprimento [m]	2650,00
- Seção [m <sup>2</sup> ]	9,50
Conduto Forçado	
- Número de Condutos	2
- Comprimento [m]	860,00
- Diâmetro [m]	1,60 e 1,50
<b>Casa de Força</b>	
Tipo	Abrigada
Número de Unidades Geradoras	2
Potência Instalada Total [MW]	18,00

**B. Mensagem de notificação Padrão****URGENTE****URGENTE**

Prezados (as)

Esta é uma mensagem de (declaração / alteração) do Nível de Resposta \_\_\_\_\_, feita por \_\_\_\_\_, Coordenador do Plano de Ação de Emergência – PAE da Barragem da UHE Queimado.

A partir das \_\_\_:\_\_\_ h de \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_, foi acionado o Nível de Resposta \_\_\_\_\_ do Plano de Ação de Emergência – PAE da Barragem da UHE Queimado devido \_\_\_\_\_.

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

A partir deste momento, devem ser seguidos todos os procedimentos relacionados ao respectivo Nível de Resposta descritos no Plano de Ação de Emergência – PAE.

Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente a \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

Nós os manteremos atualizados em caso de mudança do Nível de Resposta.

**FIM DA MENSAGEM**



### C. Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética

Premissas:

Para o **Nível de Resposta – Emergência**, foram simulados três cenários de ruptura para a Barragem de Piau, sucintamente descritos a seguir:

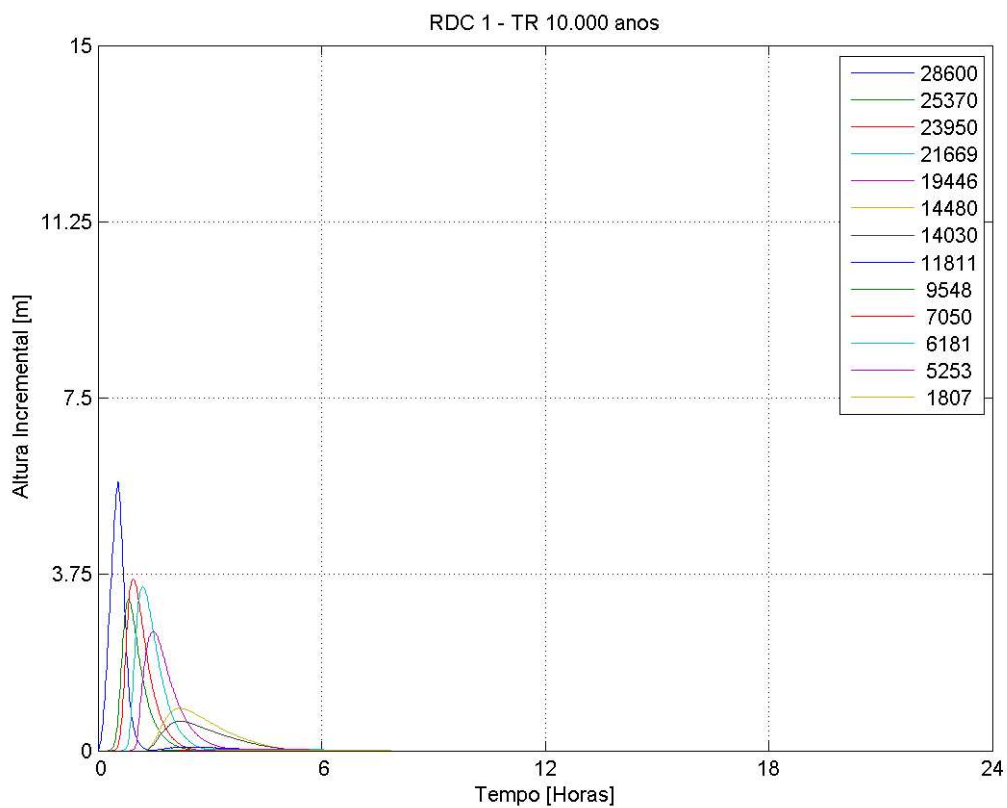
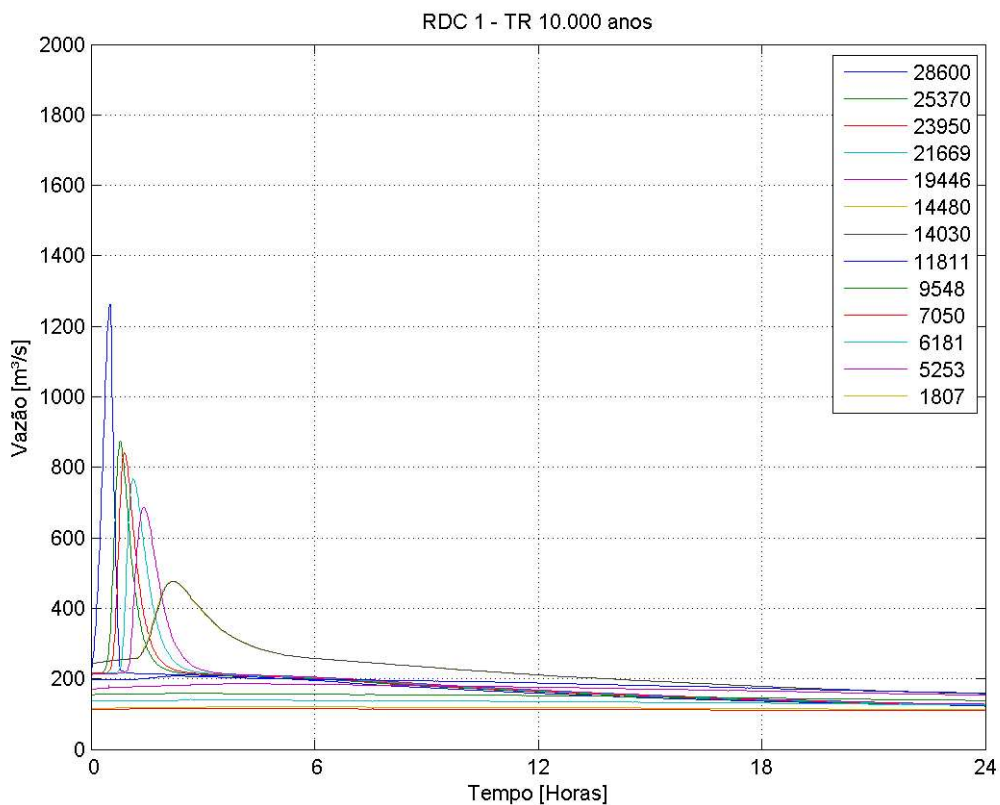
- **Modo de Falha 1 - Dia Chuvoso** – Rompimento por galgamento ou formação de *piping* da barragem de terra durante evento de vazão decamilenar (217 m<sup>3</sup>/s) com reservatório na cota de 636,69 m;
- **Modo de Falha 2 - TR 2 anos** – Rompimento por galgamento ou formação de *piping* da barragem de terra durante evento de vazão com TR de 10 anos (94 m<sup>3</sup>/s) e reservatório na cota de 634,69 m,
- **Modo de Falha 3 - Dia Seco** – Rompimento por formação de *piping* da barragem de terra em dia seco (*sunny day*) com a vazão média de longo termo (6 m<sup>3</sup>/s), com o reservatório na cota de 634,69 m.

Resultados:

1. Cenário RDC 1: Rompimento por galgamento ou *piping* da barragem de terra com vazão decamilenar (217 m<sup>3</sup>/s)

As figuras seguintes ilustram, durante as 24 horas mais críticas do evento, o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Piau para o Cenário 1 (decamilenar), sendo apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse.

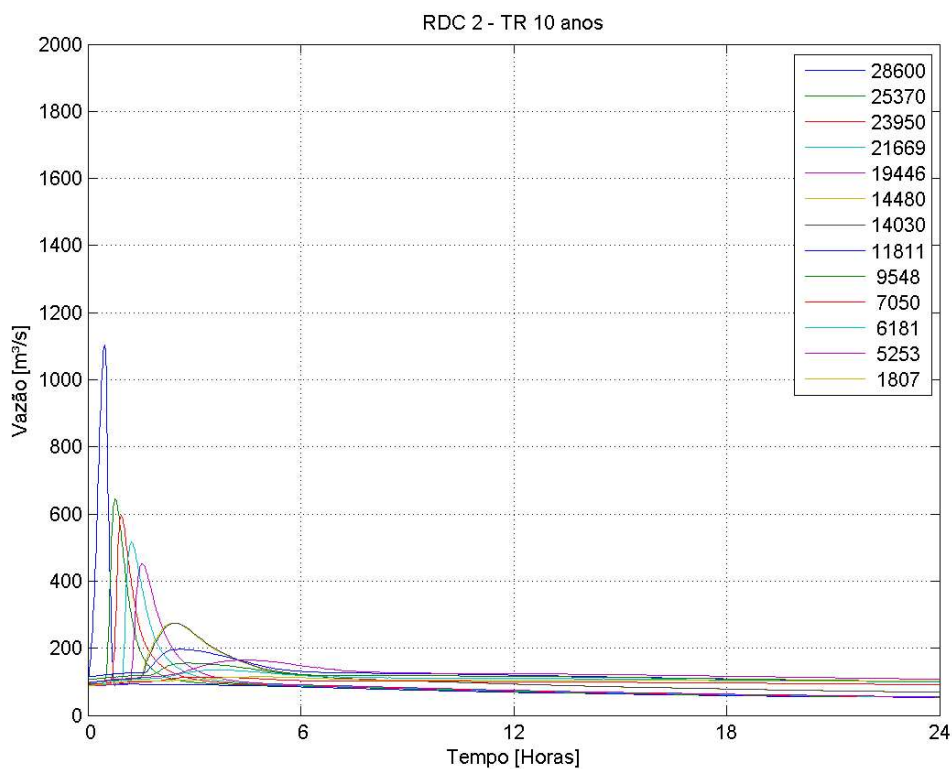
A vazão de pico após a ruptura foi estimada próximo de 1.261 m<sup>3</sup>/s, e a onda induzida pela ruptura hipotética em condição decamilenar é completamente dissipada durante a passagem pelo trecho do rio Piau na cidade de Piau – MG.

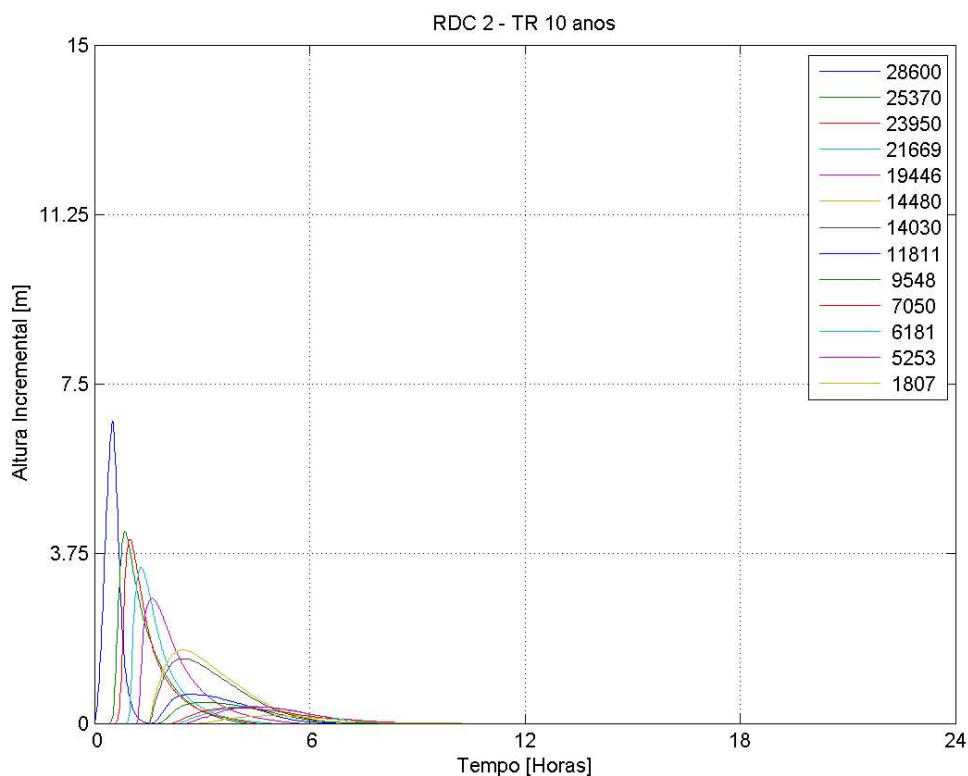


2. Cenário RDC 2: Rompimento por galgamento ou piping da barragem de terra com vazão de TR 10 anos (94,0 m<sup>3</sup>/s)

As figuras seguintes ilustram, durante as 24 horas mais críticas do evento, o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da Barragem Piau para o Cenário 2 (TR 10 anos), sendo apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse.

A vazão de pico após a ruptura foi estimada próximo de 1.104 m<sup>3</sup>/s, e a onda induzida pela ruptura hipotética da Barragem Piau comporta-se de forma semelhante ao Cenário 1, com dissipação total no trecho de rio ao longo da cidade de Piau – MG.

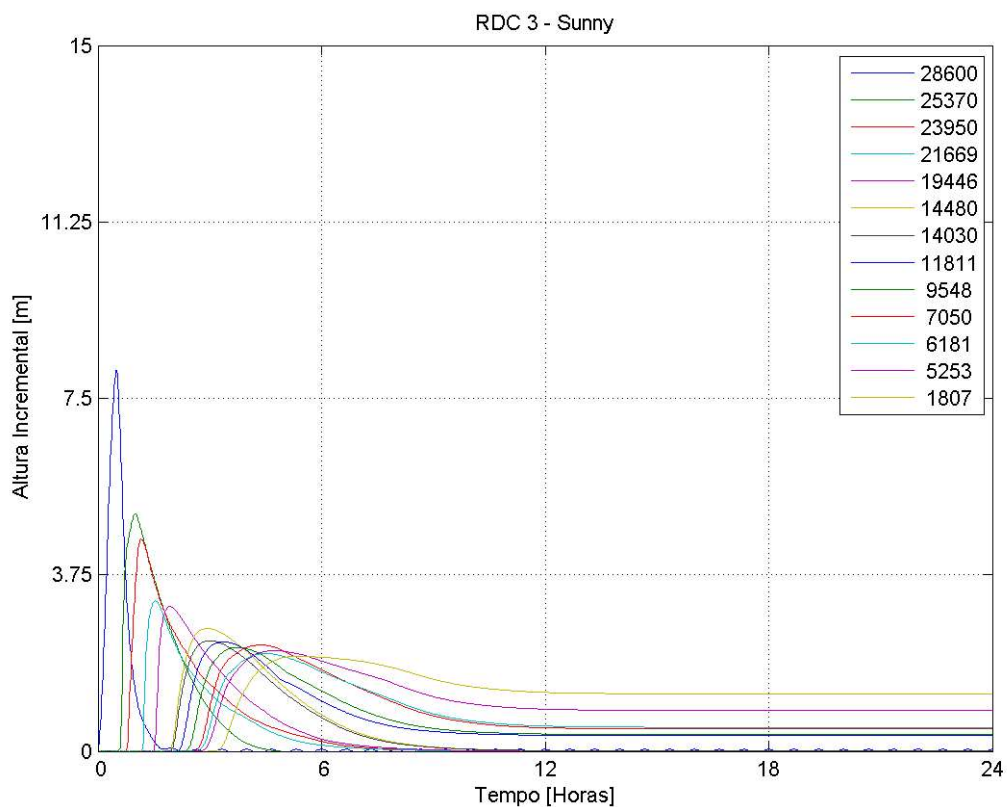
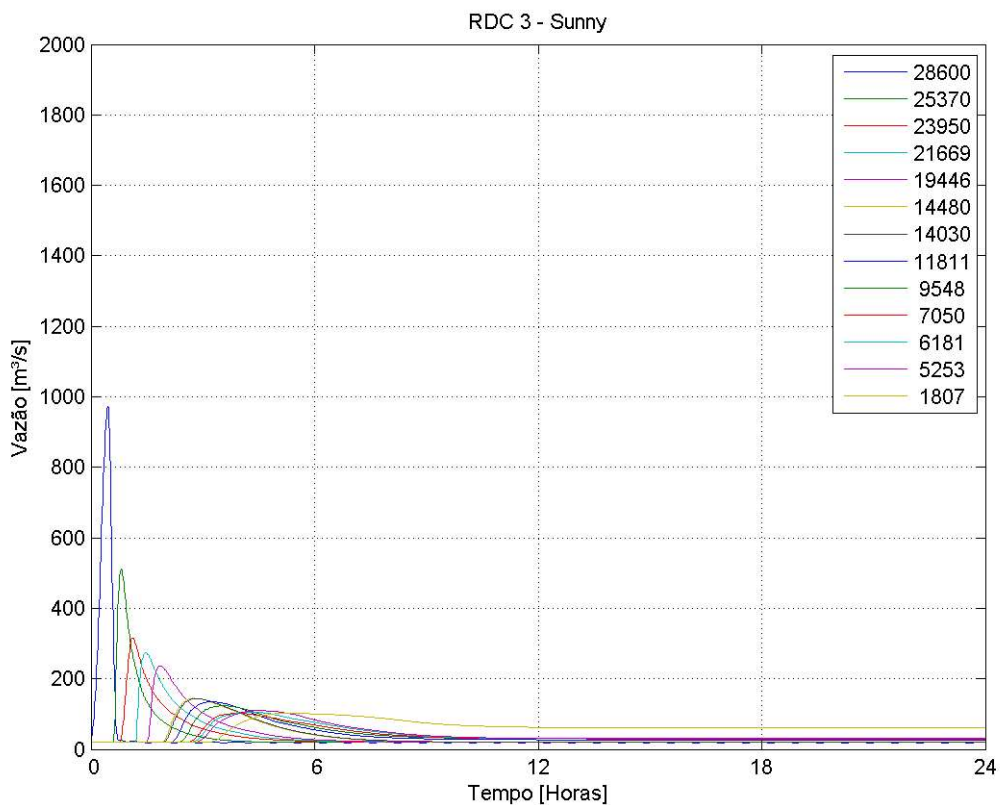




3. Cenário RDC 3: Rompimento por galgamento ou piping da barragem de terra em dia seco, com vazão média de longo termo (6,00 m<sup>3</sup>/s)

As figuras seguintes ilustram, durante as 24 horas mais críticas do evento, o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da Barragem de Piau para o Cenário 3 (dia seco), sendo apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse.

A vazão de pico após a ruptura foi estimada próximo de 973 m<sup>3</sup>/s, e a inundação propaga-se por todo o domínio de simulação. O rio Piau escoava em calha plena, ocorrendo extravasamento em regiões de baixo, planícies baixas e meandros desativados.



#### D. Principais pontos de inundação

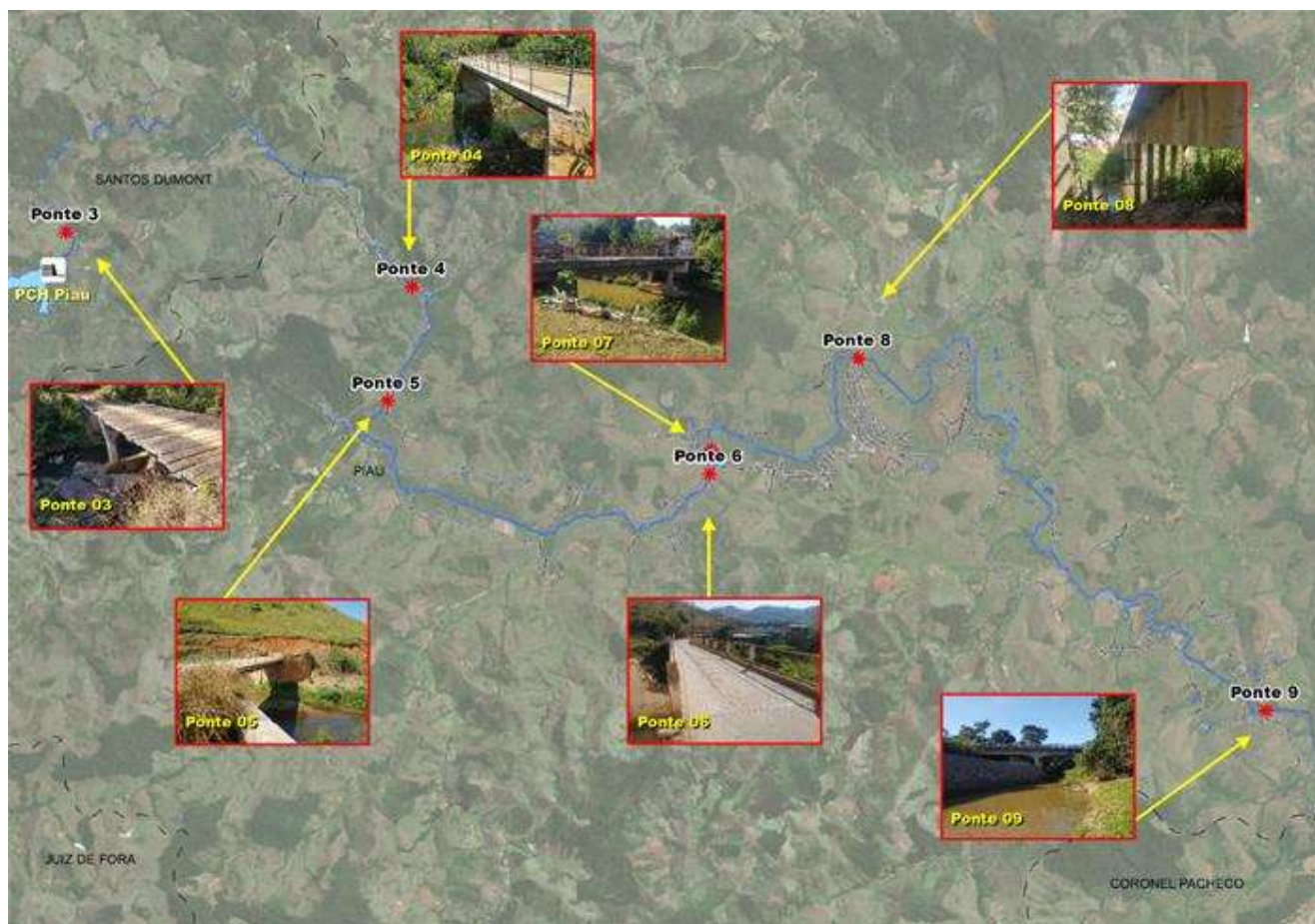
Algumas restrições de acesso em momentos de crise podem ser identificadas. Dentre elas, o acesso às localidades da área de inundação mediante as rodovias e estradas sujeitas à inundação, bem como a interdição das pontes pertencentes a elas. Nesse contexto, nas cartas de inundação estão indicadas as estradas 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 executados 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 [m-IBGE]		Elevação máxima do nível de água [m-IBGE]						
	Superior	Inferior	RDC 1	RDC 2	RDC 3	TR10.000	TR100	TR50	TR10
<b>Ponte 3</b>	617,55	617,45	<u>624,15</u>	<u>623,50</u>	<u>622,89</u>	<u>618,90</u>	<u>617,92</u>	<u>617,72</u>	<u>617,23</u>
<b>Ponte 4</b>	428,98	427,98	<u>432,18</u>	<u>430,93</u>	<u>429,52</u>	<u>429,25</u>	<u>428,38</u>	<u>428,14</u>	<u>427,64</u>
<b>Ponte 5</b>	423,47	422,47	<u>425,54</u>	<u>424,33</u>	<u>422,83</u>	<u>422,92</u>	<u>422,05</u>	<u>421,88</u>	421,48
<b>Ponte 6</b>	420,28	418,08	<u>419,45</u>	<u>418,85</u>	<u>417,63</u>	<u>418,85</u>	<u>418,19</u>	<u>418,00</u>	<u>417,56</u>
<b>Ponte 7</b>	419,14	417,82	<u>418,75</u>	<u>418,44</u>	<u>417,32</u>	<u>418,51</u>	<u>417,94</u>	<u>417,76</u>	<u>417,36</u>
<b>Ponte 8</b>	418,87	417,03	415,10	415,05	414,60	415,07	414,89	414,81	414,71
<b>Ponte 9</b>	412,53	410,56	407,17	407,07	406,58	407,16	407,05	407,02	407,53

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 RDC1:

SC	Z <sub>p</sub> *	Z <sub>ref</sub> *	Z <sub>Qmlt</sub> *	H [m]*	H <sub>incr</sub> [m]*	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]*	T <sub>p</sub> *	T <sub>inun</sub> *	T <sub>ch</sub>	V [km/h]*
28600	626,03	620,31	616,58	9,45	5,72	1261,53	00 00 08	00 00 48	00 00 08	0,00
25370	591,55	588,32	584,10	7,45	3,23	873,24	00 00 32	00 01 00	00 00 32	11,40
23950	516,64	512,98	509,27	7,37	3,65	842,82	00 00 38	00 01 07	00 00 38	11,16
21669	437,57	434,09	431,29	6,28	3,48	766,83	00 00 53	00 01 12	00 00 53	10,40
19446	425,20	422,67	419,48	5,72	2,53	686,50	00 01 06	00 01 19	00 01 06	9,64
14480	420,19	419,29	415,35	4,84	0,90	476,53	00 01 46	00 01 15	00 01 46	8,47
14030	419,39	418,76	415,15	4,23	0,63	476,35	00 02 03	00 00 23	00 02 03	8,66
11811	416,36	416,29	413,39	2,96	0,07	207,65	NDA	NDA	NDA	8,99
9548	413,64	413,62	410,93	2,71	0,02	159,62	NDA	NDA	NDA	11,10
7050	411,87	411,86	409,04	2,84	0,02	116,00	NDA	NDA	NDA	7,03
6181	411,21	411,17	408,40	2,81	0,04	142,06	NDA	NDA	NDA	6,50
5253	410,45	410,42	407,60	2,85	0,03	185,98	NDA	NDA	NDA	6,49
1807	407,23	407,21	404,85	2,37	0,02	120,71	NDA	NDA	NDA	6,46

\*Z<sub>p</sub> é a cota de pico [m-IBGE]; Z<sub>ref</sub> é a cota de pico para o evento natural Decamilenar [m-IBGE]; Z<sub>Qmlt</sub> é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q<sub>MLT</sub> [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q<sub>MLT</sub> [m]; H<sub>incr</sub> é a altura incremental do pico em relação ao evento Decamilenar [m]; Q<sub>p</sub> é a vazão de pico [m<sup>3</sup>/s]; T<sub>p</sub> é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T<sub>inun</sub> é o tempo de submersão da seção (para H<sub>incr</sub> > 0,60) [HH:MM]; T<sub>ch</sub> 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 RDC2:

SC	Z <sub>p</sub> <sup>*</sup>	Z <sub>ref</sub> <sup>*</sup>	Z <sub>Q<sub>mlt</sub></sub> <sup>*</sup>	H [m] <sup>*</sup>	H <sub>incr</sub> [m] <sup>*</sup>	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s] <sup>*</sup>	T <sub>p</sub> <sup>*</sup>	T <sub>inun</sub> <sup>*</sup>	T <sub>ch</sub>	V [km/h] <sup>*</sup>
<b>28600</b>	625,32	618,64	616,58	8,75	6,68	1104,67	00 00 30	00 00 53	00 00 06	0,00
<b>25370</b>	590,55	586,31	584,10	6,45	4,24	644,70	00 00 51	00 01 53	00 00 34	9,23
<b>23950</b>	515,44	511,37	509,27	6,18	4,07	596,07	00 00 59	00 01 39	00 00 44	9,62
<b>21669</b>	436,17	432,72	431,29	4,87	3,44	516,20	00 01 18	00 01 34	00 01 01	8,66
<b>19446</b>	423,99	421,22	419,48	4,51	2,77	451,62	00 01 36	00 01 55	00 01 16	8,32
<b>14480</b>	419,33	417,71	415,35	3,98	1,62	275,30	00 02 28	00 02 45	00 01 42	7,18
<b>14030</b>	418,78	417,35	415,15	3,62	1,43	275,02	00 02 27	00 02 35	00 01 45	7,47
<b>11811</b>	416,26	415,62	413,39	2,86	0,64	196,73	00 02 43	00 00 55	00 02 21	7,57
<b>9548</b>	413,60	413,14	410,93	2,66	0,46	155,63	NDA	NDA	NDA	7,88
<b>7050</b>	411,76	411,42	409,04	2,73	0,34	114,39	NDA	NDA	NDA	6,31
<b>6181</b>	411,02	410,65	408,40	2,63	0,37	136,42	NDA	NDA	NDA	5,85
<b>5253</b>	410,26	409,89	407,60	2,66	0,37	164,50	NDA	NDA	NDA	5,84
<b>1807</b>	407,09	406,92	404,85	2,24	0,17	114,85	NDA	NDA	NDA	6,00

\*Z<sub>p</sub> é a cota de pico [m-IBGE]; Z<sub>ref</sub> é a cota de pico para o evento natural de Tr 10 anos [m-IBGE]; Z<sub>Q<sub>mlt</sub></sub> é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q<sub>MLT</sub> [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q<sub>MLT</sub> [m]; H<sub>incr</sub> é a altura incremental do pico em relação ao evento Q<sub>MLT</sub> [m]; Q<sub>p</sub> é a vazão de pico [m<sup>3</sup>/s]; T<sub>p</sub> é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T<sub>inun</sub> é o tempo de submersão da seção (para H > 0,60) [HH:MM]; T<sub>ch</sub> 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 RDC3:

SC	Z <sub>p</sub> <sup>*</sup>	Z <sub>ref</sub> <sup>*</sup>	Z <sub>Qmlt</sub> <sup>*</sup>	H [m] <sup>*</sup>	H <sub>incr</sub> [m] <sup>*</sup>	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s] <sup>*</sup>	T <sub>p</sub> <sup>*</sup>	T <sub>inun</sub> <sup>*</sup>	T <sub>ch</sub>	V [km/h] <sup>*</sup>
28600	624,68	618,64	616,58	8,10	6,03	973,04	00 00 29	00 01 09	00 00 05	0,00
25370	589,15	586,31	584,10	5,05	2,84	512,35	00 01 00	00 02 41	00 00 38	6,25
23950	513,78	511,37	509,27	4,51	2,41	317,18	00 01 10	00 03 34	00 00 50	6,81
21669	434,49	432,72	431,29	3,19	1,77	273,37	00 01 32	00 02 59	00 01 14	6,60
19446	422,56	421,22	419,48	3,08	1,34	236,47	00 01 55	00 03 23	00 01 34	6,39
14480	417,96	417,73	415,35	2,61	0,24	144,74	00 02 58	00 04 19	00 02 05	5,69
14030	417,51	417,37	415,15	2,35	0,00	143,55	00 03 01	00 04 09	00 02 08	5,75
11811	415,72	415,74	413,39	2,32	0,00	134,73	00 03 23	00 05 10	00 02 22	5,79
9548	413,14	413,24	410,93	2,21	0,00	123,61	00 03 44	00 05 34	00 02 37	5,86
7050	411,30	411,51	409,04	2,26	0,00	103,02	00 04 21	00 07 12	00 02 55	5,57
6181	410,47	410,77	408,40	2,08	0,00	106,08	00 04 31	00 07 32	00 03 02	5,56
5253	409,74	410,09	407,60	2,14	0,00	109,74	00 04 44	01 08 44	00 03 09	5,49
1807	406,87	407,40	404,85	2,02	0,00	102,06	00 05 24	01 08 18	00 03 35	5,45

\*Z<sub>p</sub> é a cota de pico [m-IBGE]; Z<sub>ref</sub> é a cota de pico para o evento natural de Tr 10 anos [m-IBGE]; Z<sub>Qmlt</sub> é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q<sub>MLT</sub> [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q<sub>MLT</sub> [m]; H<sub>incr</sub> é a altura incremental do pico em relação ao evento Q<sub>MLT</sub> [m]; Q<sub>p</sub> é a vazão de pico [m<sup>3</sup>/s]; T<sub>p</sub> é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T<sub>inun</sub> é o tempo de submersão da seção (para H > 0,60) [HH:MM]; T<sub>ch</sub> 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:

Seção	TR 2	TR 10	TR 50	TR 100	TR 10000
28600	617,98	618,64	619,11	619,31	620,31
25370	585,41	586,31	586,96	587,22	588,32
23950	510,70	511,37	511,85	512,03	512,98
21669	432,23	432,72	433,09	433,24	434,09
19446	420,57	421,22	421,65	421,81	422,67
14480	416,95	417,73	418,22	418,44	419,29
14030	416,63	417,37	417,82	418,01	418,76
11811	414,97	415,74	415,90	416,00	416,29
9548	412,56	413,24	413,38	413,46	413,62
7050	410,87	411,51	411,61	411,68	411,86
6181	410,08	410,77	410,84	410,93	411,18
5253	409,38	410,09	410,07	410,17	410,42
1807	406,58	407,40	407,01	407,05	407,21

## 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 – 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 [ $m^3/s$ ];
- 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 do Mapa
<b>RDC 1 - Rompimento por galgamento ou piping da barragem de terra com vazão decamilenar (217 <math>m^3/s</math>)</b>	PAE-PIA-MAP01-RDC01_revB
<b>RDC 2 - Rompimento por galgamento ou piping da barragem de terra com vazão de TR 10 anos (94,0 <math>m^3/s</math>)</b>	PAE-PIA-MAP02-RDC02_revB
<b>RDC 3 - Rompimento por galgamento ou piping da barragem de terra em dia seco, com vazão média de longo termo (6,00 <math>m^3/s</math>)</b>	PAE-PIA-MAP03-RDC03_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 espacialmente 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 <sup>2</sup> /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
<b>RDC 1 - Rompimento por galgamento ou piping da barragem de terra com vazão decamilenar (217 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-PIA-MAP04-PER01_revB
<b>RDC 2 - Rompimento por galgamento ou piping da barragem de terra com vazão de TR 10 anos (94,0 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-PIA-MAP05-PER02_revB
<b>RDC 3 - Rompimento por galgamento ou piping da barragem de terra em dia seco, com vazão média de longo termo (6,00 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-PIA-MAP06-PER03_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
<b>TR 2 anos (61,0 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-PIA-MAP07-TR2_revB
<b>TR 10 anos (94,0 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-PIA-MAP08-TR10_revB
<b>TR 50 anos (123 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-PIA-MAP09-TR50_revB
<b>TR 100 anos (136 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-PIA-MAP10-TR100_revB
<b>TR 10.000 anos (217 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-PIA-MAP11-TR10000_revB

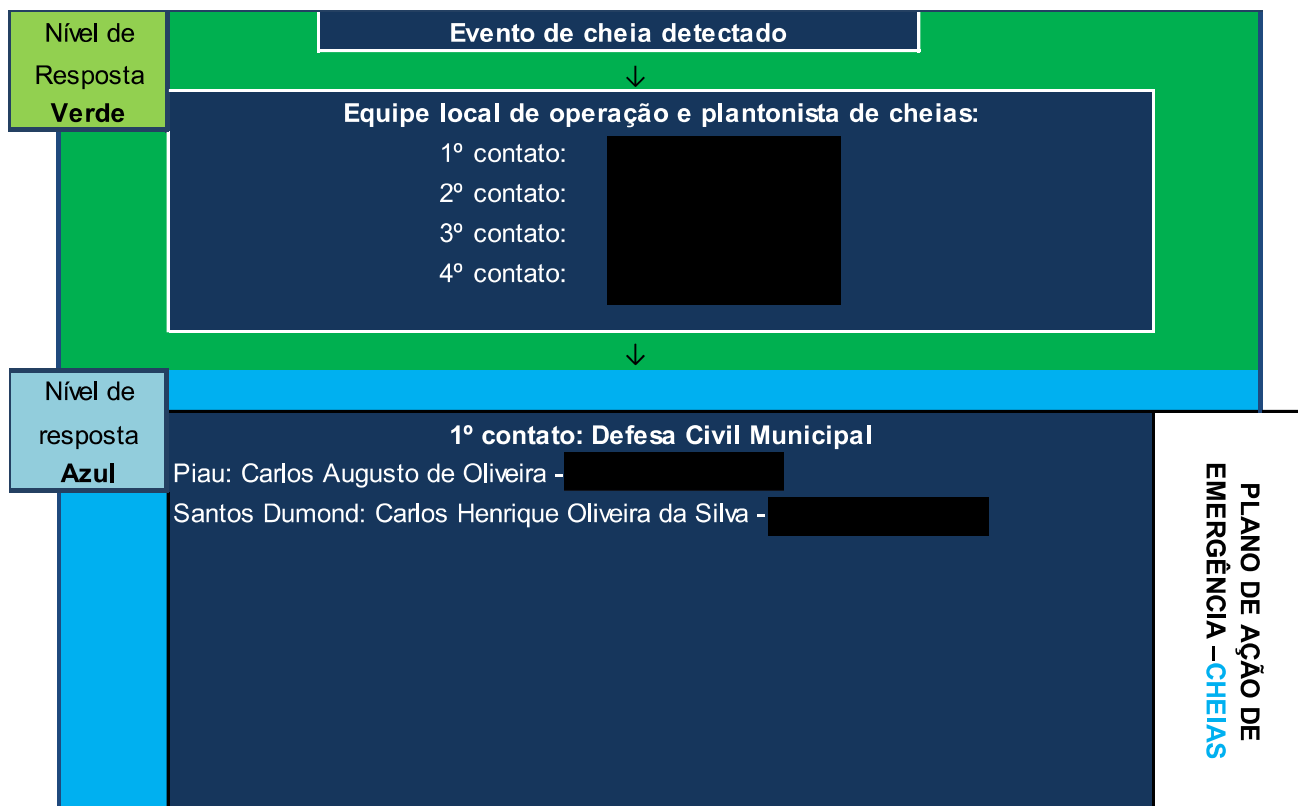
### XIII. Apêndices Externos

Documento nº PAE-PIA-DOC02\_Apêndices-G-H



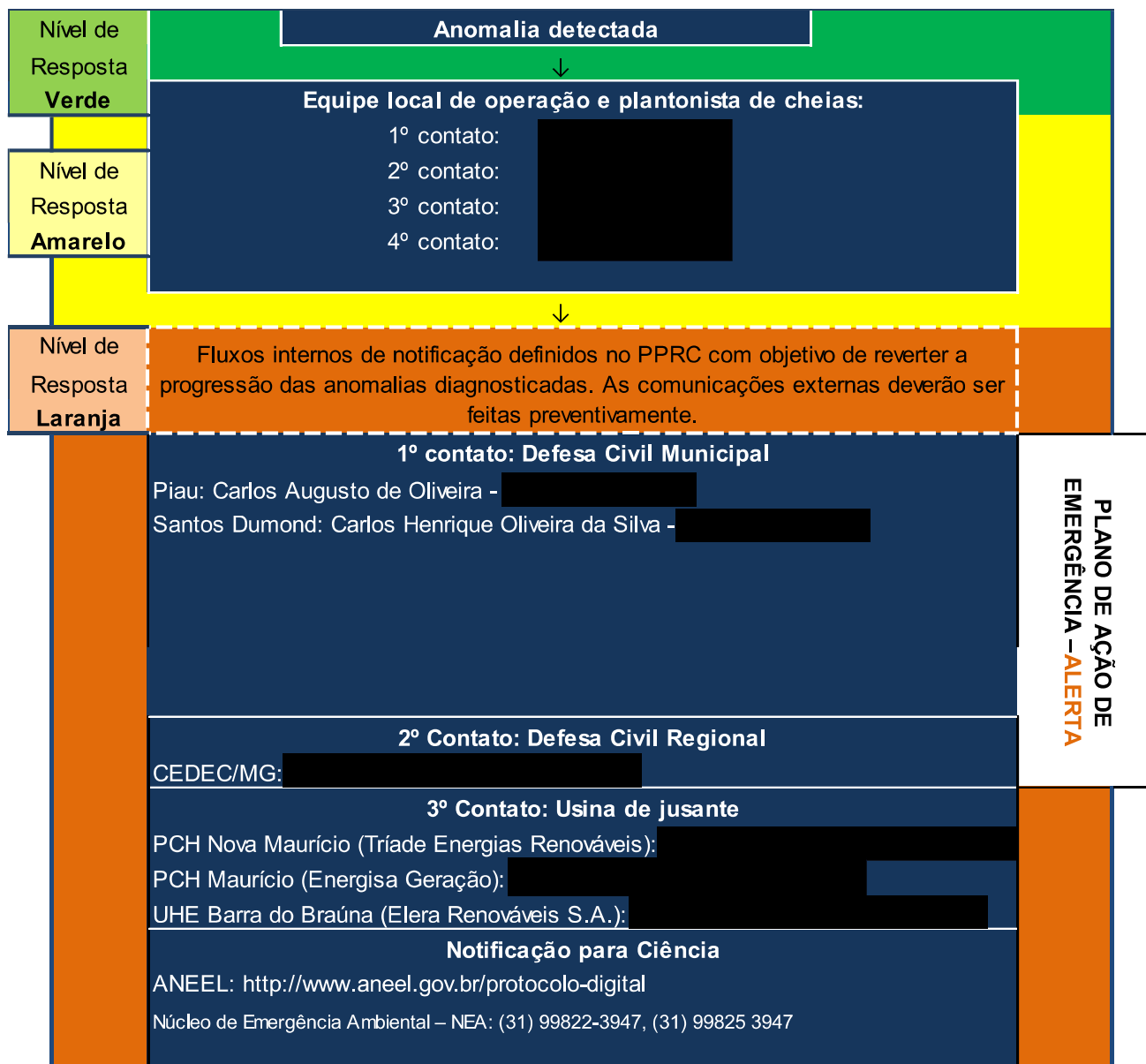
## B. Plano de chamadas para notificação deste PAE

- Nível de Resposta: CHEIAS<sup>2</sup>



<sup>2</sup> Apêndice revisado em 14/11/2023. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

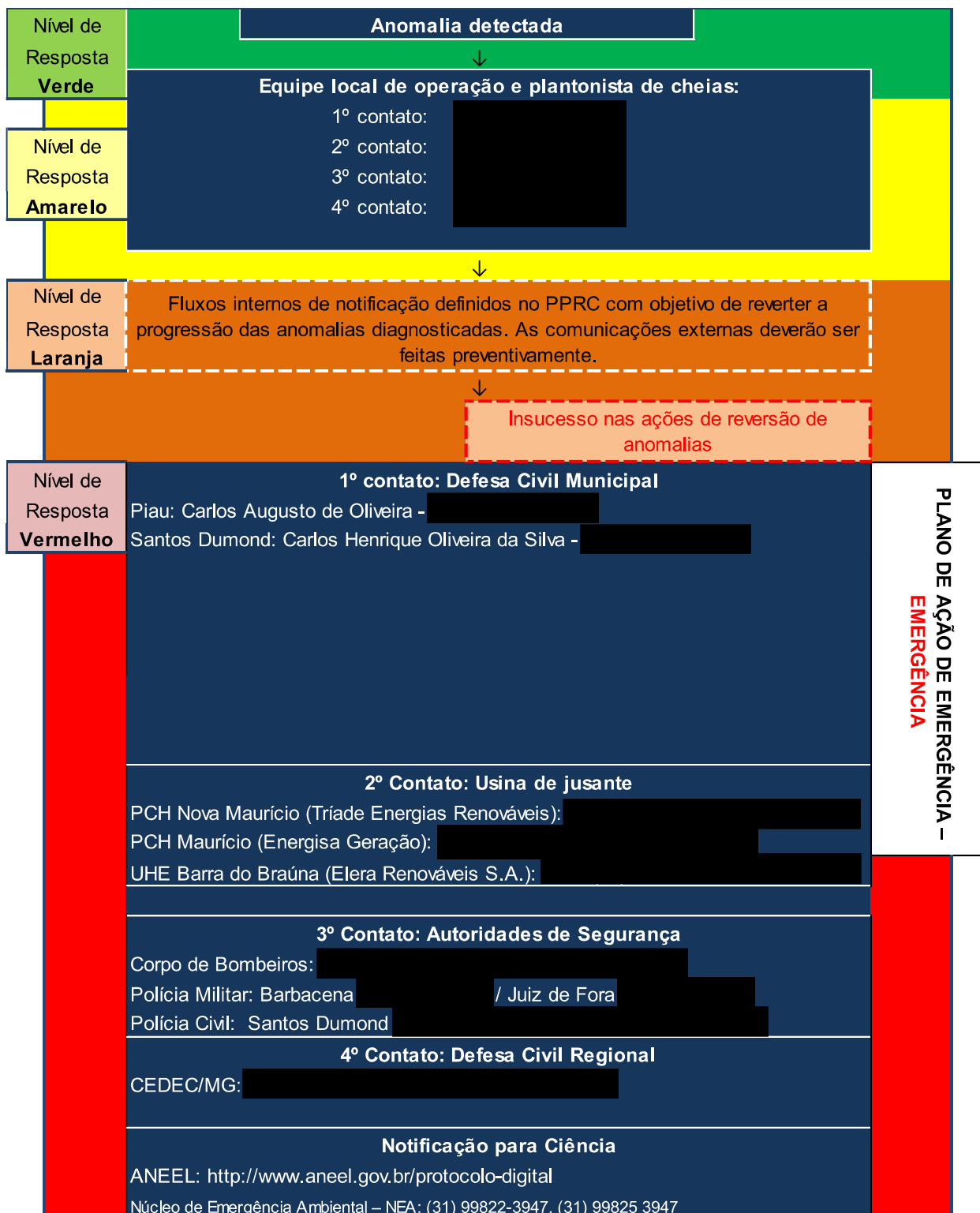
- Nível de Resposta 2: ALERTA<sup>3</sup>



<sup>3</sup> Apêndice revisado em 14/11/2023. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.



- Nível de Resposta 3: EMERGÊNCIA<sup>4</sup>



<sup>4</sup> Apêndice revisado em 14/11/2023. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

**Certificate Of Completion**

Envelope Id: 774CCE31A84A44EFAA8031B07A010202	Status: Completed
Subject: Complete com a DocuSign: PAE - UHE Piau - revF.pdf	
Número do Processo Cemig:	
Tipo de Documento: Outros	
Numero_Contrato:	
Numero_Licitacao:	
Source Envelope:	
Document Pages: 49	Signatures: 4
Certificate Pages: 2	Initials: 0
AutoNav: Enabled	Envelope Originator:
EnvelopeId Stamping: Enabled	BRUNO KAORU KAORU ONOHARA NETO
Time Zone: (UTC-03:00) Brasilia	Av. Barbacena, 1200, 1º Andar
	Belo Horizonte, MG 30190-131
	bruno.neto@cemig.com.br
	IP Address: 64.207.219.135

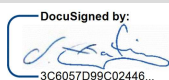
**Record Tracking**

Status: Original	Holder: BRUNO KAORU KAORU ONOHARA NETO	Location: DocuSign
11/17/2023 1:04:12 PM	bruno.neto@cemig.com.br	

**Signer Events**

**DIOGO CARNEIRO RIBEIRO BUENO MARTINS**  
 diogo.martins@cemig.com.br  
 Security Level: Email, Account Authentication (None)

**Signature**



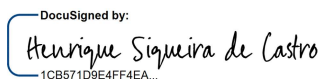
**Timestamp**

Sent: 11/17/2023 1:05:58 PM  
 Viewed: 11/17/2023 1:51:39 PM  
 Signed: 11/20/2023 8:44:08 AM

Signature Adoption: Uploaded Signature Image  
 Using IP Address: 187.68.28.242  
 Signed using mobile

**Electronic Record and Signature Disclosure:**  
 Not Offered via DocuSign

Henrique Siqueira de Castro  
 hscastro@cemig.com.br  
 Security Level: Email, Account Authentication (None)



Sent: 11/17/2023 1:05:59 PM  
 Viewed: 11/17/2023 2:34:01 PM  
 Signed: 11/17/2023 2:34:09 PM

Signature Adoption: Pre-selected Style  
 Using IP Address: 155.190.28.4

**Electronic Record and Signature Disclosure:**  
 Not Offered via DocuSign

Ivan Sergio Carneiro  
 ivan.carneiro@cemig.com.br  
 Gerente de Planejamento Energético  
 Security Level: Email, Account Authentication (None)



Sent: 11/17/2023 1:05:59 PM  
 Viewed: 11/17/2023 2:02:02 PM  
 Signed: 11/17/2023 2:35:01 PM

Signature Adoption: Uploaded Signature Image  
 Using IP Address: 155.190.29.5

**Electronic Record and Signature Disclosure:**  
 Not Offered via DocuSign

Thadeu Carneiro da Silva  
 thadeu.silva@cemig.com.br  
 Security Level: Email, Account Authentication (None)



Sent: 11/17/2023 1:05:59 PM  
 Viewed: 11/17/2023 1:07:32 PM  
 Signed: 11/17/2023 1:07:44 PM

Signature Adoption: Uploaded Signature Image  
 Using IP Address: 179.151.160.216  
 Signed using mobile

**Electronic Record and Signature Disclosure:**  
 Not Offered via DocuSign

<b>In Person Signer Events</b>	<b>Signature</b>	<b>Timestamp</b>
<b>Editor Delivery Events</b>	<b>Status</b>	<b>Timestamp</b>
<b>Agent Delivery Events</b>	<b>Status</b>	<b>Timestamp</b>
<b>Intermediary Delivery Events</b>	<b>Status</b>	<b>Timestamp</b>
<b>Certified Delivery Events</b>	<b>Status</b>	<b>Timestamp</b>
<b>Carbon Copy Events</b>	<b>Status</b>	<b>Timestamp</b>
<b>Witness Events</b>	<b>Signature</b>	<b>Timestamp</b>
<b>Notary Events</b>	<b>Signature</b>	<b>Timestamp</b>
<b>Envelope Summary Events</b>	<b>Status</b>	<b>Timestamps</b>
Envelope Sent	Hashed/Encrypted	11/17/2023 1:05:59 PM
Certified Delivered	Security Checked	11/17/2023 1:07:32 PM
Signing Complete	Security Checked	11/17/2023 1:07:44 PM
Completed	Security Checked	11/20/2023 8:44:08 AM
<b>Payment Events</b>	<b>Status</b>	<b>Timestamps</b>