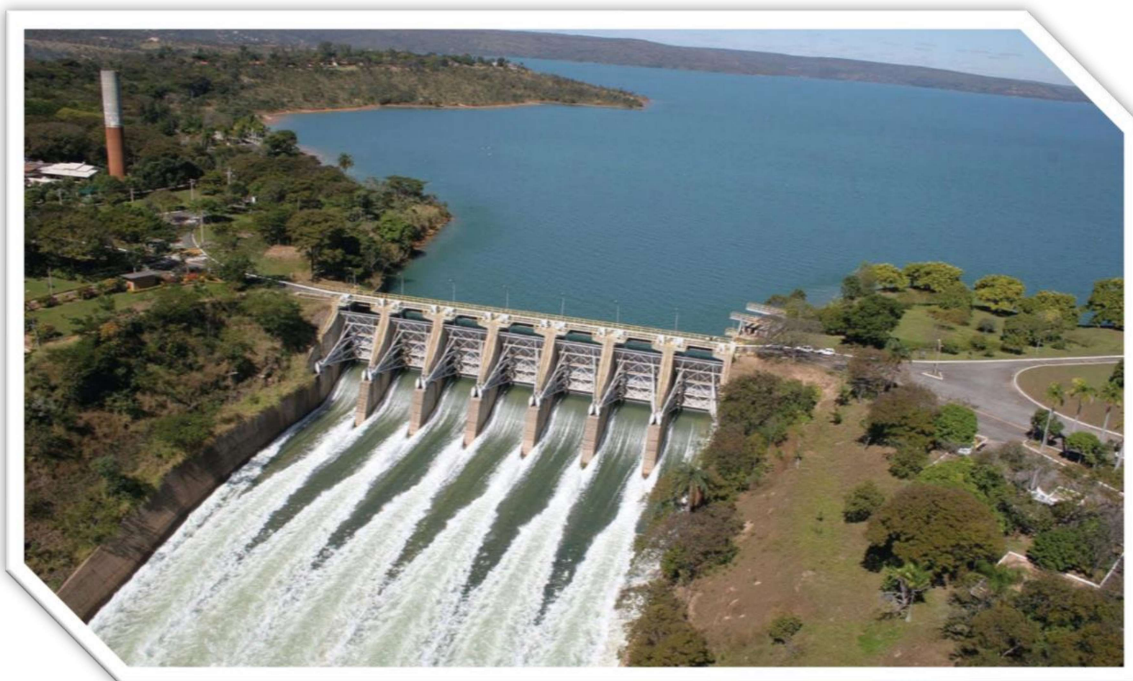


Barragem da UHE Três Marias



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.027113-6.01

Documento nº PAE - UHE Três Marias - revE

Responsável pela elaboração: Cemig GT

Municípios relacionados (MG):

Zona de Autossalvamento (ZAS): São Gonçalo do Abaeté, Três Marias

Zona de Segurança Secundária (ZSS): Buritizeiro, Lassance, Várzea da Palma, Pirapora, Lagoa dos Patos, Ibiaí

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
E	20/04/2022	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.....	21
1.	Operação Normal	21
2.	Alerta 1 – Ilha Três Marias.....	21
3.	Alerta 2 – Porto Fluvial de Pirapora (4000 m ³ /s).....	21
4.	Alerta 3 - Trecho Três Marias - Foz do rio Abaeté (4000 m ³ /s)	22

5.	Alerta 4 - Trecho Foz do rio Abaeté - Pirapora.....	22
6.	Alerta 5 – Cidade de Pirapora.....	22
7.	Alerta 6 – Ilhas a jusante da UHE Três Marias	24
VII.	Encerramento das operações	24
VIII.	Apêndices	25
A.	Ficha Técnica da Barragem	26
B.	Mensagem de notificação Padrão	27
C.	Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética	28
1.	Cenário RDC 1: Rompimento da barragem de terra central por piping, com vazão decamilenar (11967 m ³ /s).....	28
2.	Cenário RDC 2: Rompimento da barragem de terra central por piping em dia seco, com vazão média de longo termo (673 m ³ /s).....	30
3.	Cenário RDC 3: Rompimento da barragem de terra central por piping , operando a vazão de restrição (4000 m ³ /s).....	31
D.	Principais pontos de inundação	34
E.	Tempos de chegada e pico de onda	44
F.	Lista de mapas temáticos e manchas de inundação	48
IX.	Apêndices Externos	50
G.	Controle de distribuição digital deste PAE	51
H.	Plano de chamadas para notificação deste PAE	52

I. Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
A	30/04/2019	Emissão inicial com inclusão assinaturas dos responsáveis
B	13/12/2019	Inclusão de solicitações ANEEL e novos estudos de ruptura
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

Diogo Carneiro Ribeiro Bueno Martins Responsável Técnico pela Elaboração do PAE CREA-MG: 163375/D	Ivan Sérgio Carneiro Coordenador Executivo do PAE Gerente de Planejamento Energético

Aprovado por: Henrique Siqueira de Castro Superintendência de Operação de Ativos da Geração e Transmissão	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 Três Marias, 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 Cíveis 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 Três Marias, atualmente propriedade da Cemig Geração Três Marias S.A., iniciou sua operação em 1962, tendo sido construída no município de Três Marias, MG. Localizada no rio São Francisco, esta usina conta com seis unidades geradoras, totalizando 396 MW de potência instalada. A barragem é composta por Vertedouro de Soleira Controlada (VS) na margem direita e Barragem de Terra Central (BTC), se estendendo até a ombreira esquerda, com cerca de 2700 m de comprimento

de crista e altura máxima de 70 m. Seu reservatório possui, aproximadamente, 1.055 km² de área inundada no N.A. Máximo Normal e capacidade máxima de acumulação de 18.855 hm³. O sistema extravasor da UHE Três Marias é composto por Vertedouro de Soleira Controlada (VS), provido de 7 (sete) comportas com 13,70 m de altura e 11 m de largura, totalizando uma capacidade máxima de descarga de 8.787,00 m³/s.

A tomada d'água, construída em concreto, está localizada dentro do reservatório da usina. O acesso a esta estrutura ocorre mediante ponte de ligação na margem direita. A água é conduzida por seis condutos forçados com aproximadamente 250 m de comprimento e 6,60 m de diâmetro. Além dessas estruturas, o barramento conta com mais dois condutos forçados que estão desativados. Instalados sob o corpo da barragem, os condutos forçados fazem a conexão entre a tomada d'água e a casa de força da UHE Três Marias.

A Casa de Força (CF) da UHE Três Marias é do tipo abrigada, e conta com seis turbinas, estando situada ao pé da margem direita da barragem, a esquerda hidráulica do vertedouro. A restituição da vazão turbinada ocorre no leito do rio São Francisco.

A Figura 1 apresenta a espacialização das principais estruturas da UHE Três Marias.



Figura 1 – Vista superior com estruturas do empreendimento

Partindo de Belo Horizonte, o acesso ao barramento faz-se pela BR-040, sentido Brasília. Segue-se cerca de 267 km por esta rodovia até chegar ao município de Três Marias - MG (Figura 2). Seguindo as placas indicativas da CEMIG, tem-se acesso a margem direita da barragem. O acesso a margem esquerda se dá pela ponte rodoviária acima do barramento.

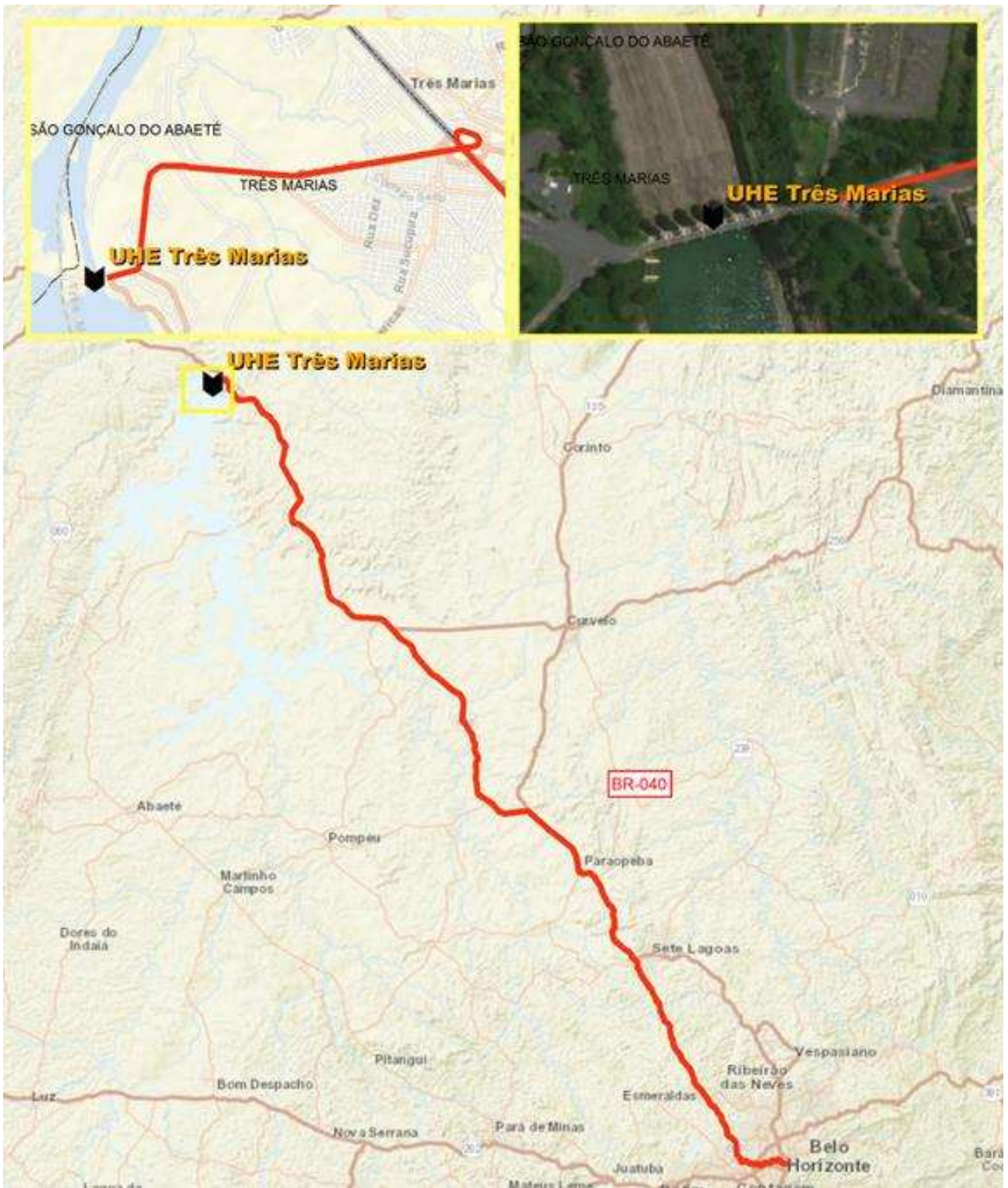


Figura 2 - Localização e acesso

III. Responsabilidades gerais no PAE

A. Empreendedor

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

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

B. Coordenador do PAE

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

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

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

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

Tabela 1 - Contato Coordenador do PAE

Contato de Emergência	Forma de comunicação
<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)	
	Período chuvoso	Corrigir sistema com urgência Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local	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 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 acionam 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 será acionado à medida que for **verificado um evento de cheia** que coloque pessoas sujeitas a situação de inundação. O **primeiro contato de comunicação** é realizado visando à tomada de medidas para prevenção e redução dos danos materiais e humanos para cada escala de evento identificado.

O volume útil do reservatório de Três Marias garante-lhe certa capacidade de regularização de vazões para controle de cheias. Assim, o **Nível de Resposta – CHEIAS** é acionado de forma a alertar sobre as condições naturais e as vazões do rio São Francisco que serão repassadas pela usina 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** uma anomalia que comprometa a 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 à 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 Três Marias, 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 um dos níveis que aciona este Plano de Ações de Emergência, ou seja, quando as **anomalias apresentam evolução rápida**, podendo **comprometer no curto prazo a segurança da barragem**. O primeiro contato de comunicação é realizado objetivando que sejam tomadas medidas para evitar perdas de vidas humanas e reduzir prejuízos materiais para cada escala de evento identificado.

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

Sinteticamente:

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

C. Caracterização do Nível de Resposta 3 – EMERGÊNCIA

O **Nível de Resposta 3 – EMERGÊNCIA** é o nível que aciona este PAE acerca de 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 se está rompendo**, devendo ser tomadas medidas para a preservação de vidas e a redução dos danos materiais decorrentes do colapso da barragem.

Sinteticamente:

- a barragem já se rompeu, está rompendo-se 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 a 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;
- deve-se avisar/alarmar a Zona de autossalvamento;
- acionam-se 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 ao longo do rio São Francisco, na região centro-norte do estado de Minas Gerais.

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 de instruções operativas e documentos internos do empreendimento. O quadro da Figura 3 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **CHEIAS**.

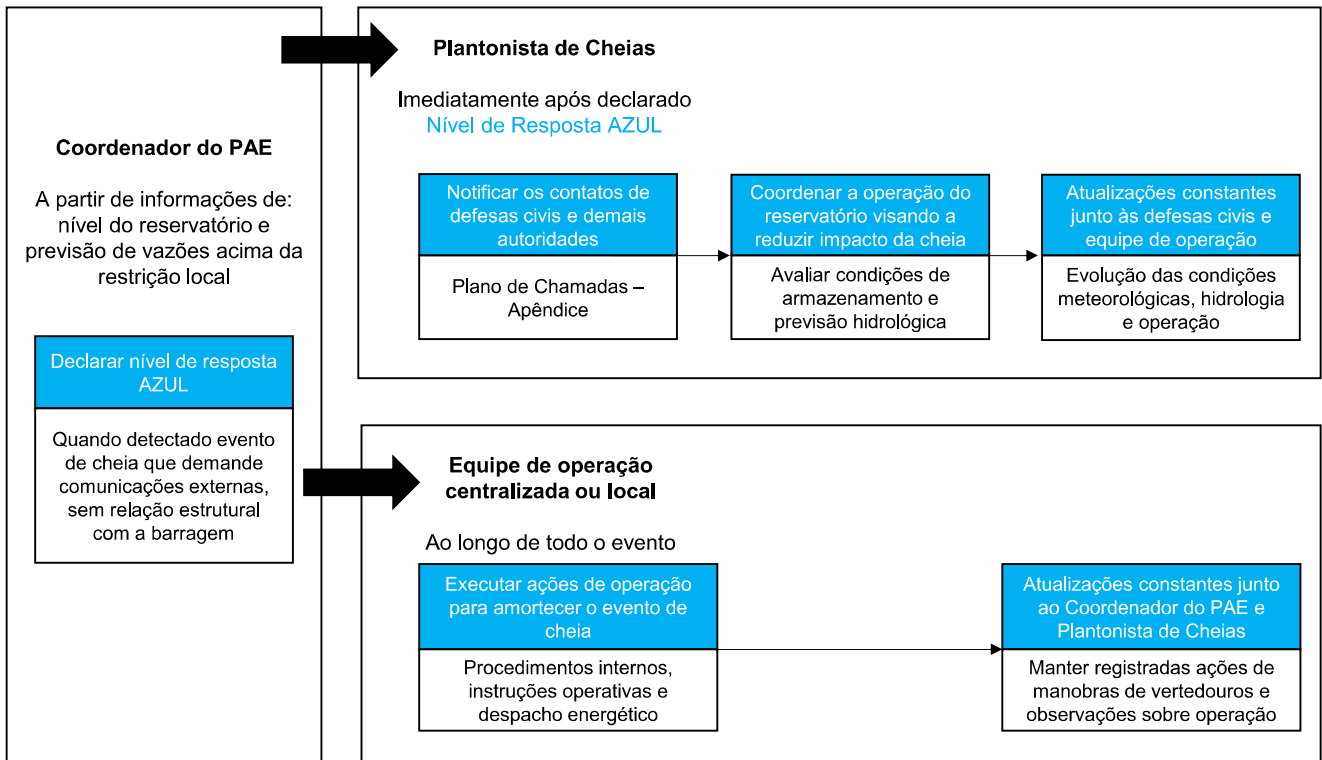


Figura 3 - Fluxograma em situação de CHEIAS

B. Fluxograma de ações e notificação em situação de ALERTA

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

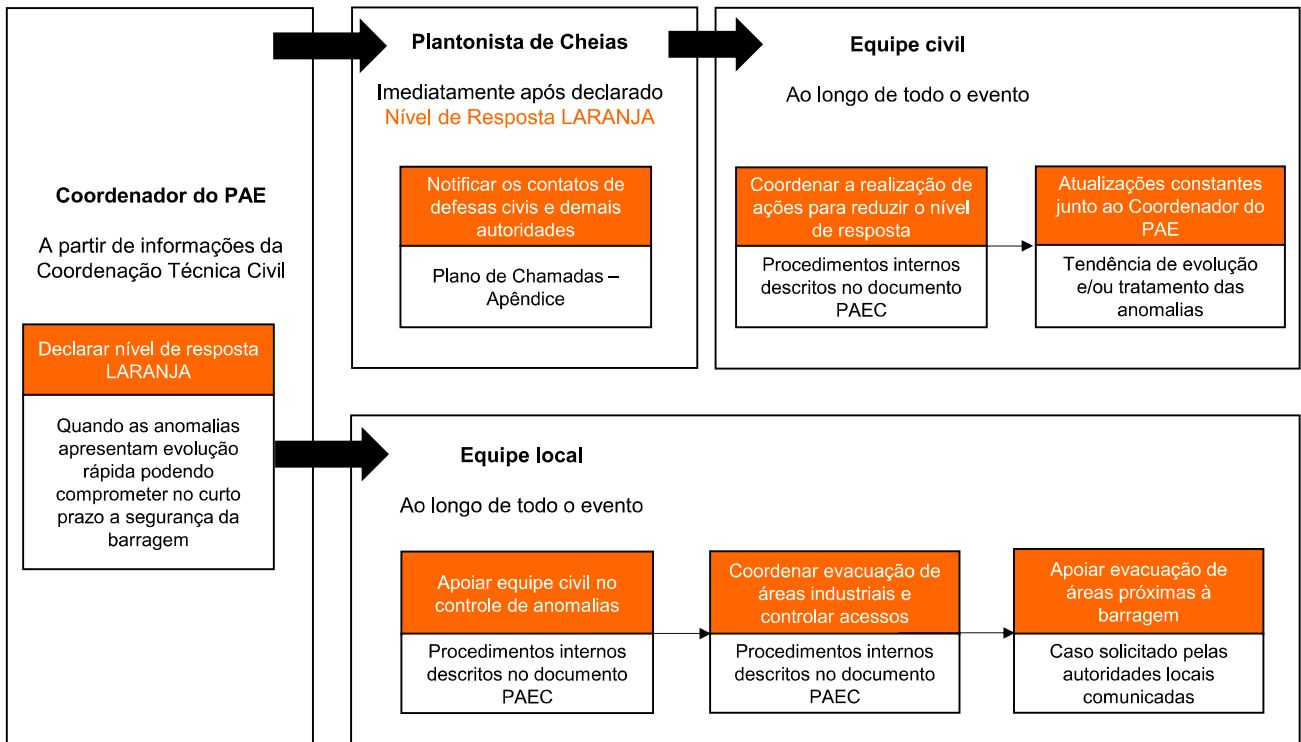


Figura 4 - Fluxograma em situação ALERTA

C. Fluxograma de ações e notificação em situação de EMERGÊNCIA

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

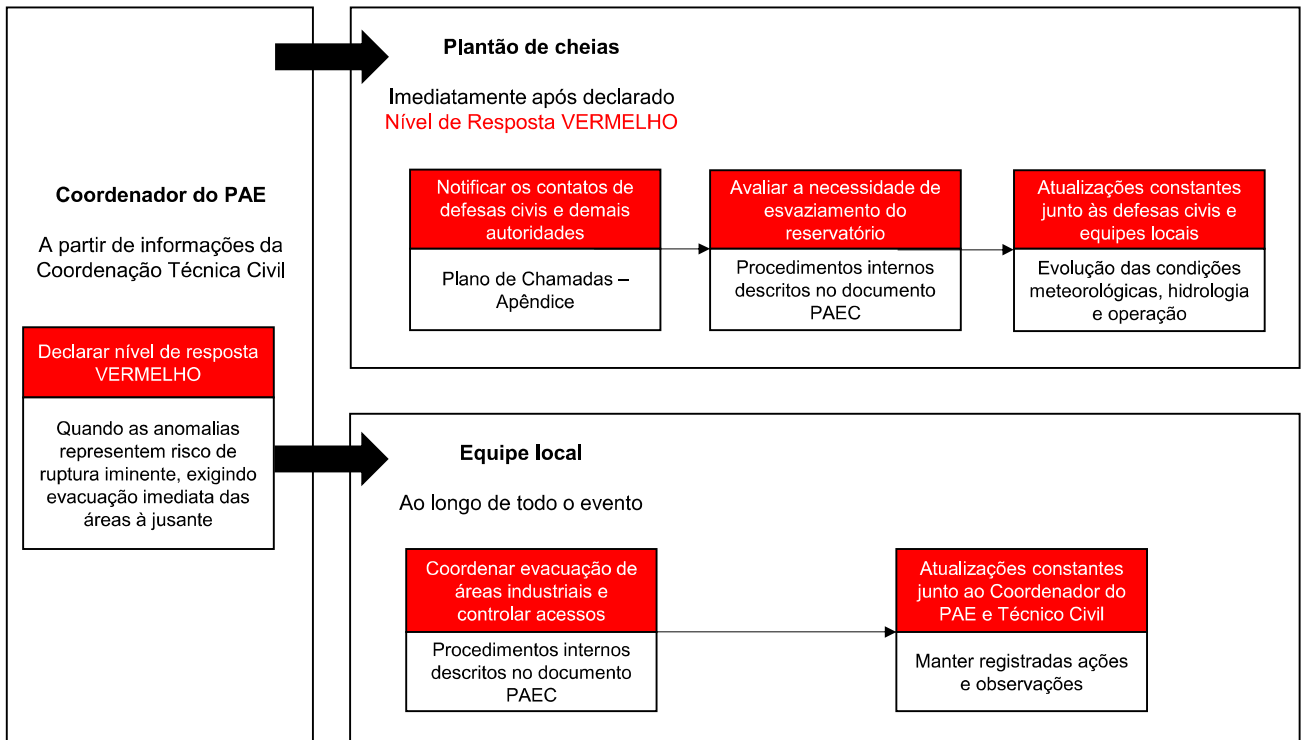


Figura 5 - Fluxograma em situação EMERGÊNCIA

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

A. Zona de Autossalvamento (ZAS)

De acordo com recomendações de FEMA (2013) e FERC (2014), bem como de documentação da ANA (2017), a Zona de Autossalvamento (ZAS) é definida como a região, imediatamente a jusante da barragem, em que se considera não haver tempo suficiente para uma adequada intervenção dos serviços e agentes de proteção civil em caso de acidente. Sua extensão é definida pela menor das seguintes distâncias: 10 km ou a distância percorrida pela onda de inundação em trinta minutos.

A distância percorrida pela frente de onda de ruptura da UHE Três Marias, no intervalo de 30 min, corresponde ao trecho de 12,50 km a jusante da barragem. Tal condição é válida para o pior cenário identificado nas simulações. Esse trecho é caracterizado como uma área de alta densidade populacional, principalmente em sua porção inicial. O centro urbano mais próximo é a cidade de Três Marias, localizada imediatamente a jusante do barramento da usina.

Sabendo disso, por motivos de segurança, a CEMIG adotou uma Zona de Autossalvamento igual a 12,5 km, de modo que todo esse trecho seja alertado numa eventual situação de crise, não dependendo da atuação das autoridades competentes.

B. Monitoramento de vazões

Dado que eventos de ruptura de barragens de água estão comumente ligados eventos hidrológicos extremos, produzido naturalmente ou por acidente, é primordial que o monitoramento das vazões no **rio São Francisco** seja mantido constantemente. Os postos de monitoramento da UHE Três Marias estão descritos na Tabela 5, abaixo.

Tabela 5 - Postos de monitoramento

Bacia	Sub-bacia	Operador	Estações
4 – RIO SÃO FRANCISCO	40 - Rios São Francisco, Pará, Paraopeba, Indaiá	CEMIG Geração Três Marias S.A.	3 – 40865001 – UHE TRES MARIAS PORTO MESQUITA
4 – RIO SÃO FRANCISCO	40 - Rios São Francisco, Pará, Paraopeba, Indaiá	CEMIG Geração Oeste S.A	3 – 40450001 – PCH GAFANHOTO PORTO PARÁ
4 – RIO SÃO FRANCISCO	40 - Rios São Francisco, Pará, Paraopeba, Indaiá	CEMIG Geração Três Marias S.A.	3 – 40100001 – UHE TRES MARIAS PORTO DAS ANDORINHAS
4 – RIO SÃO FRANCISCO	40 - Rios São Francisco, Pará, Paraopeba, Indaiá	CEMIG Geração Três Marias S.A.	3 – 40963000 – UHE TRES MARIAS PORTO INDAIA
4 – RIO SÃO FRANCISCO	40 - Rios São Francisco, Pará, Paraopeba, Indaiá	CEMIG Geração Três Marias S.A.	3 – 40990080 – UHE TRES MARIAS BARRAMENTO
4 – RIO SÃO FRANCISCO	41 - Rios São Francisco, das Velhas e Abaeté	CEMIG Geração Três Marias S.A.	3 – 41020002 – UHE TRES MARIAS JUSANTE
4 – RIO SÃO FRANCISCO	41 - Rios São Francisco, das Velhas e Abaeté	Horizontes Energia S.A.	3 – 41090002 – PCH SALTO DO PARAOPEBA PONTE BR-040
4 – RIO SÃO FRANCISCO	41 - Rios São Francisco, das Velhas e Abaeté	CPRM	5 – 41135000 – PIRAPORA BARREIRO
4 – RIO SÃO FRANCISCO	41 - Rios São Francisco, das Velhas e Abaeté	CPRM	5 – 41990000 – VARZEA DA PALMA
4 – RIO SÃO FRANCISCO	42 - Rios Paracatu e Jequitai	CPRM	5 – 42210000 – CACHOEIRA DA MANTEIGA

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>.

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

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

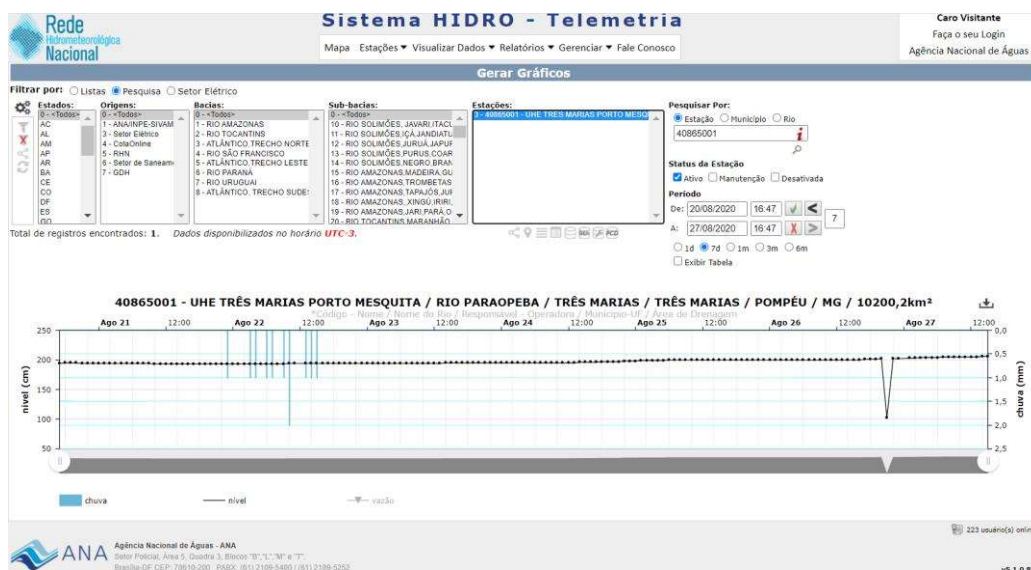


Figura 6 - Visualização do Gestor PCD de dados em tempo real

C. Parâmetros para comunicação do plantonista de cheia

Conforme apresentado anteriormente, o vertimento da UHE Três Marias dá-se pelo extravasor controlado por comportas segmento. Por ser um reservatório de volume total próximo de 20.000 hm³, a usina possui capacidade de atenuação dos eventos de cheia, alocando um volume vazio prévio (volume de espera) para amortecer vazões afluentes altas, replecionando o reservatório. As vazões liberadas passam a ser conhecidas e esse efeito permite uma antecipação sobre seus efeitos. Dessa forma, a previsibilidade da vazão afluente e a agilidade na comunicação são imprescindíveis.

O monitoramento de vazões ordinárias da UHE Três Marias é realizado através dos postos hidrométricos a montante, operado pela Cemig GT. À jusante da UHE Três Marias localizam-se as cidades de Pirapora e Três Marias que já vivenciaram cheias em bairros ribeirinhos, onde para vazões defluentes superiores a 4000 m³/s iniciam-se os efeitos de inundação.

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 Três Marias, o fluxo de comunicação segue da mesma maneira, indicando a necessidade de evacuação de áreas maiores.

Vazão de restrição - $Q_r = 4000 \text{ m}^3/\text{s}$

Seguem os parâmetros que devem ter atenção abaixo:

1. Operação Normal

- Previsão de vazões defluente até 4000 m³/s (não há necessidade de comunicação)

2. Alerta 1 – Ilha Três Marias

Existe uma ilha logo a jusante que necessita ser avisada para vazões defluentes em Três Marias em torno de 2000 m³/s.

3. Alerta 2 – Porto Fluvial de Pirapora (4000 m³/s)

- Previsão de vazões defluentes combinadas com incrementais superiores a 4.000 m³/s

O porto da AHSFRA – Administração da Hidrovia do São Francisco está presente à jusante da cachoeira existente na cidade de Pirapora. Para vazões superiores a 4000 m³/s, as águas do rio São Francisco começam a atingir o pátio do porto. A vazão do rio São Francisco que começa a produzir inundações no porto depende do remanso causado pelo rio das Velhas, afluente cuja foz situa-se 30

km a jusante do porto da AHSFRA. O trecho do rio São Francisco entre a UHE Três Marias e a cidade de Pirapora possui contribuições incrementais consideráveis, cujo principal tributário é o rio Abaeté, que em regime de cheias atinge, somente ele, vazões da ordem de 1000 a 1500 m³/s.

Atualmente, a restrição mais severa existente no município de Pirapora é o porto fluvial da AHSFRA, que começa a ser atingido com vazões de 4.000 m³/s, quando as águas do rio começam a refluir pelas galerias de drenagem, inundando o armazém e a área de balança de caminhões. Para efeito de cálculo do volume de espera do reservatório de Três Marias, considera-se a vazão natural afluente em Pirapora.

4. Alerta 3 - Trecho Três Marias - Foz do rio Abaeté (4000 m³/s)

Para vazões superiores a 4000 m³/s, começam a serem inundadas as instalações da estação de piscicultura da CODEVASF, sendo atingidos principalmente o laboratório e os tanques de criação de peixes. Ao lado da estação de piscicultura, localiza-se o horto florestal da CODEVASF, cuja tomada d'água também é atingida para vazões superiores a 4000 m³/s. A partir da vazão de 4.400 m³/s, já são atingidas a parte baixa do Clube dos Piraquaras (margem esquerda – 5 km a jusante da barragem) e as benfeitorias localizadas na Ilha da Barra do Retiro Velho.

5. Alerta 4 - Trecho Foz do rio Abaeté - Pirapora

Neste trecho, até a cachoeira de Pirapora, a calha do rio São Francisco comporta vazões de até 4000 m³/s.

Entretanto, para essas vazões, ocorrem transbordamentos significativos nas desembocaduras dos ribeirões do Atoleiro, da Tapera, dos Porcos, do Córrego do Cedro e de outros pequenos afluentes, em locais sempre ocupados por lavouras. Para vazões da ordem de 5500 m³/s, já foram observados transbordamentos generalizados em vários pontos do trecho.

A ação de comunicação é a notificação da Defesa Civil de Pirapora.

6. Alerta 5 – Cidade de Pirapora

O dique construído nesta cidade foi dimensionado para uma vazão da ordem de 7500 m³/s, correspondente ao pico de enchente de 1979, passando assim a ser esta a vazão de restrição de Pirapora. Deve-se destacar que ainda existe uma sobrelevação na cota do coroamento dos diques de cerca de 0,50 m, em relação à enchente de 1979. Essa informação, fornecida pelo DNOS, indica que o dique pode suportar vazões superiores a 7500 m³/s.

Ao longo do dique que contorna a cidade, estão localizadas duas comportas, operadas manualmente, que permitem a drenagem das águas pluviais para o rio São Francisco. Uma das comportas situa-se junto ao Bar Xangô, na altura da Cachoeira de Pirapora, enquanto a outra se localiza na altura do Bairro da Lagoa, cerca de 300 m abaixo dos armazéns da AHSFRA.

- Para vazões no rio São Francisco superiores a 2600 m³/s, esta última comporta deve ser fechada de forma a impedir o refluxo das águas para o bairro da Lagoa (existe um sistema de bombeamento, entretanto esse sistema poderá estar inoperante).

Com relação ao bairro da Lagoa (Figura 8), o mesmo deverá ser inundado sempre que chover torrencialmente na região e a vazão no rio São Francisco for maior que 2800 m³/s, o que poderá ocorrer com muita frequência durante a estação chuvosa.



Figura 8 - Bairro Lagoa, município de Pirapora, início de inundação com vazões de 2.800 m³/s

- Na cidade de Pirapora, o bairro Sagrada Família, situado ao lado da Ilha do Coqueiro e se estendendo até a ponte da BR, é inundado com vazões da ordem de 3500 m³/s (área em vermelho);
- Para vazões de 3800 m³/s, praticamente já não há escoamento no canal de drenagem da comporta do Bar Xangô;
- Junto ao bairro Sagrada Família, a estrada forma um dique (área em azul) que será galgado pelo nível do rio quando a régua do posto Pirapora ponte (Figura 9) estiver em 5,14 m (vazão acima de 4.950 m³/s), ocasionando danos na estrada e conseqüentemente em parte da cidade, através da rede de drenagem.



Figura 9 - Topo do dique de Pirapora em vermelho, junto à estrada da BR e indicação da régua do posto Pirapora Ponte

A ação de comunicação é a notificação da Defesa Civil de Pirapora.

7. Alerta 6 – Ilhas a jusante da UHE Três Marias

Em todo o trecho à jusante da UHE Três Marias até Pirapora, existem diversas ilhas que vêm sendo ocupadas ao longo do tempo ou utilizadas para a agricultura de subsistência. Para vazões em Pirapora superiores a 2000 m³/s, é necessária a comunicação com o Corpo de Bombeiros de Pirapora, com antecedência de pelo menos 12 horas e durante o dia, para que seja possível a retirada de pessoas das ilhas. Segundo IBGE censo 2010 há 374 pessoas residindo na ilha do Coqueiro (Figura 10).



Figura 10 - Residência na Ilha do Coqueiro com vazão de 3000 m³/s

VII. Encerramento das operações

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

VIII. Apêndices

A. Ficha Técnica da Barragem

IDENTIFICAÇÃO		EMPRESA	
Nome da Usina	Três Marias	Cemig Geração Três Marias S.A.	
Situação	Em operação	Autorizado	
LOCALIZAÇÃO			
Município	Três Marias	Estado	Minas Gerais
Rio	São Francisco	Coordenadas da barragem	
Sub-Bacia / Código	Alto São Francisco, até Três Marias / 40	Margem direita	18° 12'54" S 45° 15'28" W
Bacia	Rio São Francisco	Margem esquerda	18° 12'31" S 45° 16'58" W
DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS		ÁREAS INUNDADAS	
Vazões características		No N.A. máximo normal (km ²)	1.054,60
Vazão MLT (m ³ /s)	673,00 (1931 a 2016)		
RESERVATÓRIO		VOLUMES	
N.As DE MONTANTE		Volume máximo de amortecimento de cheias (m ³)	4.244,75x10 ⁶
N.A. Máximo maximorum (m)	573,40	Útil (m ³) no N.A. máximo normal	14.974,13x10 ⁶
N.A. Máximo normal (m)	572,50	Total (m ³) no N.A. máximo normal	18.855,26x10 ⁶
Área de drenagem (km ²)	50.761,00	Total (m ³) no N.A. máximo maximorum	19.821,67x10 ⁶
N.A. DE JUSANTE			
N.A. Máximo médio (m)	515,70		
Vazão Mínima (m ³ /s)	420		
BARRAGEM		VERTEDOURO	
CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS	
Forma/Tipo/Material	Terra	Tipo	Superfície controlada
Altura da barragem (m)	70,00	Nº de vãos	07
Comprimento na crista (m)	2.700,00	Vazão de projeto (m ³ /s)	8.787
Largura da crista (m)	10,00	Tempo de recorrência (anos)	10.000
Cota da crista (m)	576,23		
Término da construção	1961		

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 Três Marias, _____.

A partir das ___:___ h de ___/___/_____, foi ativado o Nível de Segurança _____ do Plano de Ação de Emergência – PAE da barragem _____ devido a

A causa da declaração é _____

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

Esta mensagem foi enviada simultaneamente aos seguintes destinatários: _____

As circunstâncias ocorridas fazem com que se deva pôr em ação as recomendações e atividades delineadas em sua cópia do Plano de Ação de Emergência - PAE da UHE Três Marias.

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 Três Marias possui uma barragem de terra localizada no rio São Francisco. O volume máximo de armazenamento do reservatório é de 20.000 hm³. A Zona de Autossalvamento (ZAS) adotada corresponde a 12,50 km a partir do barramento, distância hipoteticamente percorrida pela frente de onda de ruptura no intervalo de 30 min. Esse trecho é caracterizado como uma área de alta densidade populacional, onde se encontra a sede do município de Três Marias

FIM DA MENSAGEM

C. Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética

Premissas:

Para o **Nível de Resposta 3 – Emergência**, foram simulados três cenários de ruptura para a Barragem de Três Marias, sucintamente descritos a seguir:

- **Cenário RDC 1:** Rompimento da Barragem de Terra Central (BTC) em Condição de Carregamento Excepcional (CCE) por formação de *piping*, durante evento de vazão Decamilenar com reservatório na El. 572,45 [m-IBGE];
- **Cenário RDC 2:** Rompimento da Barragem de Terra Central (BTC) em Condição de Carregamento Normal (CCN) por formação de *piping*, durante defluência de vazão média de longo termo (*Sunny day*) com reservatório na El. 568,00 [m-IBGE];
- **Cenário RDC 3:** Rompimento da Barragem de Terra Central (BTC) em Condição de Carregamento Normal (CCN) por formação de *piping*, durante evento de vazão de restrição (4.000 m³/s), com o reservatório na El. 568,00 [m-IBGE].

Resultados:

1. Cenário RDC 1: Rompimento da barragem de terra central por *piping*, com vazão decamilenar (11967 m³/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Três Marias 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 ocorre por formação de *piping* na Barragem de Terra Central (BTC) em Condição de Carregamento Excepcional (CCE), durante evento de vazão Decamilenar com reservatório na El. 572,45 [m-IBGE].

Considera-se como nível de referência aquele que fica 0,61 m acima do nível natural do rio correspondente à vazão em análise. Tal critério é uma forma de avaliar o tempo de submersão do vale a jusante durante a passagem da onda de cheia, contabilizando, apenas, o efeito incremental provocado pela ruptura hipotética da barragem.

A altura incremental da onda de cheia chega a 40 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 45% da energia específica do escoamento, resultando numa altura incremental de 18 m após dos 260 km de propagação.

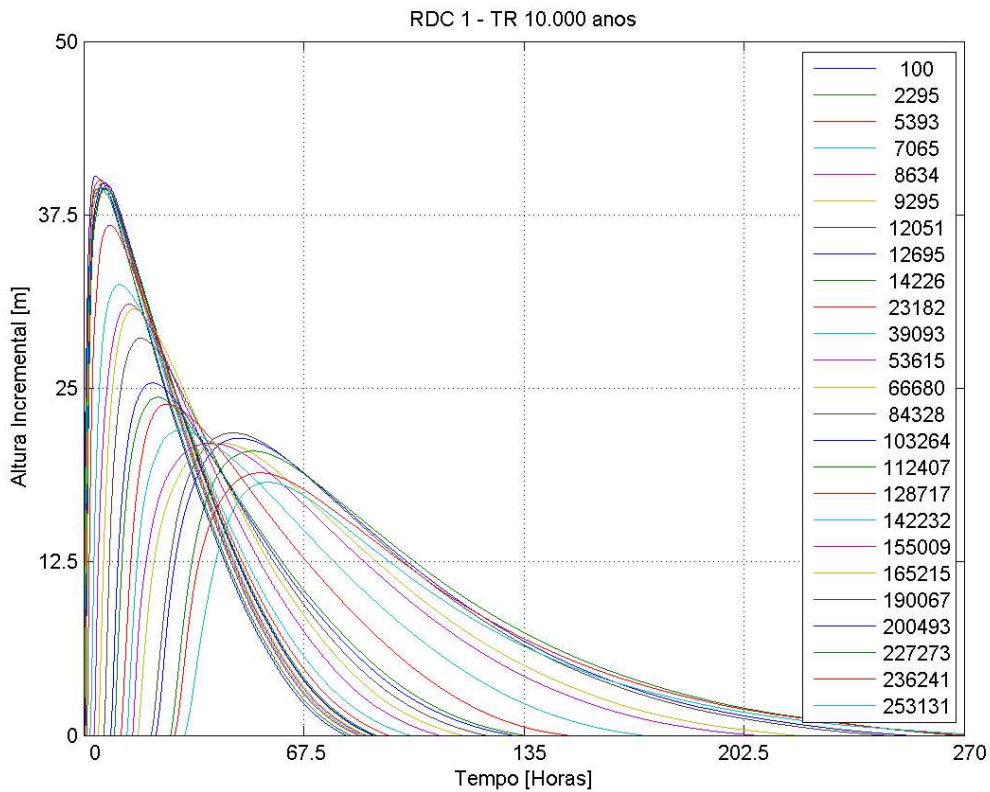
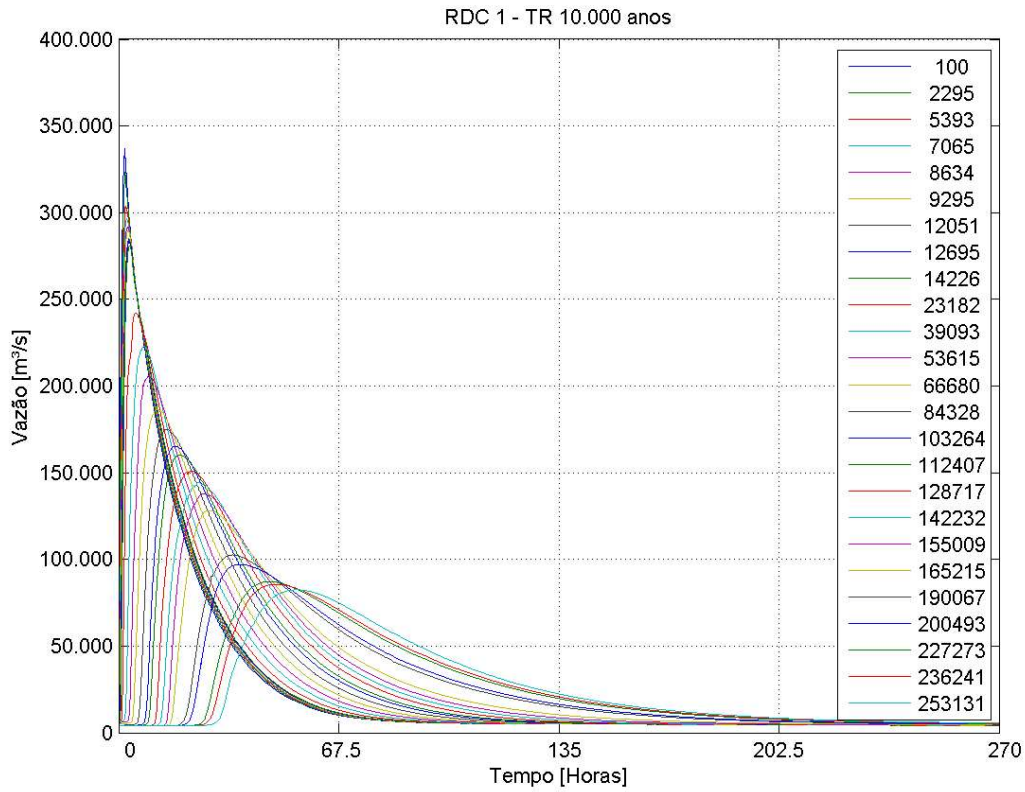
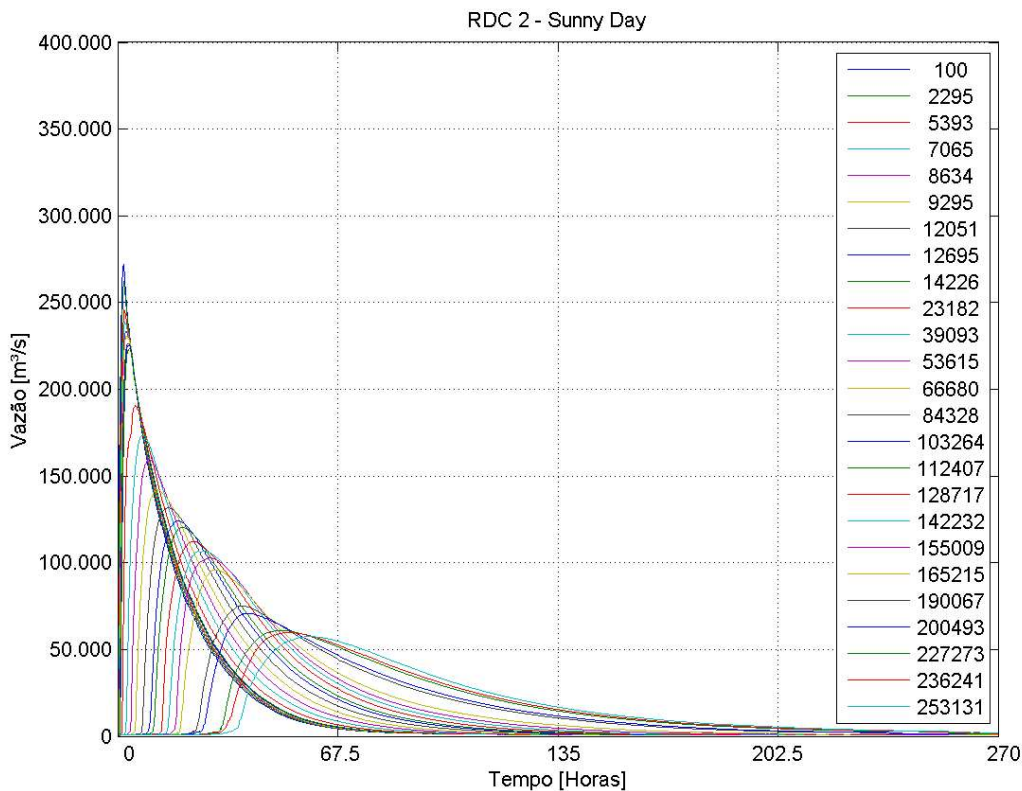


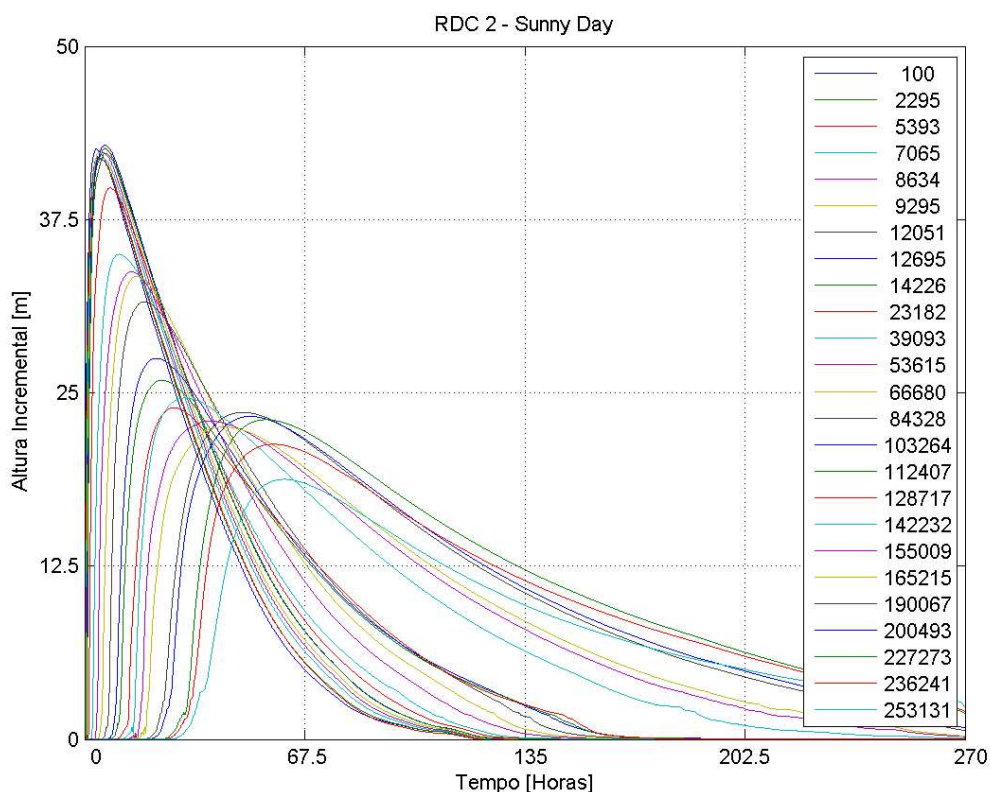
Figura E. 1 - Altura incremental da onda propagada nas seções de controle. RDC 1

2. Cenário RDC 2: Rompimento da barragem de terra central por piping em dia seco, com vazão média de longo termo (673 m³/s)

As figuras a seguir ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Três Marias 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 ocorre por formação de *piping* na Barragem de Terra Central (BTC) em condição de Carregamento Normal (CCN), durante evento de vazão média de longo termo (*Sunny Day*) na El. 568,00 [m-IBGE].

A altura incremental da onda de cheia chega a 42 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 44% da energia específica do escoamento, resultando numa altura incremental de 19 m após dos 260 km de propagação.

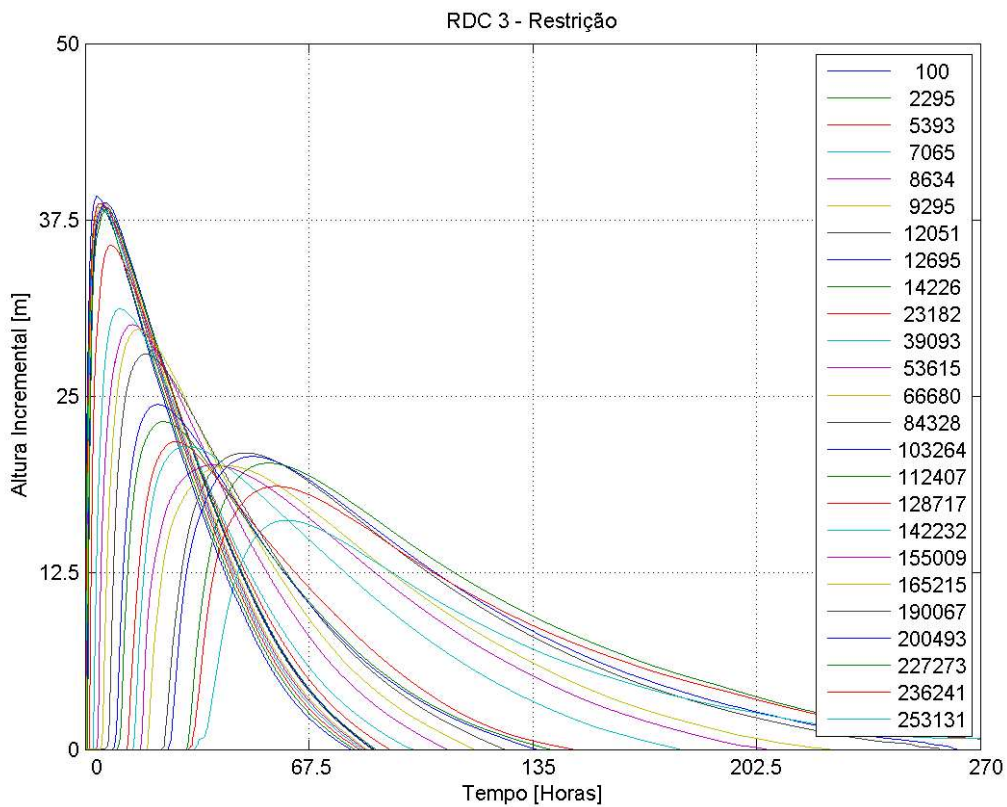
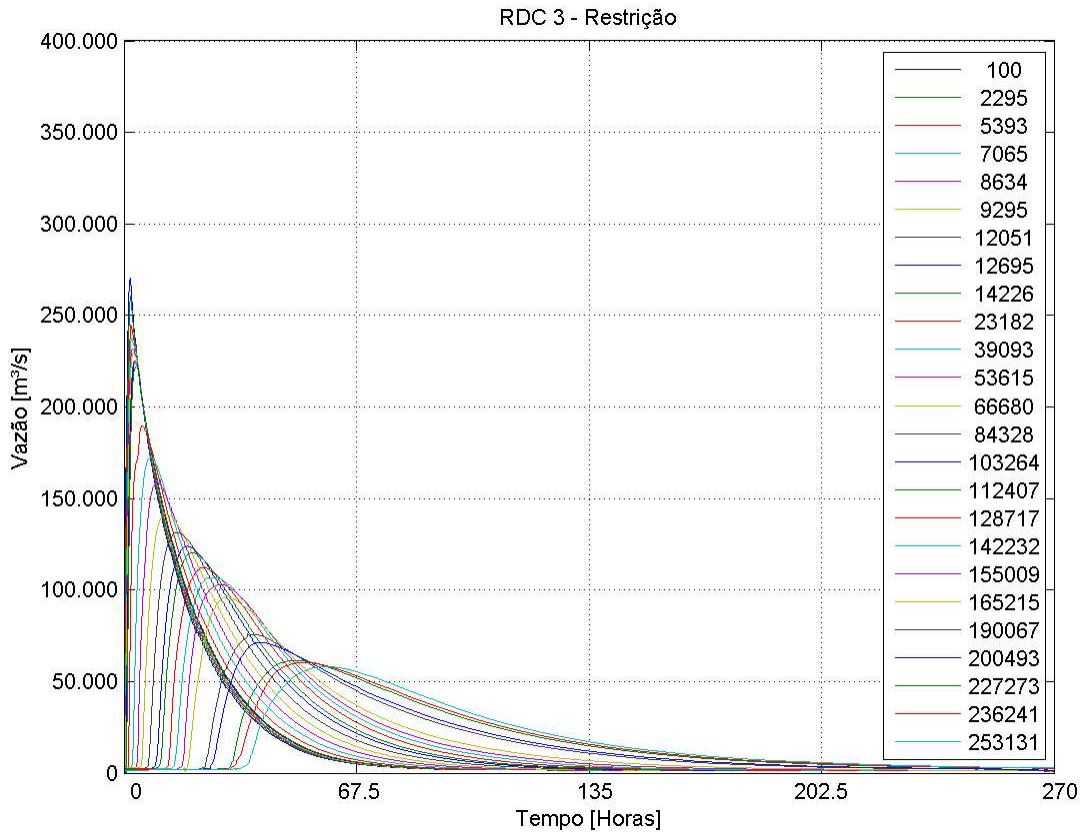




3. Cenário RDC 3: Rompimento da barragem de terra central por piping , operando a vazão de restrição (4000 m³/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Três Marias para o modo RDC 3, 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 por formação de *piping* na Barragem de Terra Central (BTC) em Condição de Carregamento Normal (CCN), na ocorrência de cheia natural superior a TR 2 anos e o vertimento próximo à vazão de restrição ($Q = 4.000 \text{ m}^3/\text{s}$), com o reservatório na El. 568,00 [m-IBGE].

A altura incremental da onda de cheia chega a 39 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 41% da energia específica do escoamento, resultando numa altura incremental de 16 m após dos 260 km de propagação.



Amortecimento da onda de ruptura:

O reservatório da UHE Três Marias possui dimensões de grande porte, segundo USACE (1979), podendo reservar cerca de 19 km³ no N.A. EL. 572,50 [m-IBGE]. Este grande volume, quando liberado durante uma ruptura, é capaz de gerar uma significativa mudança no regime de vazão do rio São Francisco.

O abatimento de energia específica da onda de cheia ao longo do modelo chegou a, no máximo, 45%. Entre o início do domínio, no eixo da barragem, até seu final, 260 km a jusante do eixo, as maiores alturas de cheia registradas foram de, aproximadamente, 42 m e 19 m, respectivamente. Desta forma, não é possível afirmar que a inundação gerada pela ruptura da UHE Três Marias não apresente capacidade destrutiva para além dos limites do modelo hidrodinâmico elaborado.

O nível do reservatório, no momento de uma ruptura hipotética, determina a intensidade e extensão da onda de cheia e da inundação do vale. Contudo, tendo em vista o porte do reservatório, independente do cenário hidrológico, os danos causados pela inundação têm magnitudes extremas.

Todas as cidades ao longo do rio São Francisco, do eixo da barragem até 260 km a jusante, são atingidas pelas ondas induzidas nos cenários de ruptura hipotética da UHE Três Marias, como pode ser observado nas cartas de inundações.

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	3303	19287	22590
RDC 2	2877	15653	18530
RDC 3	2868	15768	18636

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Economias)					
	RDC 1		RDC 2		RDC 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
316935605000034	775	0	735	0	735	0
316935605000011	3	0	1	0	1	0
316935605000033	16	0	2	0	2	0
316935605000013	163	0	88	0	88	0
316935605000010	121	0	84	0	83	0
316935605000012	49	0	26	0	26	0
316935605000018	24	0	12	0	12	0
316935605000017	49	0	14	0	13	0
316935605000015	111	0	84	0	84	0
316935605000014	197	0	187	0	186	0
316935605000016	5	0	0	0	0	0
316935605000019	430	0	352	0	348	0
316935605000021	8	0	0	0	0	0
316935605000028	139	0	92	0	90	0
316935605000030	267	75	255	75	255	75
316170010000003	481	311	480	311	480	311
316170010000004	465	0	465	0	465	0
316935605000031	0	458	0	452	0	452
316170010000002	0	44	0	44	0	44
310940220000002	0	73	0	73	0	73
310940220000003	0	126	0	125	0	125
313810405000010	0	149	0	149	0	149
310940220000001	0	70	0	70	0	70
310940220000005	0	174	0	172	0	172
313810405000012	0	38	0	38	0	38

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Economias)					
	RDC 1		RDC 2		RDC 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
317080005000030	0	313	0	310	0	310
310940205000031	0	125	0	123	0	123
310940205000022	0	108	0	108	0	108
315120605000060	0	333	0	325	0	325
310940205000021	0	162	0	160	0	160
310940205000008	0	69	0	54	0	54
310940205000020	0	19	0	19	0	19
310940205000007	0	338	0	281	0	283
310940205000006	0	373	0	373	0	373
310940205000029	0	51	0	0	0	0
310940205000016	0	130	0	24	0	27
310940205000009	0	1	0	0	0	0
310940205000005	0	170	0	170	0	170
310940205000028	0	121	0	71	0	73
310940205000004	0	169	0	148	0	149
310940205000017	0	9	0	0	0	0
310940205000003	0	196	0	188	0	189
310940205000027	0	86	0	23	0	25
310940205000001	0	100	0	100	0	100
310940205000013	0	6	0	0	0	0
310940205000002	0	76	0	21	0	25
310940205000026	0	138	0	138	0	138
310940205000014	0	39	0	2	0	3
310940205000019	0	324	0	296	0	298
310940205000018	0	215	0	143	0	143
310940205000023	0	10	0	9	0	9
310940205000024	0	292	0	283	0	283
315120605000043	0	533	0	533	0	533
315120605000036	0	30	0	12	0	12
315120605000045	0	107	0	107	0	107
315120605000044	0	84	0	84	0	84
315120605000069	0	126	0	126	0	126
315120605000042	0	24	0	24	0	24
315120605000038	0	160	0	160	0	160
315120605000047	0	125	0	125	0	125
315120605000046	0	70	0	70	0	70
315120605000040	0	145	0	145	0	145
315120605000037	0	198	0	198	0	198

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Economias)					
	RDC 1		RDC 2		RDC 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
315120605000003	0	58	0	58	0	58
315120605000041	0	207	0	207	0	207
315120605000068	0	83	0	83	0	83
315120605000039	0	118	0	118	0	118
315120605000067	0	104	0	104	0	104
315120605000001	0	49	0	49	0	49
315120605000002	0	38	0	38	0	38
315120605000033	0	61	0	61	0	61
315120605000005	0	65	0	65	0	65
315120605000032	0	115	0	115	0	115
315120605000007	0	43	0	43	0	43
315120605000053	0	73	0	73	0	73
315120605000051	0	99	0	99	0	99
315120605000011	0	54	0	54	0	54
315120605000061	0	30	0	30	0	30
315120605000063	0	55	0	55	0	55
315120605000052	0	42	0	42	0	42
315120605000008	0	47	0	47	0	47
315120605000048	0	69	0	69	0	69
315120605000006	0	63	0	63	0	63
315120605000049	0	55	0	42	0	43
315120605000004	0	4	0	4	0	4
315120605000062	0	86	0	86	0	86
315120605000031	0	171	0	83	0	87
315120605000009	0	92	0	92	0	92
315120605000050	0	55	0	35	0	39
315120605000054	0	26	0	18	0	20
315120605000012	0	117	0	117	0	117
315120605000066	0	121	0	2	0	3
315120605000055	0	36	0	24	0	25
315120605000010	0	63	0	63	0	63
315120605000026	0	662	0	9	0	12
315120605000056	0	123	0	123	0	123
315120605000029	0	145	0	0	0	0
315120605000030	0	69	0	0	0	0
315120605000070	0	128	0	128	0	128
315120605000071	0	84	0	25	0	31
315120605000016	0	117	0	16	0	28

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Economias)					
	RDC 1		RDC 2		RDC 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
315120605000017	0	183	0	3	0	6
315120605000013	0	73	0	73	0	73
315120605000014	0	203	0	203	0	203
315120605000057	0	65	0	62	0	65
315120605000058	0	103	0	76	0	85
315120605000015	0	182	0	182	0	182
315120605000028	0	25	0	0	0	0
315120605000018	0	110	0	77	0	79
315120605000064	0	78	0	39	0	39
315120605000019	0	128	0	50	0	61
315120605000065	0	148	0	102	0	112
315120605000020	0	118	0	107	0	109
315120605000027	0	48	0	0	0	0
315120605000021	0	135	0	128	0	128
315120605000059	0	461	0	362	0	364
315120605000025	0	250	0	0	0	0
315120605000022	0	281	0	6	0	9
315120605000024	0	603	0	357	0	361
315120605000023	0	246	0	92	0	97
317080010000004	0	101	0	96	0	97
317080010000003	0	43	0	43	0	43
317080010000001	0	375	0	375	0	375
317080010000002	0	543	0	499	0	499
310940205000033	0	52	0	52	0	52
313730405000007	0	101	0	97	0	98
310940205000025	0	49	0	49	0	49
312960805000011	0	364	0	350	0	350
312960805000012	0	194	0	154	0	156
312960805000005	0	93	0	93	0	93
312960805000001	0	183	0	183	0	183
310940210000005	0	23	0	23	0	23
312960805000006	0	257	0	257	0	257
312960805000003	0	407	0	407	0	407
312960805000004	0	200	0	200	0	200
312960805000002	0	370	0	370	0	370
312960805000008	0	124	0	119	0	119
310940210000004	0	59	0	39	0	42
312960805000007	0	106	0	106	0	106

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Economias)					
	RDC 1		RDC 2		RDC 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
315213105000006	0	33	0	33	0	33
315213105000005	0	182	0	174	0	174
310940210000001	0	209	0	158	0	160
310940210000003	0	24	0	23	0	23
315213105000001	0	244	0	244	0	244
315213105000002	0	331	0	331	0	331
315213105000007	0	399	0	399	0	399
315213105000003	0	35	0	35	0	35
315213105000004	0	9	0	6	0	6
315760905000008	0	17	0	17	0	17
Total	3303	19287	2877	15653	2868	15768

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Habitantes)					
	RDC 1		RDC 2		RDC 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
316935605000034	2466	0	2338	0	2338	0
316935605000011	11	0	4	0	4	0
316935605000033	52	0	7	0	7	0
316935605000013	552	0	298	0	298	0
316935605000010	392	0	272	0	269	0
316935605000012	165	0	88	0	88	0
316935605000018	77	0	39	0	39	0
316935605000017	165	0	48	0	44	0
316935605000015	378	0	286	0	286	0
316935605000014	703	0	667	0	664	0
316935605000016	17	0	0	0	0	0
316935605000019	1358	0	1111	0	1099	0
316935605000021	24	0	0	0	0	0
316935605000028	432	0	286	0	280	0
316935605000030	709	199	677	199	677	199
316170010000003	1420	918	1417	918	1417	918
316170010000004	1737	0	1737	0	1737	0
316935605000031	0	1174	0	1158	0	1158
316170010000002	0	157	0	157	0	157
310940220000002	0	260	0	260	0	260
310940220000003	0	431	0	428	0	428
313810405000010	0	428	0	428	0	428

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Habitantes)					
	RDC 1		RDC 2		RDC 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
310940220000001	0	178	0	178	0	178
310940220000005	0	603	0	596	0	596
313810405000012	0	116	0	116	0	116
317080005000030	0	937	0	928	0	928
310940205000031	0	460	0	453	0	453
310940205000022	0	340	0	340	0	340
315120605000060	0	971	0	948	0	948
310940205000021	0	518	0	511	0	511
310940205000008	0	262	0	205	0	205
310940205000020	0	53	0	53	0	53
310940205000007	0	1236	0	1028	0	1035
310940205000006	0	1312	0	1312	0	1312
310940205000029	0	187	0	0	0	0
310940205000016	0	485	0	90	0	101
310940205000009	0	4	0	0	0	0
310940205000005	0	630	0	630	0	630
310940205000028	0	404	0	237	0	244
310940205000004	0	600	0	526	0	529
310940205000017	0	35	0	0	0	0
310940205000003	0	651	0	625	0	628
310940205000027	0	319	0	86	0	93
310940205000001	0	339	0	339	0	339
310940205000013	0	21	0	0	0	0
310940205000002	0	279	0	78	0	92
310940205000026	0	496	0	496	0	496
310940205000014	0	140	0	8	0	11
310940205000019	0	1042	0	952	0	958
310940205000018	0	784	0	521	0	521
310940205000023	0	34	0	31	0	31
310940205000024	0	791	0	767	0	767
315120605000043	0	2040	0	2040	0	2040
315120605000036	0	105	0	42	0	42
315120605000045	0	394	0	394	0	394
315120605000044	0	296	0	296	0	296
315120605000069	0	484	0	484	0	484
315120605000042	0	81	0	81	0	81
315120605000038	0	652	0	652	0	652
315120605000047	0	432	0	432	0	432

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Habitantes)					
	RDC 1		RDC 2		RDC 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
315120605000046	0	230	0	230	0	230
315120605000040	0	551	0	551	0	551
315120605000037	0	740	0	740	0	740
315120605000003	0	175	0	175	0	175
315120605000041	0	790	0	790	0	790
315120605000068	0	298	0	298	0	298
315120605000039	0	424	0	424	0	424
315120605000067	0	404	0	404	0	404
315120605000001	0	128	0	128	0	128
315120605000002	0	121	0	121	0	121
315120605000033	0	218	0	218	0	218
315120605000005	0	206	0	206	0	206
315120605000032	0	402	0	402	0	402
315120605000007	0	138	0	138	0	138
315120605000053	0	259	0	259	0	259
315120605000051	0	322	0	322	0	322
315120605000011	0	207	0	207	0	207
315120605000061	0	105	0	105	0	105
315120605000063	0	225	0	225	0	225
315120605000052	0	142	0	142	0	142
315120605000008	0	188	0	188	0	188
315120605000048	0	225	0	225	0	225
315120605000006	0	208	0	208	0	208
315120605000049	0	179	0	137	0	140
315120605000004	0	14	0	14	0	14
315120605000062	0	318	0	318	0	318
315120605000031	0	590	0	286	0	300
315120605000009	0	308	0	308	0	308
315120605000050	0	176	0	112	0	125
315120605000054	0	109	0	75	0	84
315120605000012	0	424	0	424	0	424
315120605000066	0	433	0	8	0	11
315120605000055	0	141	0	94	0	98
315120605000010	0	203	0	203	0	203
315120605000026	0	2164	0	30	0	40
315120605000056	0	395	0	395	0	395
315120605000029	0	479	0	0	0	0
315120605000030	0	239	0	0	0	0

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Habitantes)					
	RDC 1		RDC 2		RDC 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
315120605000070	0	433	0	433	0	433
315120605000071	0	264	0	79	0	98
315120605000016	0	408	0	56	0	98
315120605000017	0	605	0	10	0	20
315120605000013	0	256	0	256	0	256
315120605000014	0	715	0	715	0	715
315120605000057	0	222	0	212	0	222
315120605000058	0	374	0	276	0	309
315120605000015	0	680	0	680	0	680
315120605000028	0	89	0	0	0	0
315120605000018	0	412	0	288	0	296
315120605000064	0	272	0	136	0	136
315120605000019	0	471	0	184	0	225
315120605000065	0	522	0	360	0	395
315120605000020	0	378	0	343	0	349
315120605000027	0	179	0	0	0	0
315120605000021	0	415	0	393	0	393
315120605000059	0	1624	0	1275	0	1282
315120605000025	0	901	0	0	0	0
315120605000022	0	1017	0	22	0	33
315120605000024	0	2131	0	1262	0	1276
315120605000023	0	871	0	326	0	344
317080010000004	0	297	0	283	0	286
317080010000003	0	150	0	150	0	150
317080010000001	0	1403	0	1403	0	1403
317080010000002	0	1834	0	1685	0	1685
310940205000033	0	172	0	172	0	172
313730405000007	0	366	0	352	0	356
310940205000025	0	131	0	131	0	131
312960805000011	0	1120	0	1077	0	1077
312960805000012	0	613	0	487	0	493
312960805000005	0	294	0	294	0	294
312960805000001	0	627	0	627	0	627
310940210000005	0	100	0	100	0	100
312960805000006	0	903	0	903	0	903
312960805000003	0	1550	0	1550	0	1550
312960805000004	0	711	0	711	0	711
312960805000002	0	1340	0	1340	0	1340

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Habitantes)					
	RDC 1		RDC 2		RDC 3	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
312960805000008	0	359	0	345	0	345
310940210000004	0	202	0	134	0	144
312960805000007	0	387	0	387	0	387
315213105000006	0	117	0	117	0	117
315213105000005	0	614	0	587	0	587
310940210000001	0	781	0	591	0	598
310940210000003	0	65	0	62	0	62
315213105000001	0	926	0	926	0	926
315213105000002	0	1097	0	1097	0	1097
315213105000007	0	1464	0	1464	0	1464
315213105000003	0	143	0	143	0	143
315213105000004	0	27	0	18	0	18
315760905000008	0	61	0	61	0	61
Total	10658	66249	9275	53636	9247	54037

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

Tabela F. 1 - Número aproximado de atingidos por TR (edificações)

Tempos de recorrência	Número Aprox. de atingidos (Economias)		
	Dentro da ZAS	Fora da ZAS	Total
TR 10.000 anos	329	3779	4108
TR 100 anos	70	2373	2443
TR 50 anos	70	2217	2287
TR 10 anos	57	1510	1567
TR 2 anos	38	755	793

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.

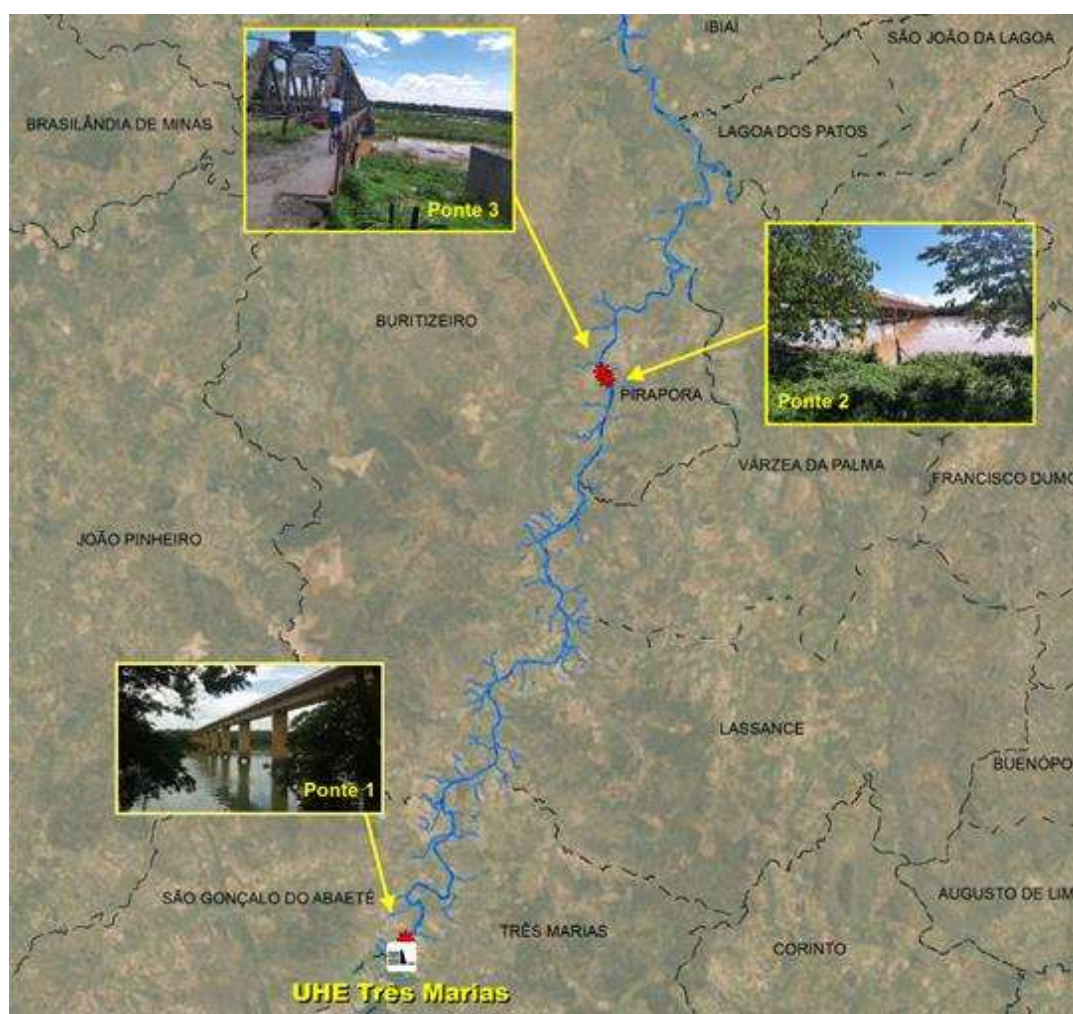
Com base nessas informações, avaliou-se, para cada cenário simulado, a possibilidade de galgamento das pontes, bem como o atendimento à recomendação de 1 m de borda livre abaixo da estrutura. Recomendações de projeto de pontes e bueiros de DNIT (2005) indicam 1 m de borda livre

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).

A pontes presentes ao longo do trecho estudado têm os resultados resumidos abaixo, seguidos de sua localização.

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
Ponte 1	531,57	529,07	561,94	557,37	557,27	520,33	517,47	517,47
Ponte 2	492,43	489,28	512,19	508,20	508,25	489,89	487,98	487,89
Ponte 3	489,17	487,37	509,19	505,20	505,25	486,89	484,98	484,89

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	Dist.	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]*
260524	100,00	563,79	521,18	516,61	47,19	40,30	336970,41	00 03 39	03 04 04	00 00 01	0,00
258330	2294,50	561,94	520,33	515,35	46,59	39,42	323111,47	00 05 09	03 05 21	00 00 05	1,46
255231	5392,60	561,20	518,50	514,54	46,65	40,02	303880,16	00 05 25	03 07 18	00 00 12	3,00
253559	7064,90	560,14	517,94	513,36	46,78	39,49	296470,91	00 05 47	03 08 03	00 00 15	3,26
251990	8633,90	559,80	517,34	512,56	47,24	39,75	291598,03	00 05 53	03 08 58	00 00 19	3,82
251329	9294,80	559,61	516,99	511,95	47,66	39,89	289601,25	00 05 56	03 09 31	00 00 21	4,03
248573	12050,70	558,05	515,79	510,66	47,39	39,42	285077,63	00 06 22	03 11 11	00 00 29	4,40
247930	12694,50	558,25	515,58	510,51	47,74	39,80	283724,06	00 06 18	03 11 27	00 00 31	4,75
246399	14225,50	557,36	515,18	510,26	47,10	39,36	281035,00	00 07 05	03 12 05	00 00 35	4,11
237442	23181,90	552,52	513,26	508,14	44,37	36,77	241989,52	00 08 00	03 14 51	00 01 01	5,31
221531	39093,10	543,60	509,32	504,18	39,42	32,48	223105,69	00 11 08	03 19 16	00 02 03	5,21
207009	53614,60	537,87	505,00	499,65	38,22	31,07	205974,50	00 14 04	04 02 17	00 03 20	5,14
193944	66679,80	534,59	502,21	496,70	37,90	30,71	186481,89	00 15 30	04 07 21	00 04 37	5,62
176296	84328,40	528,86	498,49	493,00	35,86	28,62	175122,38	00 17 34	04 11 54	00 06 21	6,05
157360	103263,60	520,82	494,16	489,31	31,50	25,39	165318,66	00 21 17	04 16 08	00 08 28	5,85
148217	112407,40	517,82	492,45	487,95	29,87	24,36	160456,41	00 22 50	04 17 57	00 09 35	5,85
131907	128717,10	512,19	489,89	484,27	27,91	23,86	150919,77	01 02 01	05 03 35	00 11 40	5,75
118392	142232,10	506,60	483,69	478,10	28,50	21,97	144369,05	01 05 42	05 23 25	00 13 28	5,46
105615	155009,40	502,71	482,08	475,75	26,96	21,04	137990,08	01 15 00	07 01 15	00 15 13	4,38
95409	165215,32	501,63	481,55	474,89	26,74	21,08	128114,35	01 18 06	07 11 05	00 16 55	4,29
70557	190066,59	499,79	479,57	471,84	27,95	21,80	102630,48	01 21 53	08 06 45	00 21 10	4,50
60131	200493,22	498,44	478,69	470,84	27,60	21,41	97130,55	01 23 45	08 11 10	00 22 36	4,54
33351	227272,53	494,67	476,37	467,46	27,21	20,48	87240,06	02 03 59	08 22 53	01 03 06	4,70
24383	236241,18	491,93	475,29	466,76	25,16	18,91	85648,73	02 06 14	08 21 46	01 04 30	4,67
7493	253130,97	488,00	473,26	464,86	23,14	18,23	82483,20	02 08 38	08 16 13	01 07 40	4,78

*Z_p é a cota de pico [m-IBGE]; Z_{ref} é a cota de pico para o evento natural Decamilenar [m-IBGE]; Z_{Qmlt} é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q_{MLT} [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q_{MLT} [m]; H_{incr} é a altura incremental do pico em relação ao evento Decamilenar [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H_{incr} > 0,61) [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	Dist.	Z _p *	Z _{ref} *	Z _{Qmlt} *	H [m]*	H _{incr} [m]*	Q _p [m³/s]*	T _p *	T _{inun} *	T _{ch}	V [km/h]*
260524	100,00	563,79	521,18	516,61	47,19	40,30	336970,41	00 03 39	03 04 04	00 00 01	0,00
258330	2294,50	561,94	520,33	515,35	46,59	39,42	323111,47	00 05 09	03 05 21	00 00 05	1,46
255231	5392,60	561,20	518,50	514,54	46,65	40,02	303880,16	00 05 25	03 07 18	00 00 12	3,00
253559	7064,90	560,14	517,94	513,36	46,78	39,49	296470,91	00 05 47	03 08 03	00 00 15	3,26
251990	8633,90	559,80	517,34	512,56	47,24	39,75	291598,03	00 05 53	03 08 58	00 00 19	3,82
251329	9294,80	559,61	516,99	511,95	47,66	39,89	289601,25	00 05 56	03 09 31	00 00 21	4,03
248573	12050,70	558,05	515,79	510,66	47,39	39,42	285077,63	00 06 22	03 11 11	00 00 29	4,40
247930	12694,50	558,25	515,58	510,51	47,74	39,80	283724,06	00 06 18	03 11 27	00 00 31	4,75
246399	14225,50	557,36	515,18	510,26	47,10	39,36	281035,00	00 07 05	03 12 05	00 00 35	4,11
237442	23181,90	552,52	513,26	508,14	44,37	36,77	241989,52	00 08 00	03 14 51	00 01 01	5,31
221531	39093,10	543,60	509,32	504,18	39,42	32,48	223105,69	00 11 08	03 19 16	00 02 03	5,21
207009	53614,60	537,87	505,00	499,65	38,22	31,07	205974,50	00 14 04	04 02 17	00 03 20	5,14
193944	66679,80	534,59	502,21	496,70	37,90	30,71	186481,89	00 15 30	04 07 21	00 04 37	5,62
176296	84328,40	528,86	498,49	493,00	35,86	28,62	175122,38	00 17 34	04 11 54	00 06 21	6,05
157360	103263,60	520,82	494,16	489,31	31,50	25,39	165318,66	00 21 17	04 16 08	00 08 28	5,85
148217	112407,40	517,82	492,45	487,95	29,87	24,36	160456,41	00 22 50	04 17 57	00 09 35	5,85
131907	128717,10	512,19	489,89	484,27	27,91	23,86	150919,77	01 02 01	05 03 35	00 11 40	5,75
118392	142232,10	506,60	483,69	478,10	28,50	21,97	144369,05	01 05 42	05 23 25	00 13 28	5,46
105615	155009,40	502,71	482,08	475,75	26,96	21,04	137990,08	01 15 00	07 01 15	00 15 13	4,38
95409	165215,32	501,63	481,55	474,89	26,74	21,08	128114,35	01 18 06	07 11 05	00 16 55	4,29
70557	190066,59	499,79	479,57	471,84	27,95	21,80	102630,48	01 21 53	08 06 45	00 21 10	4,50
60131	200493,22	498,44	478,69	470,84	27,60	21,41	97130,55	01 23 45	08 11 10	00 22 36	4,54
33351	227272,53	494,67	476,37	467,46	27,21	20,48	87240,06	02 03 59	08 22 53	01 03 06	4,70
24383	236241,18	491,93	475,29	466,76	25,16	18,91	85648,73	02 06 14	08 21 46	01 04 30	4,67
7493	253130,97	488,00	473,26	464,86	23,14	18,23	82483,20	02 08 38	08 16 13	01 07 40	4,78

*Z_p é a cota de pico [m-IBGE]; Z_{ref} é a cota de pico para o evento natural Decamilenar [m-IBGE]; Z_{Qmlt} é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q_{MLT} [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q_{MLT} [m]; H_{incr} é a altura incremental do pico em relação ao evento Decamilenar [m]; Q_p é a vazão de pico [m³/s]; T_p é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T_{inun} é o tempo de submersão da seção (para H_{incr} > 0,61) [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	Dist.	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]*
260524	100,00	559,13	519,93	516,61	42,53	39,20	270474,91	00 03 40	03 04 12	00 00 02	0,00
258330	2294,50	557,27	518,86	515,35	41,92	38,41	260421,00	00 03 58	03 05 25	00 00 08	7,31
255231	5392,60	556,28	517,64	514,54	41,74	38,64	244648,47	00 04 24	03 06 50	00 00 16	7,22
253559	7064,90	555,21	516,99	513,36	41,85	38,23	237032,42	00 05 36	03 07 54	00 00 21	3,60
251990	8633,90	554,80	516,36	512,56	42,24	38,43	231757,78	00 05 46	03 08 42	00 00 25	4,06
251329	9294,80	554,62	515,97	511,95	42,67	38,65	229476,00	00 05 49	03 09 17	00 00 28	4,28
248573	12050,70	553,18	514,78	510,66	42,52	38,40	225025,75	00 06 22	03 10 49	00 00 37	4,43
247930	12694,50	553,31	514,56	510,51	42,80	38,74	224193,72	00 06 19	03 11 07	00 00 40	4,75
246399	14225,50	552,46	514,20	510,26	42,20	38,26	222418,55	00 06 33	03 11 33	00 00 45	4,90
237442	23181,90	547,84	512,14	508,14	39,70	35,70	189546,75	00 07 51	03 14 40	00 01 18	5,52
221531	39093,10	539,13	507,92	504,18	34,95	31,21	172502,97	00 10 40	03 19 24	00 02 25	5,57
207009	53614,60	533,34	503,26	499,65	33,70	30,08	161607,73	00 14 25	04 04 39	00 03 45	4,98
193944	66679,80	530,09	500,35	496,70	33,40	29,75	141788,23	00 16 07	04 11 07	00 05 06	5,35
176296	84328,40	524,58	496,58	493,00	31,58	28,00	131327,31	00 18 19	04 17 42	00 07 01	5,75
157360	103263,60	516,82	492,40	489,31	27,51	24,42	123916,49	00 22 07	04 23 27	00 09 06	5,59
148217	112407,40	513,88	490,67	487,95	25,93	23,22	120317,45	00 23 41	05 00 59	00 10 25	5,61
131907	128717,10	508,25	486,46	484,27	23,98	21,79	112487,52	01 03 19	05 02 26	00 12 56	5,44
118392	142232,10	502,79	481,32	478,10	24,69	21,47	106768,99	01 06 42	06 10 18	00 14 46	5,26
105615	155009,40	498,81	478,66	475,75	23,06	20,15	103021,97	01 14 54	07 06 27	00 17 00	4,40
95409	165215,32	497,55	477,46	474,89	22,66	20,09	96148,76	01 18 45	07 19 32	00 18 57	4,22
70557	190066,59	495,57	474,56	471,84	23,73	21,01	76177,13	02 00 21	08 22 38	00 23 56	4,25
60131	200493,22	494,27	473,53	470,84	23,43	20,75	71378,78	02 02 34	09 07 07	01 01 55	4,27
33351	227272,53	490,66	470,38	467,46	23,20	20,28	61610,59	02 07 24	10 01 48	01 07 08	4,39
24383	236241,18	488,19	469,55	466,76	21,43	18,64	60451,59	02 09 51	10 02 09	01 08 23	4,36
7493	253130,97	483,76	467,53	464,86	18,90	16,23	58131,02	02 12 57	10 07 57	01 10 17	4,42

*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_{Qmlt} é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência QMLT [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão QMLT [m]; H_{incr} é a altura incremental do pico em relação à restrição operacional de 4.000 m³/s [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 > 0,61) [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	Dist.	Z _{2anos}	Z _{10anos}	Z _{50anos}	Z _{100anos}	Z _{10.000anos}	Z _{Qmt}
260524	100,00	517,98	518,37	518,56	518,56	521,18	516,61
258330	2294,50	516,79	517,27	517,47	517,47	520,33	515,35
255231	5392,60	515,62	515,95	516,13	516,13	518,50	514,54
253559	7064,90	514,75	515,15	515,36	515,36	517,94	513,36
251990	8633,90	513,96	514,45	514,68	514,68	517,34	512,56
251329	9294,80	513,41	514,00	514,27	514,28	516,99	511,95
248573	12050,70	512,28	512,83	513,10	513,11	515,79	510,66
247930	12694,50	512,09	512,64	512,90	512,91	515,58	510,51
246399	14225,50	511,84	512,38	512,64	512,66	515,18	510,26
237442	23181,90	509,96	510,56	510,89	510,93	513,26	508,14
221531	39093,10	505,98	506,78	507,19	507,26	509,32	504,18
207009	53614,60	501,76	502,49	502,93	503,02	505,00	499,65
193944	66679,80	498,92	499,75	500,21	500,29	502,21	496,70
176296	84328,40	495,25	496,12	496,57	496,66	498,49	493,00
157360	103263,60	491,35	492,13	492,53	492,60	494,16	489,31
148217	112407,40	489,77	490,54	490,90	490,98	492,45	487,95
131907	128717,10	486,59	487,47	487,89	487,98	489,89	484,27
118392	142232,10	480,48	481,62	482,20	482,35	483,69	478,10
105615	155009,40	478,40	479,88	480,61	480,83	482,08	475,75
95409	165215,32	477,67	479,24	480,01	480,24	481,55	474,89
70557	190066,59	475,07	476,85	477,69	477,99	479,57	471,84
60131	200493,22	474,05	475,93	476,77	477,08	478,69	470,84
33351	227272,53	471,15	473,20	474,20	474,63	476,37	467,46
24383	236241,18	470,30	472,27	473,18	473,63	475,29	466,76
7493	253130,97	468,69	470,22	470,85	471,52	473,26	464,86

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

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

Cenário	Número do Mapa
RDC 1 - Rompimento da barragem de terra central por piping, com vazão decamilenar (11967 m^3/s)	PAE-TMA-MAP01-RDC01_revB
RDC 2 - Rompimento da barragem de terra central por piping em dia seco, com vazão média de longo termo (673 m^3/s)	PAE-TMA-MAP02-RDC02_revB
RDC 3 - Rompimento da barragem de terra central por piping , operando a vazão de restrição (4000 m^3/s)	PAE-TMA-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 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 da barragem de terra central por piping, com vazão decamilenar (11967 m³/s)	PAE-TMA-MAP04-PER01_revB
RDC 2 - Rompimento da barragem de terra central por piping em dia seco, com vazão média de longo termo (673 m³/s)	PAE-TMA-MAP05-PER02_revB
RDC 3 - Rompimento da barragem de terra central por piping , operando a vazão de restrição (4000 m³/s)	PAE-TMA-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
TR 2 anos (3311 m³/s)	PAE-TMA-MAP07-TR2_revB
TR 10 anos (5155 m³/s)	PAE-TMA-MAP08-TR10_revB
TR 50 anos (6771 m³/s)	PAE-TMA-MAP09-TR50_revB
TR 100 anos (7455 m³/s)	PAE-TMA-MAP10-TR100_revB
TR 10.000 anos (11967 m³/s)	PAE-TMA-MAP11-TR10000_revB

IX. Apêndices Externos

Documento nº PAE-TMA-DOC02_Apêndices-G-H

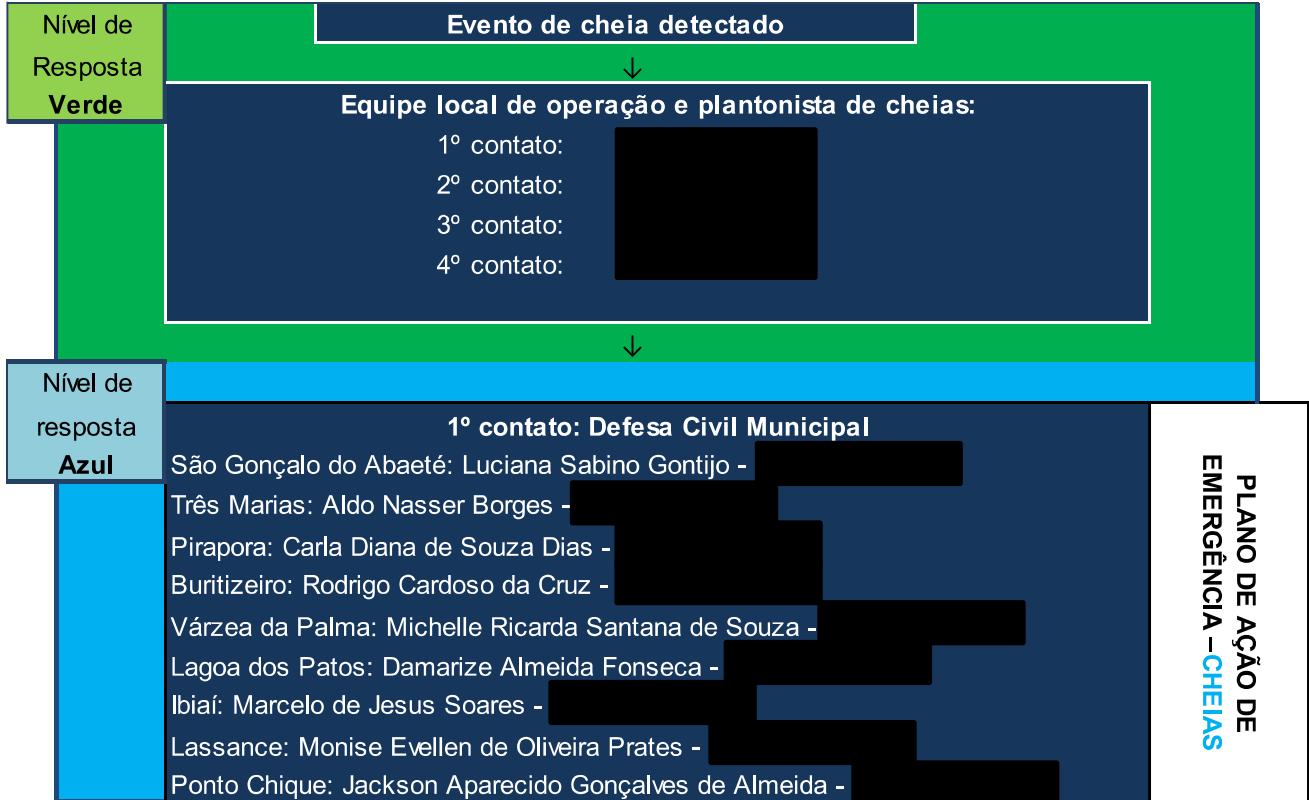
G. Controle de distribuição digital deste PAE¹

Nome do Responsável	Função/Entidade
Ivan Sérgio Carneiro	Coordenador do PAE – Cemig GT
Diego Antônio F. Balbi	Coordenador Técnico Civil – Cemig GT
Márcio Gustavo Dias Guimarães	Gerente de Gestão de Ativos da Regional Norte – Cemig GT
Luciana Sabino Gontijo	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de São Gonçalo do Abaeté
Aldo Nasser Borges	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Três Marias
Carla Diana de Souza Dias	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Pirapora
Rodrigo Cardoso da Cruz	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Buritizeiro
Monise Evellen de Oliveira Prates	Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Lassance
Michelle Ricarda Santana de Souza	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Várzea da Palma
Damarize Almeida Fonseca	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Lagoa dos Patos
Marcelo de Jesus Soares	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Ibiaí
Jackson Aparecido Gonçalves	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Ponto Chique

¹ Apêndice revisado em 20/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

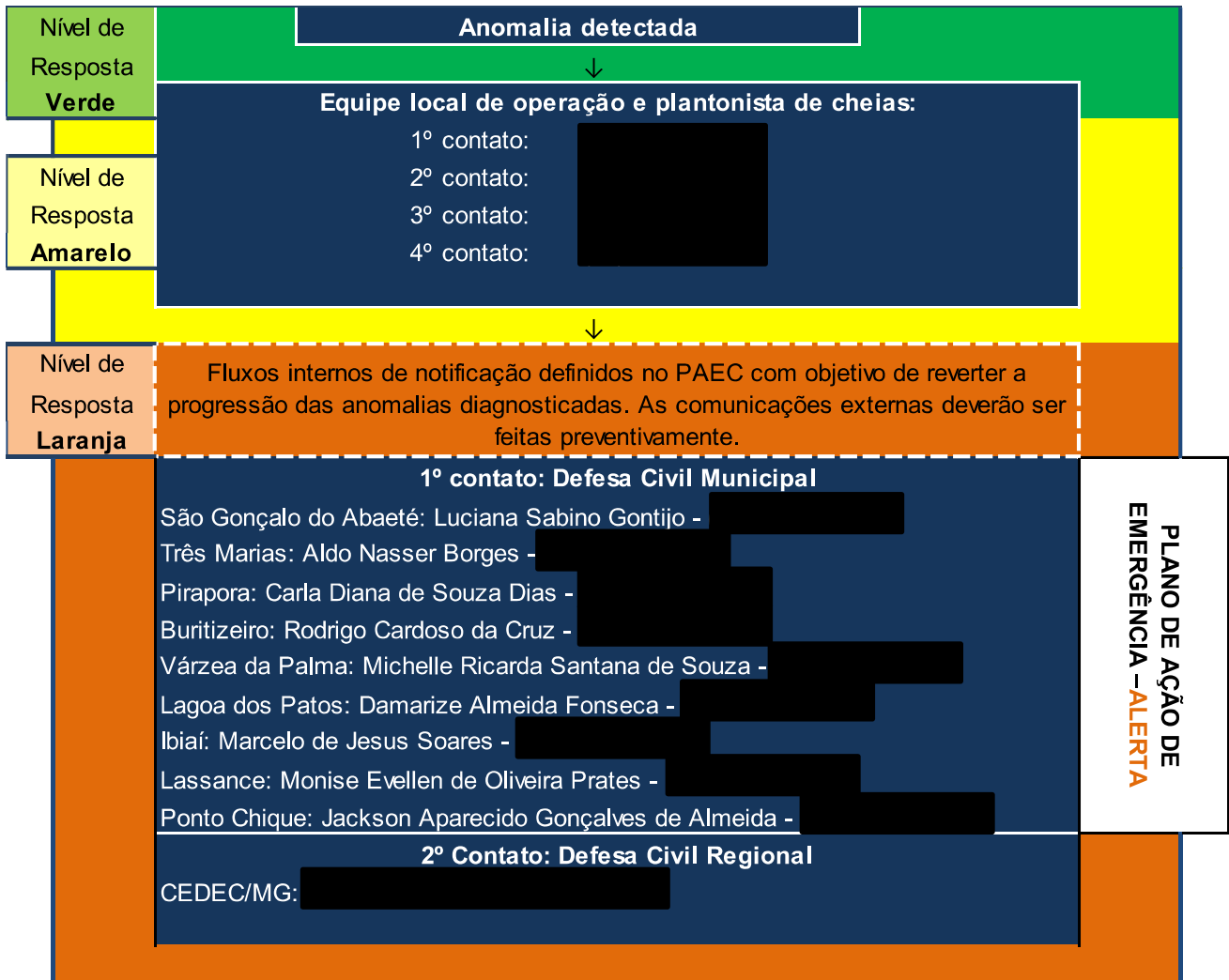
H. Plano de chamadas para notificação deste PAE

- Nível de Resposta: CHEIAS²



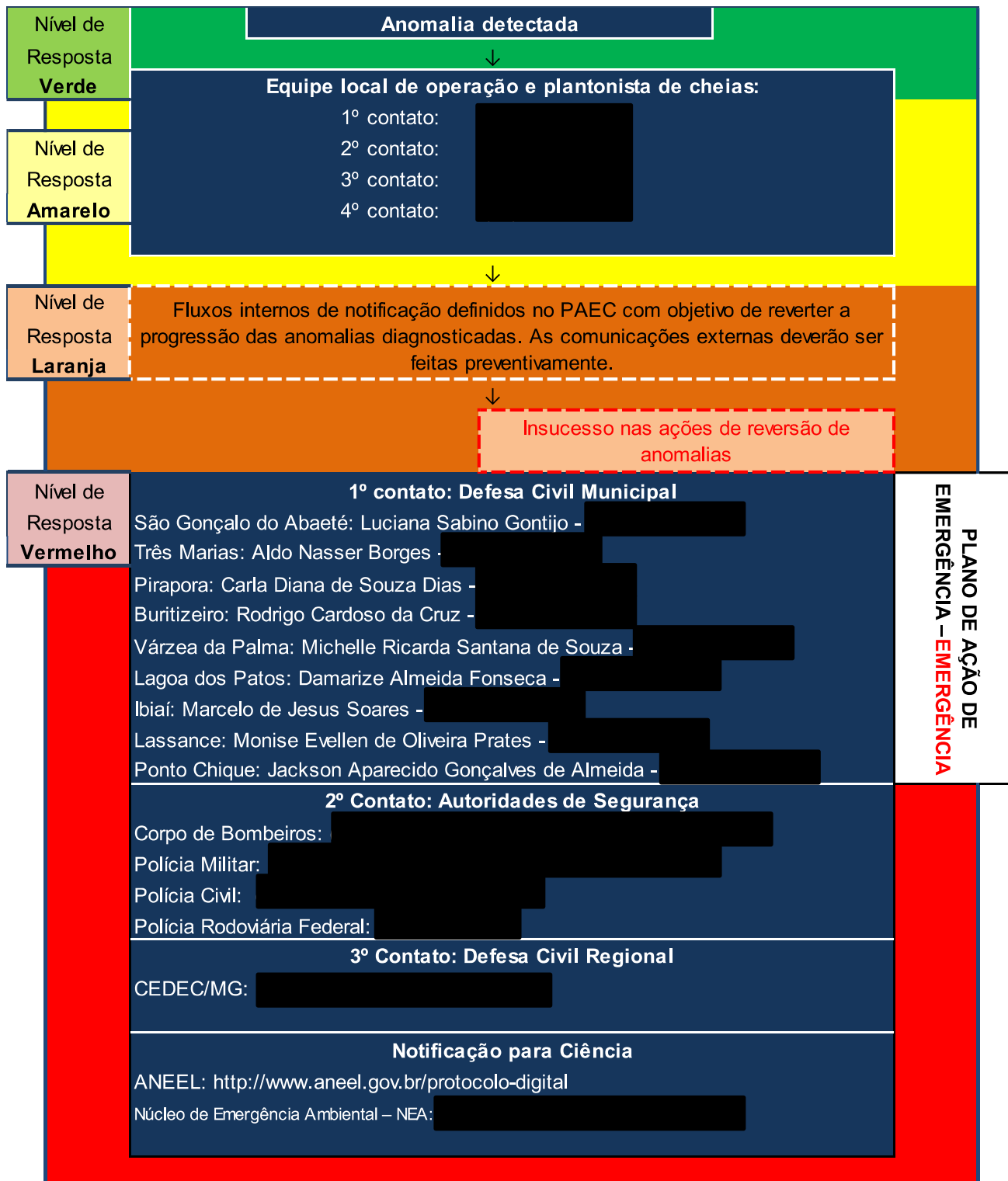
² Apêndice revisado em 20/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

- Nível de Resposta 2: ALERTA³



³ Apêndice revisado em 20/04/2022. 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 20/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.