

Barragem da UHE Irapé



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.001146-0.01

Documento nº PAE - UHE Irapé - revE

Responsável pela elaboração: Cemig GT

Municípios relacionados (MG):

Zona de Autossalvamento (ZAS): Grão Mogol, Josenópolis, Berilo, Virgem da Lapa

Zona de Segurança Secundária (ZSS): Coronel Murta, Araçuaí

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
E	20/04/2022	Revisão de apêndices e página de assinaturas



Sumário

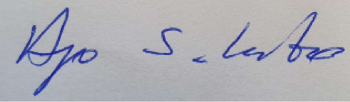

I.	Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis	4
II.	Informações gerais da barragem	5
A.	Apresentação.....	5
B.	Objetivo do PAE.....	5
C.	Caracterização da barragem	5
III.	Responsabilidades gerais no PAE	8
A.	Empreendedor	8
B.	Coordenador do PAE	9
C.	Equipe técnica	10
D.	Plantonista de cheias.....	10
E.	Sistema de Proteção e Defesa Civil e demais autoridades	11
IV.	Níveis de resposta – Identificação e análise das possíveis situações de emergência	11
A.	Caracterização do Nível de Resposta – CHEIAS	14
B.	Caracterização do Nível de Resposta 2 – ALERTA.....	15
C.	Caracterização do Nível de Resposta 3 – EMERGÊNCIA	15
V.	Procedimentos de notificação e alerta	16
A.	Fluxograma de ações e notificação em situação de CHEIAS	16
B.	Fluxograma de ações e notificação em situação de ALERTA	17
C.	Fluxograma de ações e notificação em situação de EMERGÊNCIA.....	17
VI.	Procedimentos preventivos e corretivos em situações de alerta e emergência	18
A.	Zona de Autossalvamento (ZAS)	18
B.	Monitoramento de vazões	19
C.	Parâmetros para comunicação do plantonista de cheia.....	20
1.	Operação Normal	20
2.	Operação Atenção.....	20
3.	Operação Alerta	21
VII.	Encerramento das operações	21

VIII.	Apêndices	22
A.	Ficha Técnica da Barragem	23
B.	Mensagem de notificação Padrão	24
C.	Premissas e resultados dos estudos de ruptura hipotética	25
1.	Cenário RDC 1: Rompimento por piping entre a barragem e o concreto de enchimento do canal, com vazão decamilenar (7.315 m ³ /s).....	25
2.	Cenário RDC 2: Rompimento por piping entre a barragem e o concreto de enchimento do canal em dia seco, com a vazão média de longo termo (152 m ³ /s).....	27
3.	Cenário RDC 3: Rompimento por piping entre a barragem e o concreto de enchimento do canal em dia seco, com o reservatório operando na condição mínima e vazão média de longo termo (152 m ³ /s).....	28
D.	Principais pontos de inundação	30
E.	Tempos de chegada e pico de onda	33
F.	Lista de mapas temáticos e manchas de inundação	37
IX.	Apêndices Externos	39
G.	Controle de distribuição digital deste PAE	40
H.	Plano de chamadas para notificação deste PAE	41

I. Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
A	30/04/2019	Emissão inicial com inclusão assinaturas dos responsáveis
B	01/02/2020	Revisão de informações da barragem, níveis de resposta e contatos
C	13/05/2020	Inclusão de estudos de ruptura
D	01/09/2020	Revisão de apêndices e página de assinaturas
E	20/04/2022	Revisão de apêndices e página de assinaturas

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

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

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

II. Informações gerais da barragem

A. Apresentação

O presente Plano de Ação de Emergência visa a apresentar os riscos mapeados a partir do estudo da onda de inundação provocada por eventual ruptura da barragem da UHE Irapé, 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 Civis 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 barragem de Irapé, do empreendedor Cemig Geração Transmissão S.A., está localizada no rio Jequitinhonha, nos municípios de Grão Mogol e Berilo, em Minas Gerais. As respectivas coordenadas são: 16°44'15" Sul e 42°34'37" Oeste.

O arranjo compreende uma barragem de enrocamento com núcleo de argila fechando o vale, túneis de desvio na margem direita, tomada de água, vertedouro e extravasor na margem esquerda e casa de força a jusante da barragem (Figura 1).



Figura 1 – Vista superior com estruturas do empreendimento

Outra característica peculiar é a adoção de estruturas de concreto esbeltas, com participação importante das superfícies verticais de escavação na transmissão de esforços das estruturas ao maciço rochoso. A barragem de enrocamento com núcleo de argila possui comprimento de 551 m e altura máxima de 210 m, constituindo-se na barragem mais alta do Brasil. Os taludes de montante e de jusante têm inclinação média de 1V:1,5H.

O desvio do rio foi feito através de dois túneis escavados em rocha, na ombreira direita. Os túneis possuem seção tipo cogumelo, estão em níveis diferentes e têm 14m de diâmetro e comprimentos de 1.067 m e 1.227 m. O circuito hidráulico de geração se localiza na margem esquerda, com três unidades de tomada de água ligadas a três condutos forçados subterrâneos que se conectam às três unidades geradoras. Os condutos têm seção circular de 4,6 m de diâmetro e aproximadamente 76 m de comprimento em shaft vertical mais 450 m em trecho sub-horizontal. A casa de força é a céu aberto, do tipo abrigada. As torres da tomada possuem altura de 59m e são ligadas por uma ponte de acesso, na El. 514,00. Ainda na margem esquerda foram implantadas as estruturas de vertimento, compostas por duas estruturas de controle do tipo perfil Creager com comportas, do tipo segmento, denominados Vertedouros 1 e 2, e uma estrutura em torre com descarregador de fundo, denominada Extravasor.

O reservatório de Irapé possui NA Máximo Normal na El. 510,00, NA Máximo Maximorum na El. 512,20 e o NA Mínimo Minimorum na El. 470,80. Trata-se de um reservatório com deplecionamento importante, que chega a 40m. No canal de Fuga, o NA Mínimo Normal está na El. 330,20 e o NA Máximo Maximorum na El. 340,60. A área inundada, no NA Máximo Normal de 137,16 km².

O acesso, a partir de Belo Horizonte, faz-se pela BR-040 sentido Norte, seguindo pela MG-754, que pode ser acessada em Caetanópolis – MG. A partir de então, deve-se acessar a BR-259 na cidade de Curvelo – MG, até o município de Gouveia – MG, onde se pode acessar a BR-367 e, em seguida, tem-se o acesso à MG-677 em Turmalina - MG. A partir desse ponto, segue-se por aproximadamente 75 km até a placa indicativa da usina, no município de Berilo – MG. Em estrada não pavimentada, percorre-se 4,90 km até o acesso a barragem da UHE Irapé (Figura 2).

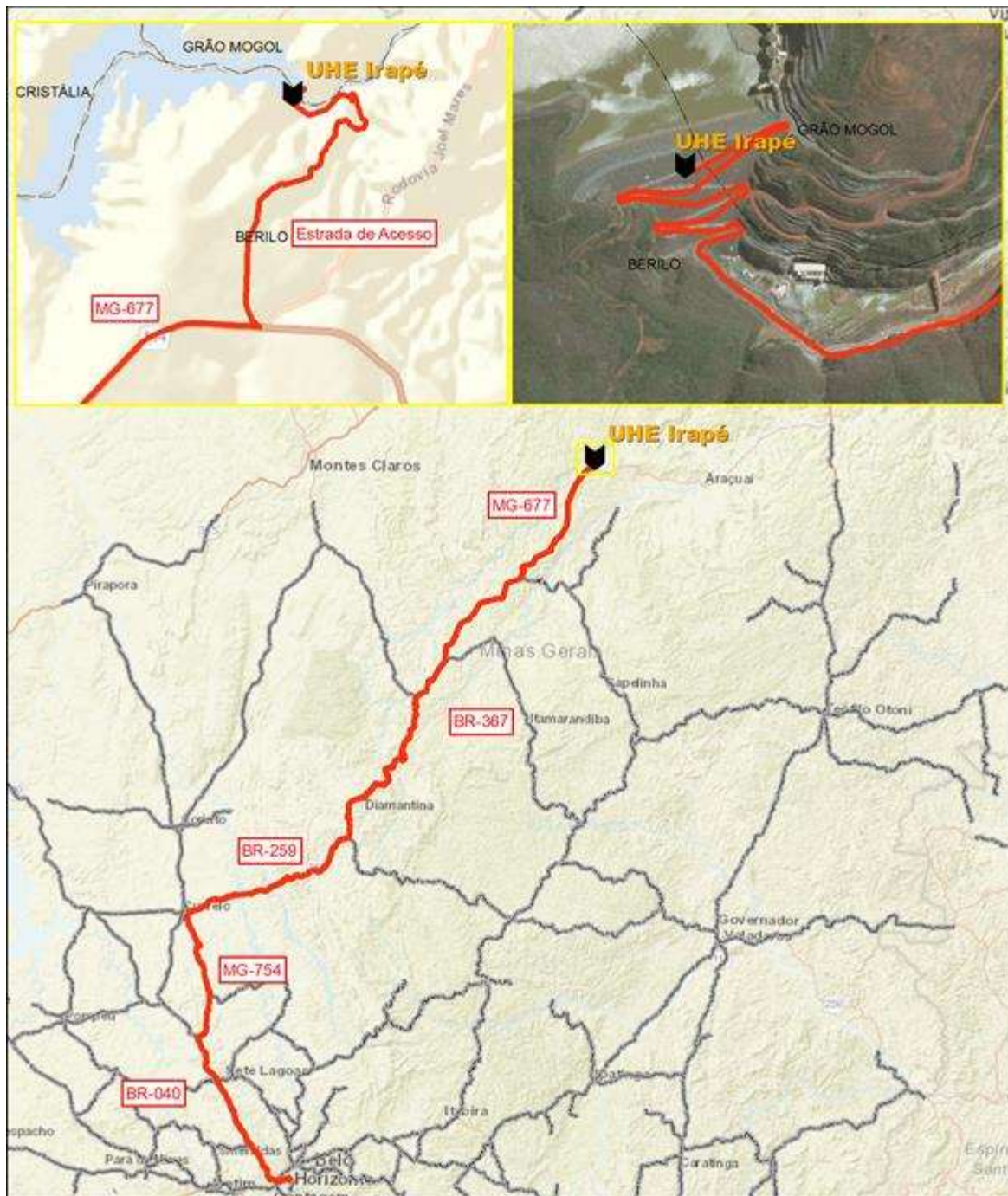


Figura 2 - Localização e acesso

III. Responsabilidades gerais no PAE

A. Empreendedor

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

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

B. Coordenador do PAE

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

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

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

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

Tabela 1 - Contato Coordenador do PAE

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

C. Equipe técnica

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

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

D. Plantonista de cheias

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

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

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

Tabela 2 - Contato Plantonista de Cheias

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

E. Sistema de Proteção e Defesa Civil e demais autoridades

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

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

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

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

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

O nível de resposta do Plano de Ação de Emergência é a gradação dada às situações de emergência em potencial da barragem que possam comprometer a segurança da própria barragem e a ocupação na área afetada. Ao detectar-se uma situação que possivelmente comprometa a segurança da barragem e/ou de áreas no vale a jusante, dever-se-á avaliá-la e classificá-la, de acordo com o nível de resposta, conforme código de cores padrão apresentados na Tabela 3.

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	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)	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	Trincas superficiais	Normal (Verde)	
		Trincas profundas estáveis, documentadas e monitoradas.		
		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 		
	Surgências (áreas encharcadas, água surgindo ou infiltrações)	Presença de trincas transversais passantes, de montante para jusante, com percolação de água	Monitorar visualmente ou através de instrumento Fazer registro de todas as medidas Projetar e executar tratamento	Atenção (Amarelo)
		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 	Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local	
	Abatimento / Deslizamento	Deslizamento do maciço através da crista ou talude, reduzindo borda livre e/ou seção transversal	Projetar e executar tratamento em caráter emergencial	Alerta (Laranja)
	Recalque diferencial excessivo	Recalque diferencial excessivo entre blocos, reduzindo borda livre, permitindo passagem excessiva de água entre juntas.	Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local	
	Deslizamento	Deslizamento entre blocos das estruturas, permitindo passagem excessiva de água entre juntas.		
Sistema de Aviso	Período seco	Impossibilidade de notificação	Corrigir sistema Responsável: equipe técnica de segurança de barragem	Normal (Verde)
	Período chuvoso	Impossibilidade de notificação	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 <u>evacuação</u> do vale a jusante. Responsável: plantonista de cheias	Emergência (Vermelho)

A. Caracterização do Nível de Resposta – CHEIAS

O **Nível de Resposta – CHEIAS** é um dos níveis que 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 Irapé 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 Jequitinhonha 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 Irapé, 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.

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**.

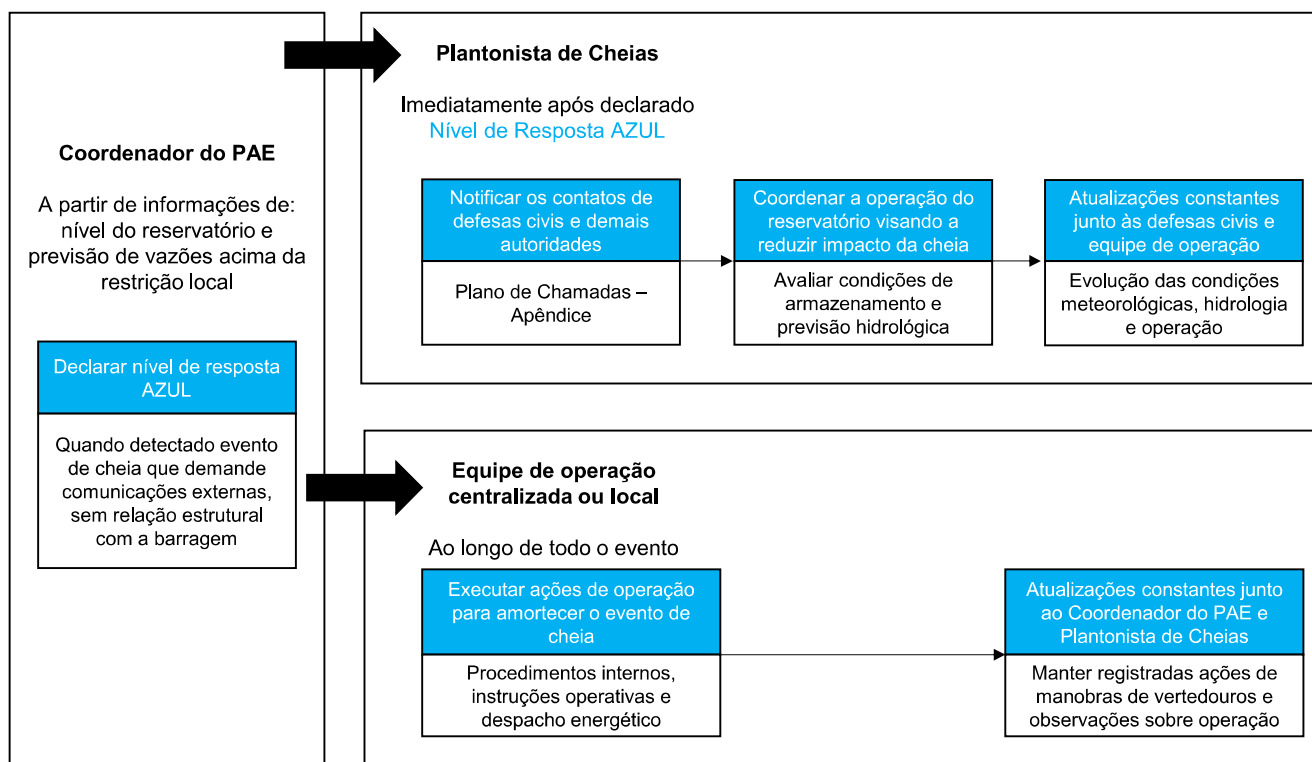


Figura 3 - Fluxograma em situação de CHEIAS

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**.

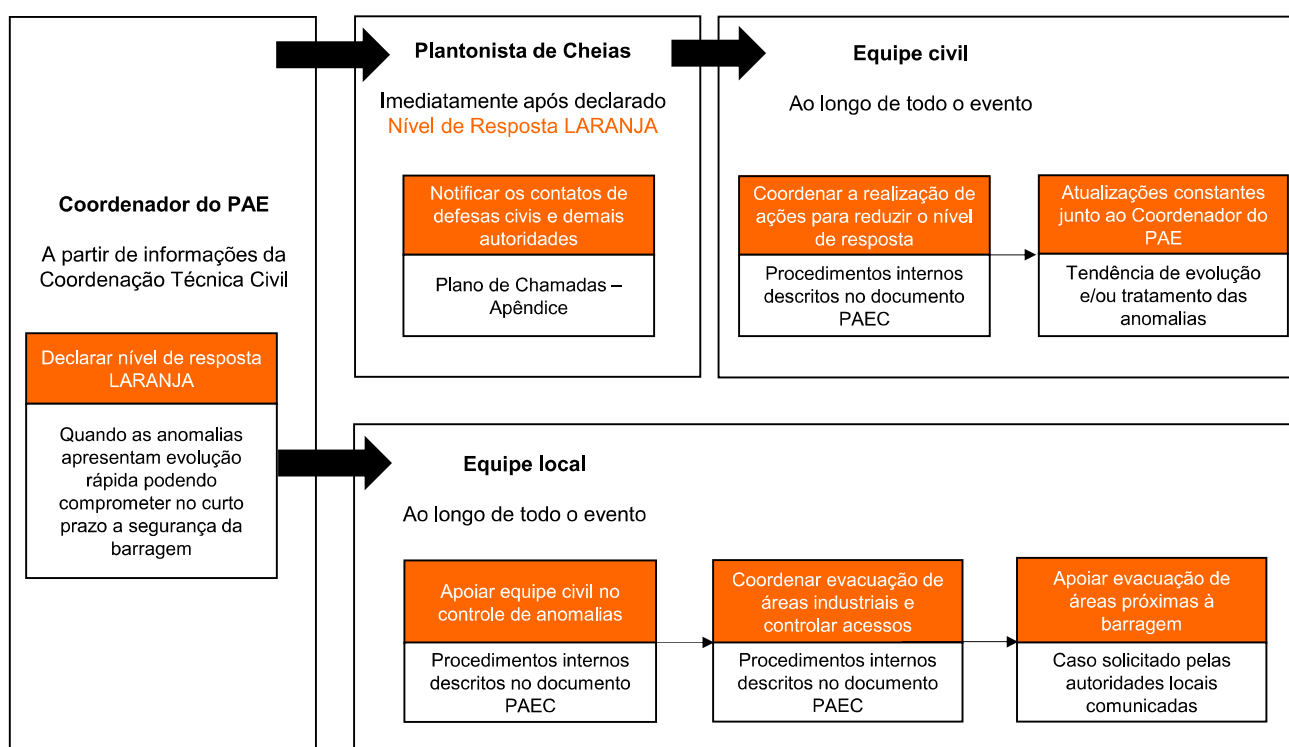


Figura 4 - Fluxograma em situação ALERTA

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**.

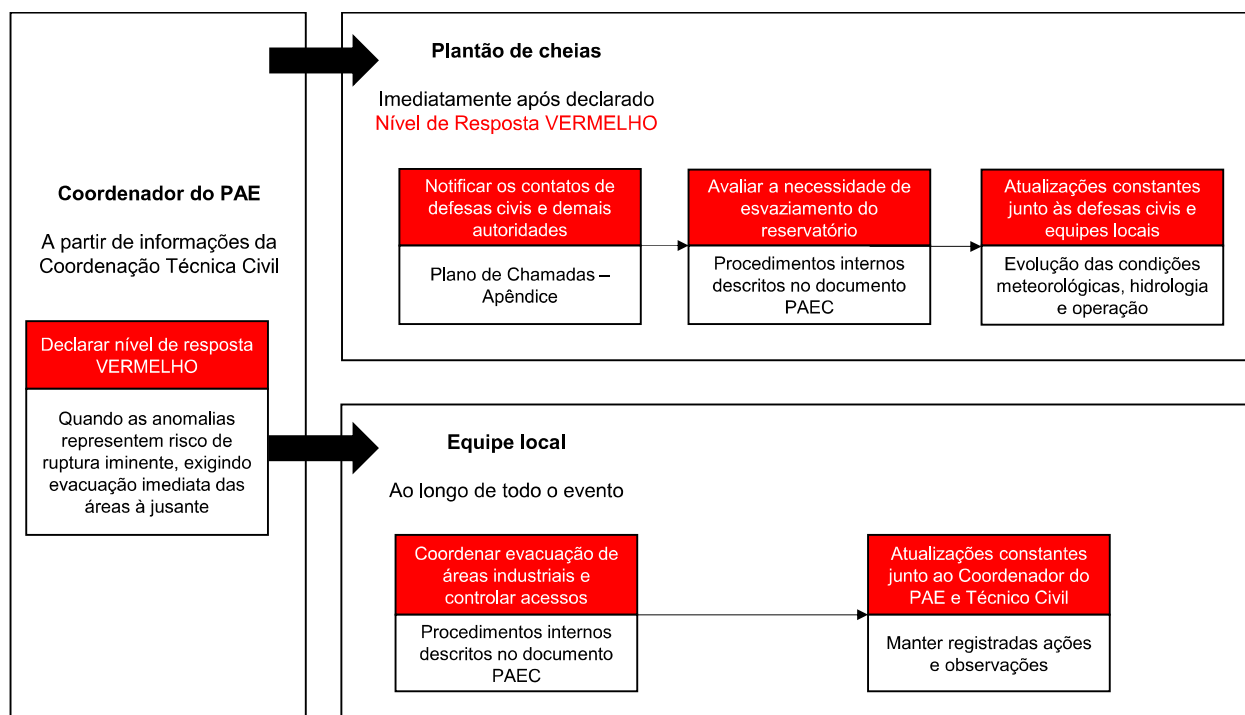


Figura 5 - Fluxograma em situação EMERGÊNCIA

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.

No caso da UHE Irapé, a menor distância seria delimitada pelo trecho de 10 km a jusante da barragem. A distância percorrida pela frente de onda de ruptura, no intervalo de 30 min, corresponde a um trecho aproximado de 20 km. Tal condição é válida para o pior cenário identificado nas simulações. No decorrer desse trecho, são observados aglomerados populacionais ao longo de todo o curso d'água. Assim, por motivos de segurança, a CEMIG optou por adotar uma Zona de Autossalvamento de 20 km, de modo que todo esse trecho seja alertado numa eventual situação de crise, não dependendo da atuação das autoridades competentes. O restante da área de estudo compreende a Zona de Segurança Secundária (ZSS).

B. Monitoramento de vazões

Dado que o evento de ruptura está intimamente ligado a um evento hidrológico, produzido naturalmente ou por acidente, é primordial que o monitoramento das vazões no **rio Jequitinhonha** seja mantido constantemente. Além dos dados operativos da UHE Irapé, para a emissão de alertas para o vale do rio, serão monitorados pontos de controle durante emergências descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Postos de monitoramento

Bacias	Sub-bacias	Operador	Estações
5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE	54 – RIO JEQUITINHONHA	CEMIG	3 – 54010020 - UHE IRAPÉ MONTANTE
5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE	54 – RIO JEQUITINHONHA	CEMIG	3 – 54140000 – UHE IRAPÉ BARRAMENTO
5 – ATLÂNTICO, TRECHO LESTE	54 – RIO JEQUITINHONHA	CEMIG	3 – 54010001 - UHE IRAPÉ 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: 54 – Rio Jequitinhonha, e Estação: conforme listagem acima.

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

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

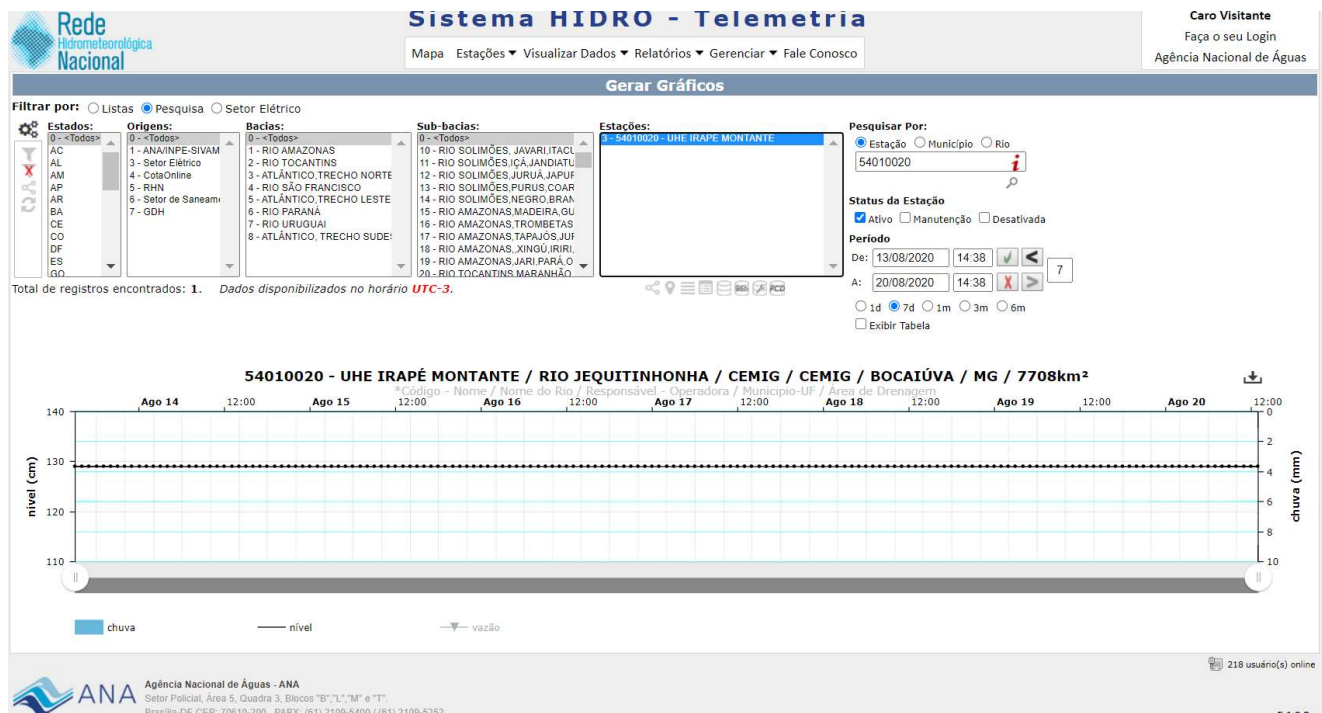


Figura 6 - Visualização do Gestor PCD de dados em tempo real

- Previsão de defluência de 300 a 2.000 m³/s (necessidade de comunicação à CEDEC e comunidade a jusante, através dos telefones da prefeitura) e a cada incremento de 200 m³/s.

Embora não seja considerada como vazão de restrição, seja no período seco ou no chuvoso, faz-se necessário efetuar comunicado à população toda vez que a vazão defluente for superior à da capacidade máxima de geração (300 m³/s). Também é necessário, a partir desse valor, a comunicação e o monitoramento das condições da calha, em conjunto com a Defesa Civil de Coronel Murta, a cada incremento de 100 m³/s.

3. Operação Alerta

- Previsão de defluência superior a 2.000 m³/s

Comunicação necessária à prefeitura e/ou COMDEC e CEDEC, pois haverá inundação nas cidades de jusante e rompimento da vazão de restrição.

A vazão de restrição na cidade de Coronel Murta (distante 54,5 Km de Irapé – tempo de viagem - 10 horas) é em torno de 2450 m³/s, o que corresponde a 2100 m³/s em Irapé, utilizando-se a correlação entre as áreas de drenagem.

O povoado de Barra de Salinas, a montante da cidade de Coronel Murta e distante cerca de 37,5 km da barragem de Irapé, somente sofrerá danos para vazões superiores à 3000 m³/s – (nível de restrição: cota 308,00 m – leitura da régua do posto da ANA de 15,86 m).

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

VII. Encerramento das operações

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

VIII. Apêndices

A. Ficha Técnica da Barragem

IDENTIFICAÇÃO			EMPRESA		
Nome da Usina	Irapé		Cemig Geração e Transmissão S.A		
Situação	Em operação		Concessionário		
LOCALIZAÇÃO			Estado	Minas Gerais	
Municípios	Grão Mogol e Berilo				
Rio	Jequitinhonha		Coordenadas da barragem		
Sub-Bacia / Código			Margem direita	16°44'15" S	
				42°34'37 "W	
Bacia	Federal	Rio	Margem esquerda	20°12'49" S	
	Jequitinhonha			43°43'52"W	
DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS			ÁREAS INUNDADAS		
Vazões características			No N.A. máximo normal	137,16	
Vazão MLT (m³/s)	152,00		(km²)		
RESERVATÓRIO			VOLUMES		
N.A.s DE MONTANTE			Volume de 461,39x10 ⁶		
N.A. Máximo maximorum (m)	512,20		amortecimento de		
N.A. Máximo normal (m)	510,00		cheias (m³)		
Área de drenagem (km²)	15.853		Útil (m³) no N.A. máximo normal	3.692,77x10 ⁶	
			Total (m³) no N.A. máximo normal	5.963,92x10 ⁶	
N.A. DE JUSANTE			Total (m³) no N.A. máximo maximorum	6.288,44x10 ⁶	
N.A. Máximo normal (m)	340,60				
BARRAGEM			VERTEDOURO		
CARACTERÍSTICAS			CARACTERÍSTICAS		
Forma/Tipo/Material	Enrocamento	com	Tipo	Superfície controlada	
	núcleo de argila		Nº de vãos	3	
Altura da barragem (m)	208		Vazão de projeto (m³/s)	7.503	
Comprimento na crista (m)	590		Tempo de recorrência (anos)	PMP/EMP	
Cota da crista (m)	513,70				

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 Irapé, _____.

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 Irapé.

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 Irapé é uma barragem de enrocamento com núcleo argiloso, com cerca de 590 m de comprimento de crista e altura máxima de 208 m. O volume máximo de armazenamento é 5.859 hm³. A Zona de Autossalvamento (ZAS) adotada corresponde a 20 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 baixa densidade populacional, com pequenos aglomerados populacionais.

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 Irapé, sucintamente descritos a seguir:

- **Cenário RDC 1:** Rompimento por *piping* no contato entre a barragem e o concreto de enchimento do canal, em Condição de Carregamento Excepcional (CCE), durante evento de vazão Decamilenar com reservatório na El. 512,20 [m-IBGE];
- **Cenário RDC 2:** Rompimento por *piping* no contato entre a barragem e o concreto de enchimento do canal, em Condição de Carregamento Normal (CCN), durante evento de vazão média de longo termo (Sunny day), com o reservatório na El. 510,00 [m-IBGE];
- **Cenário RDC 3:** Rompimento por *piping* no contato entre a barragem e o concreto de enchimento do canal, durante evento de vazão média de longo termo (Sunny day), com o reservatório operando na condição mínima (El. 470,80 [m-IBGE]).

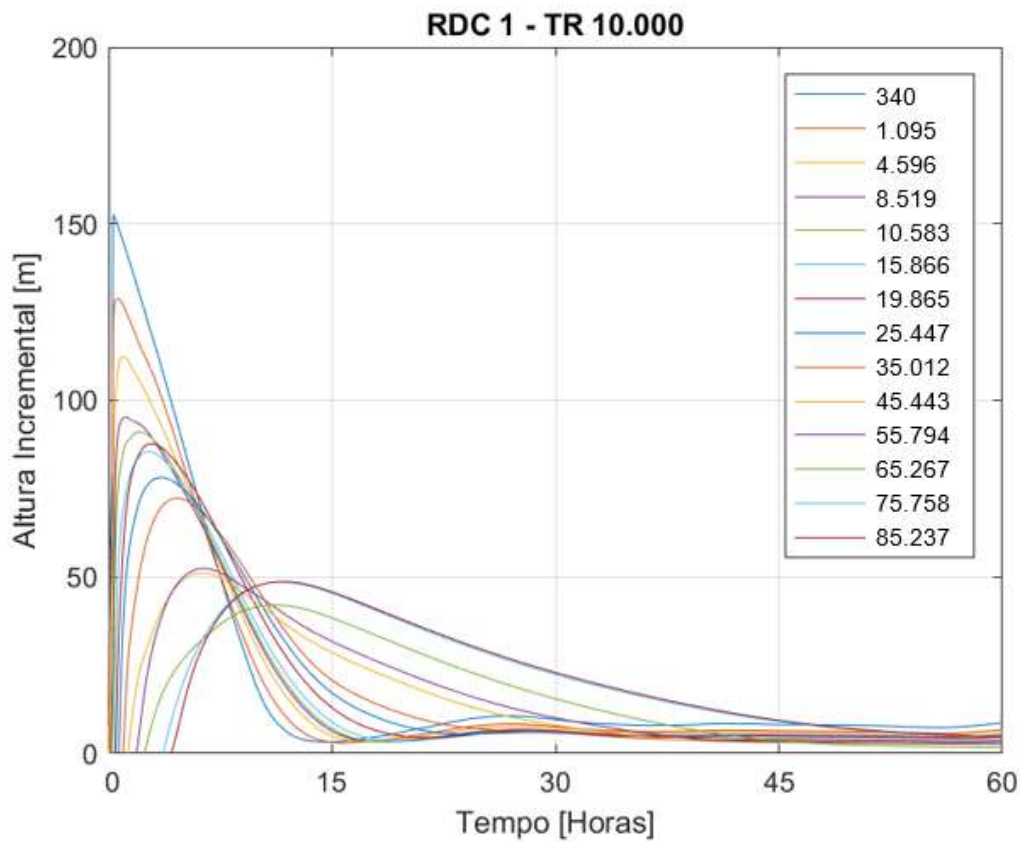
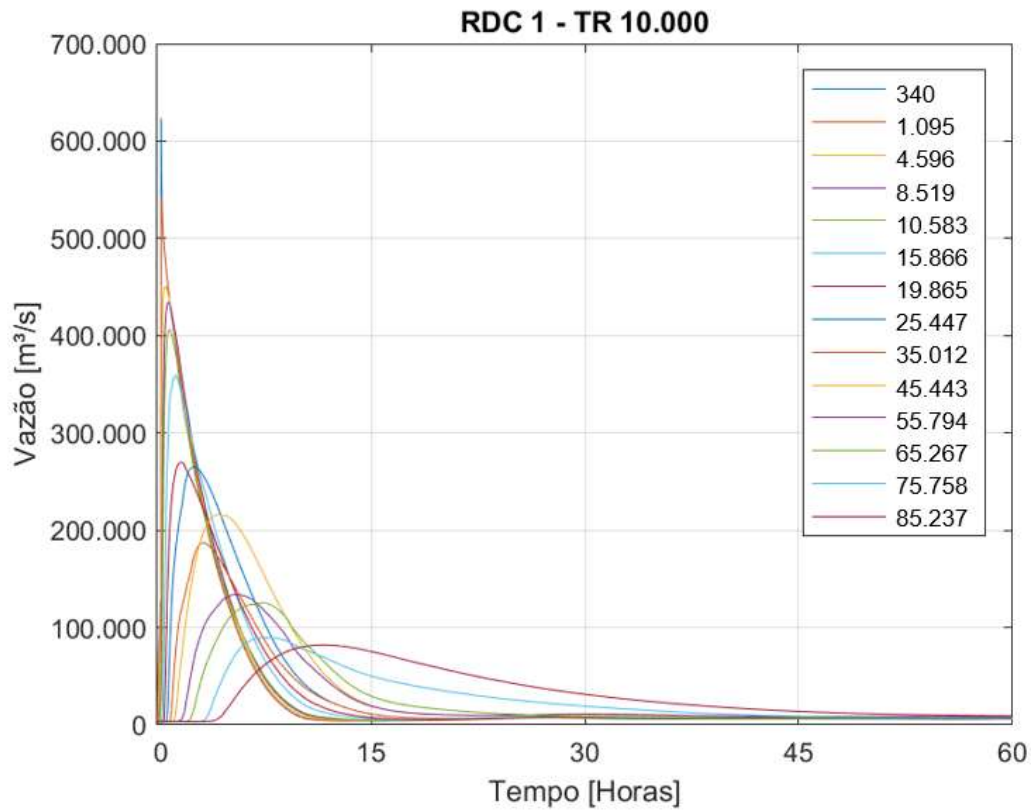
Resultados:

1. Cenário RDC 1: Rompimento por *piping* entre a barragem e o concreto de enchimento do canal, com vazão decamilenar (7.315 m³/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Irapé para o modo RDC 1 (Decamilenar), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de para cada seção de interesse. Neste caso, a ruptura inicia durante o carregamento gerado pela sobrelevação máxima no barramento durante o evento de cheia Decamilenar (reservatório com N.A. El. 512,20 [m-IBGE]).

O tempo de inundação é conceituado como o tempo que a onda de inundação leva para subir desde um nível de referência e descer até este mesmo nível. Considera-se como nível de referência aquele que fica 0,61 m acima do nível natural do rio correspondente à vazão em análise. Tal critério é uma forma de avaliar o tempo de submersão do vale a jusante durante a passagem da onda de cheia, contabilizando, apenas, o efeito incremental provocado pela ruptura hipotética da barragem.

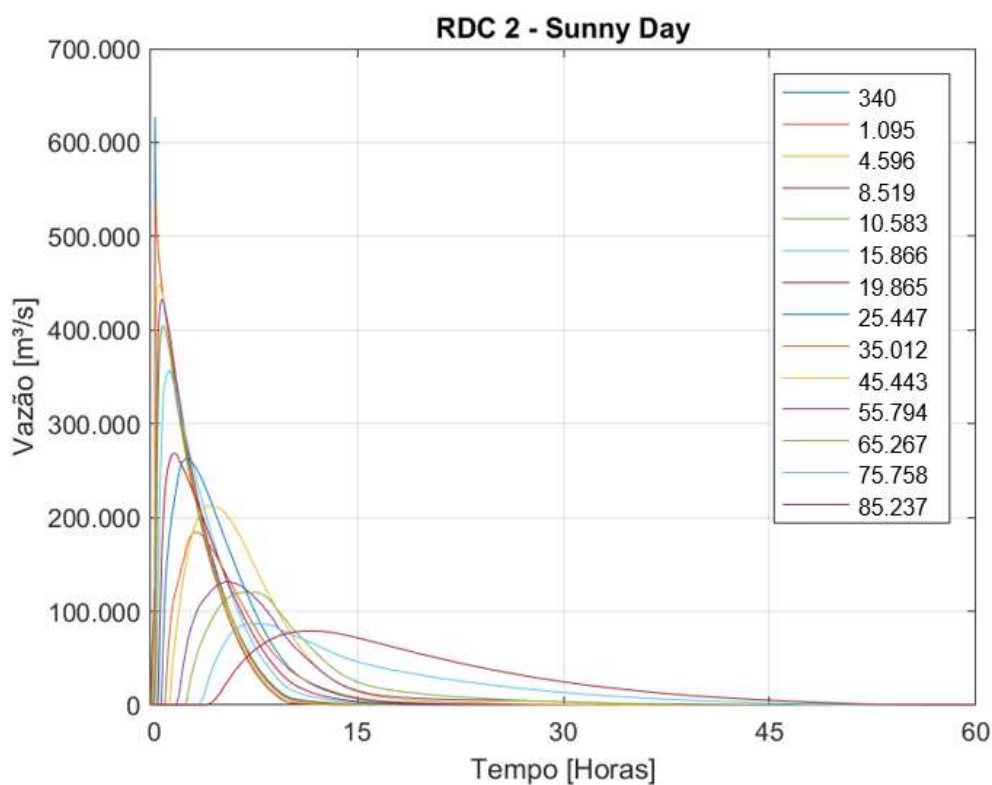
A altura incremental da onda de cheia chega a 152 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 70% da energia liberada. Na última seção do modelo, confluência com o rio Araçuaí, é esperada uma altura incremental de 48 m, evidenciando a necessidade de extensão do modelo ao longo do rio Jequitinhonha.

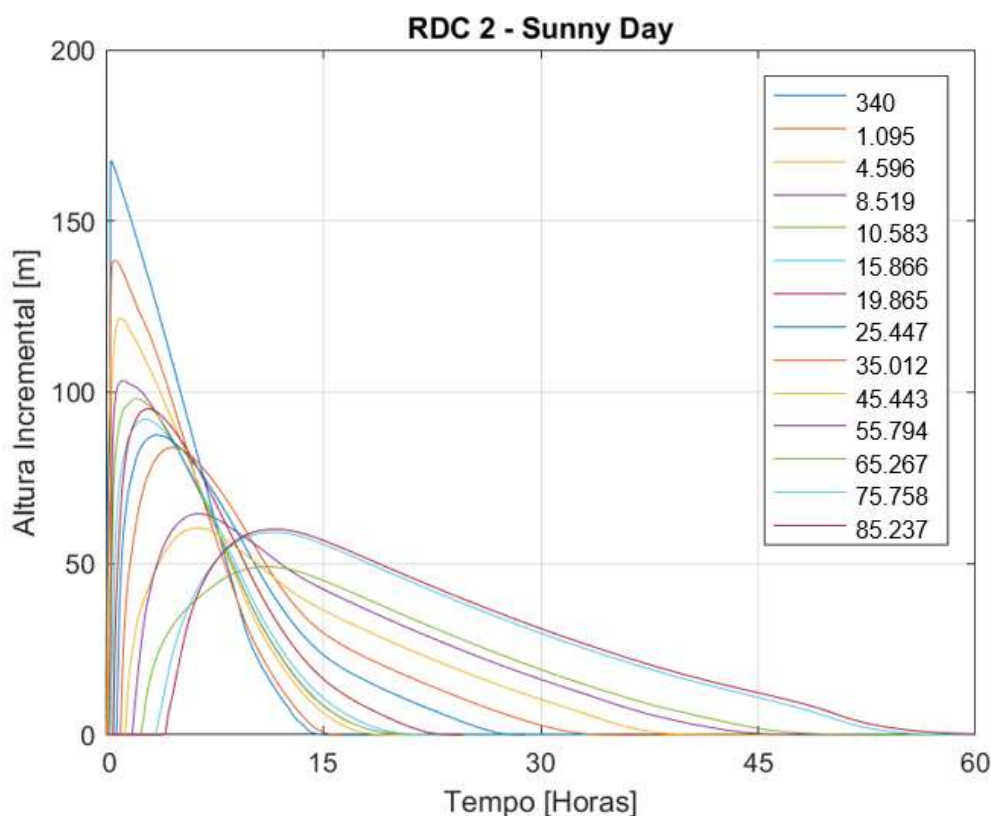


2. Cenário RDC 2: Rompimento por piping entre a barragem e o concreto de enchimento do canal em dia seco, com a vazão média de longo termo (152 m³/s)

As figuras a seguir ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Irapé para o modo RDC 2 (*Sunny Day*, reservatório com N.A. El. 510,0 [m-IBGE]), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura da onda de ruptura para cada seção de interesse.

A altura incremental da onda de cheia chega a 167 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 64% da energia liberada. Na última seção do modelo, confluência com o rio Araçuaí, é esperada uma altura incremental de 60 m.

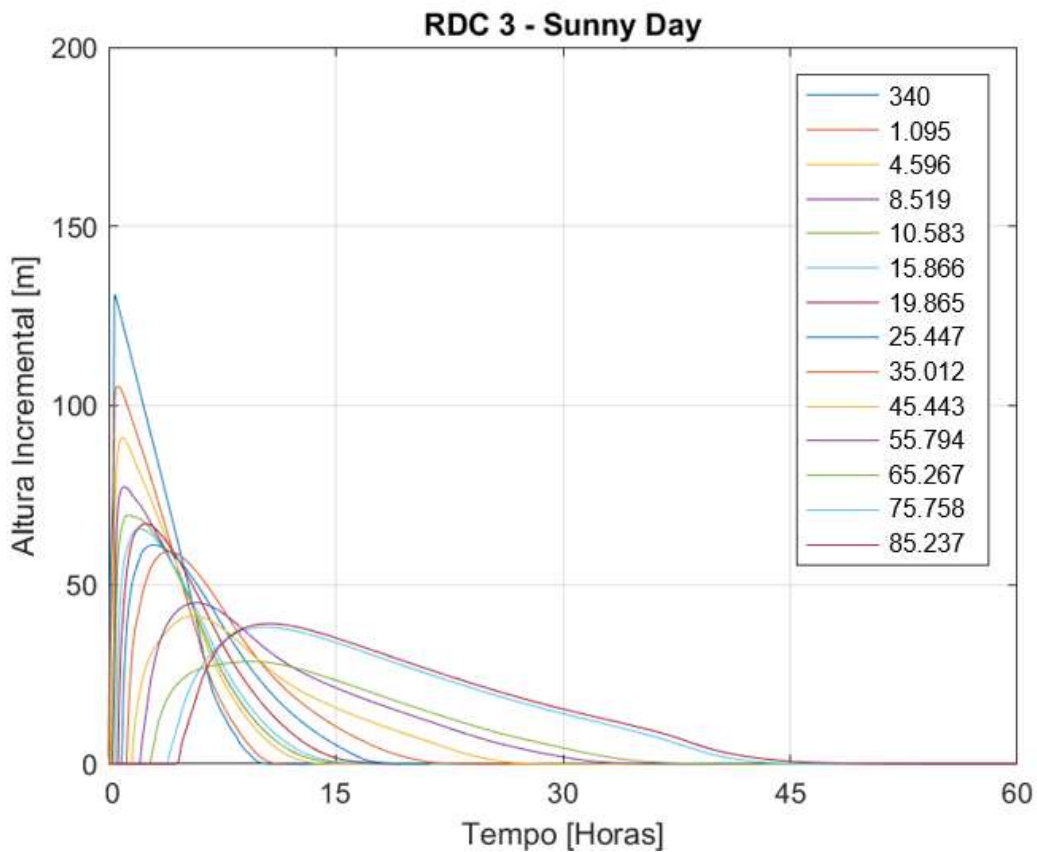
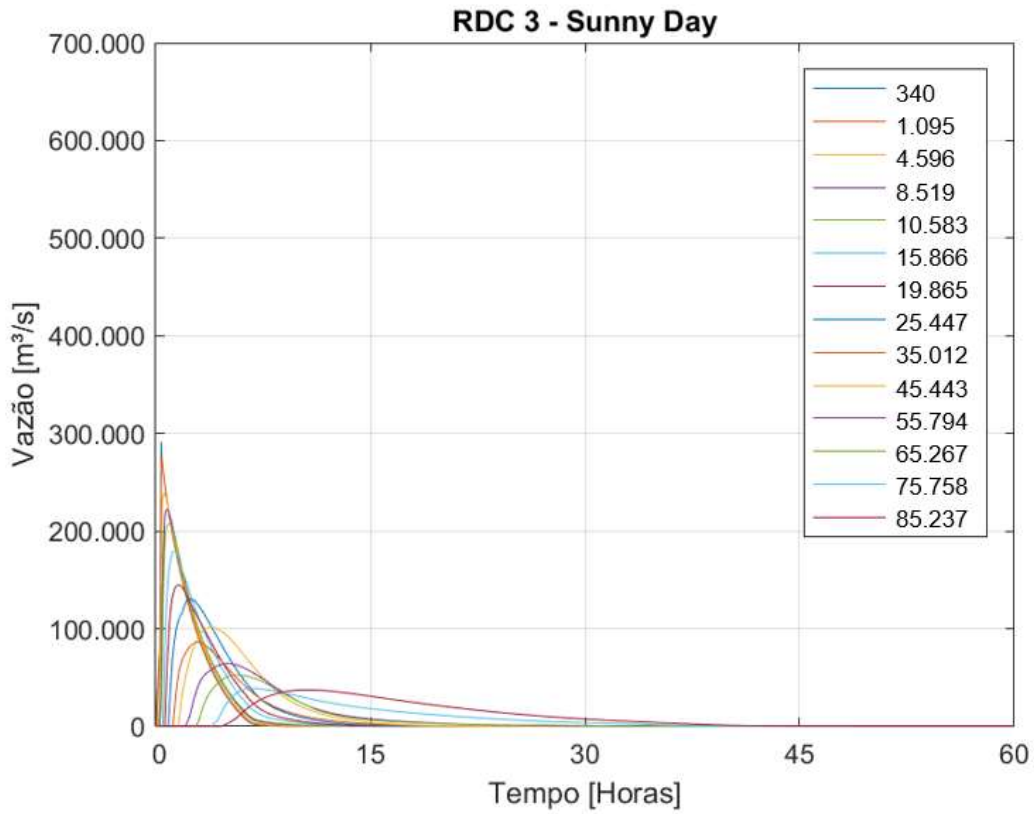




3. Cenário RDC 3: Rompimento por piping entre a barragem e o concreto de enchimento do canal em dia seco, com o reservatório operando na condição mínima e vazão média de longo termo (152 m³/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Irapé para o modo RDC 3 (*Sunny Day*, reservatório com N.A. El. 470,80 [m-IBGE]), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura da onda de ruptura para cada seção de interesse.

A altura incremental da onda de cheia chega a 131 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 70% da energia liberada. Na última seção do modelo, confluência com o rio Araçuaí, é esperada uma altura incremental de 39 m.



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	192	3795	3987
RDC 2	191	3785	3976
RDC 3	114	3247	3361

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
310650720000002	6	0	6	0	6	0
310650720000003	15	0	15	0	12	0
312780005000015	36	0	36	0	30	0
317160005000008	82	137	82	137	43	113
313657905000004	15	0	14	0	1	0
313657905000003	38	0	38	0	22	0
313657905000009	0	26	0	26	0	25
317160020000002	0	40	0	40	0	40
317160020000004	0	62	0	62	0	59
317160020000003	0	82	0	82	0	57
311950007000002	0	66	0	66	0	42
311950007000001	0	169	0	169	0	132
317160005000009	0	6	0	6	0	6
311950007000003	0	89	0	89	0	56
311950005000006	0	93	0	93	0	79
311950005000008	0	404	0	398	0	357
311950005000007	0	87	0	87	0	71
311950005000001	0	378	0	378	0	258
311950005000005	0	335	0	335	0	327
311950005000002	0	388	0	388	0	382
311950005000009	0	317	0	317	0	317
311950005000003	0	346	0	346	0	186
311950005000004	0	504	0	504	0	504
310340515000003	0	57	0	56	0	56
310340515000002	0	135	0	132	0	106
310340505000022	0	1	0	1	0	1
310340515000004	0	2	0	2	0	2
310340515000001	0	71	0	71	0	71
Total	192	3795	191	3785	114	3247

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
310650720000002	28	0	28	0	28	0
310650720000003	60	0	60	0	48	0
312780005000015	161	0	161	0	135	0
317160005000008	312	520	312	520	164	429
313657905000004	61	0	57	0	5	0
313657905000003	157	0	157	0	91	0
313657905000009	0	85	0	85	0	81
317160020000002	0	126	0	126	0	126
317160020000004	0	176	0	176	0	168
317160020000003	0	327	0	327	0	228
311950007000002	0	255	0	255	0	162
311950007000001	0	600	0	600	0	468
317160005000009	0	23	0	23	0	23
311950007000003	0	353	0	353	0	222
311950005000006	0	269	0	269	0	229
311950005000008	0	1565	0	1541	0	1383
311950005000007	0	323	0	323	0	264
311950005000001	0	1461	0	1461	0	998
311950005000005	0	1179	0	1179	0	1151
311950005000002	0	1357	0	1357	0	1336
311950005000009	0	1044	0	1044	0	1044
311950005000003	0	1299	0	1299	0	699
311950005000004	0	1696	0	1696	0	1696
310340515000003	0	208	0	205	0	205
310340515000002	0	530	0	518	0	416
310340505000022	0	4	0	4	0	4
310340515000004	0	6	0	6	0	6
310340515000001	0	247	0	247	0	247
Total	779	13653	775	13614	471	11585

Em relação às cheias naturais, o número de benfeitorias potencialmente afetadas é apresentado na tabela abaixo, para cada tempo de recorrência.

Tempos de recorrência	Número Aprox. de atingidos (Economias)		
	Dentro da ZAS	Fora da ZAS	Total
TR 10.000 anos	8	639	647
TR 100 anos	8	440	448
TR 50 anos	8	400	408
TR 10 anos	8	250	258
TR 2 anos	4	24	28

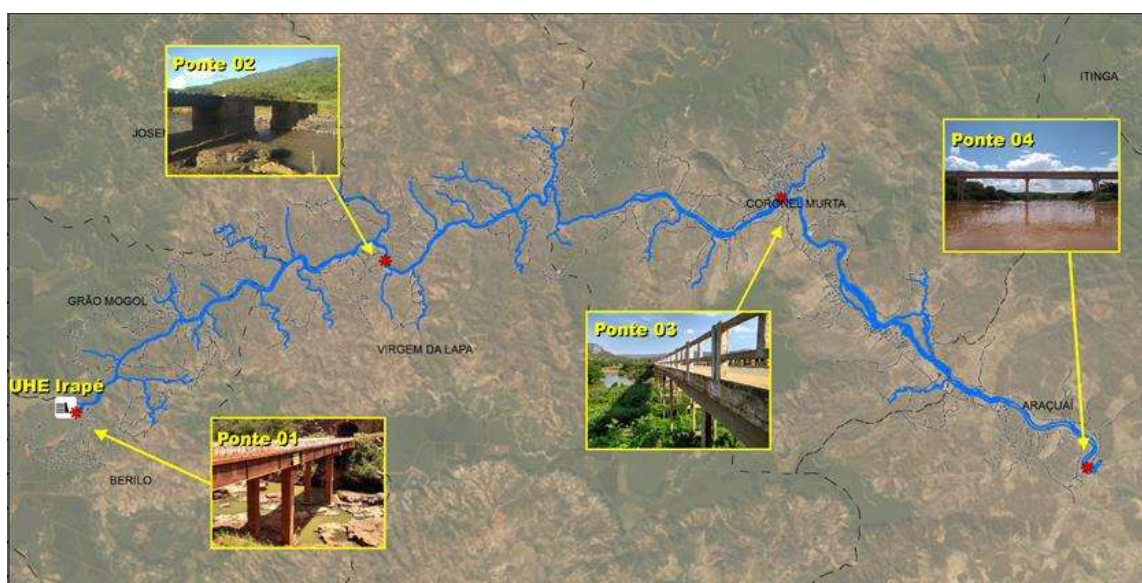
Algumas restrições de acesso em momentos de crise podem ser identificadas. Dentre elas, o acesso às localidades da área de inundação mediante as rodovias e estradas sujeitas à inundação, bem como a interdição das pontes pertencentes a elas. Nesse contexto, nas cartas de inundação estão indicadas as estradas 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 na tabela abaixo, seguida 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
Ponte 01	346,46	344,46	<u>502,39</u>	<u>502,16</u>	<u>465,56</u>
Ponte 02	306,49	305,79	<u>391,19</u>	<u>390,61</u>	<u>364,20</u>
Ponte 03	295,99	294,14	<u>345,87</u>	<u>345,26</u>	<u>325,72</u>
Ponte 04	279,98	277,23	<u>323,96</u>	<u>322,74</u>	<u>301,90</u>

Em vermelho estão situações de risco ou inconformidade.



E. Tempos de chegada e pico de onda

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

- Resultados RDC 1:

SC	d*[m]	Z _p *	Z _{ref} *	Z _{Qmlt} *	H [m]*	H _{incr} [m]*	Q _p [m ³ /s]*	T _p *	T _{inun} *	T _{ch} *	V [km/h]*
280536	340	502,4	349,9	334,5	167,9	152,521	635,598	0H20M	107H53M	NDA**	-
278059	1095	469,7	341,0	331,0	138,6	128,695	543,321	0H37M	107H31M	0H0M	8,74
266573	4596	445,8	333,5	324,0	121,8	112,308	450,497	0H58M	107H45M	0H4M	22,05
253700	8519	425,3	330,1	321,6	103,7	95,221	434,337	1H10M	107H44M	0H8M	32,20
246928	10583	419,9	328,9	321,4	98,5	91,082	406,668	2H2M	107H40M	0H11M	19,77
229596	15866	411,2	325,7	318,6	92,6	85,499	359,444	2H41M	107H34M	0H20M	21,68
216478	19865	407,3	319,6	311,6	95,6	87,722	270,018	2H52M	106H50M	0H29M	25,29
198164	25447	391,2	313,0	303,1	88,1	78,156	265,145	3H32M	102H12M	0H42M	25,74
166781	35012	380,4	308,1	295,8	84,6	72,275	187,066	4H37M	99H8M	0H59M	26,56
132558	45443	348,1	296,9	287,0	61,0	51,130	216,086	6H17M	98H57M	1H20M	24,87
98601	55794	345,9	293,5	280,7	65,1	52,379	134,051	6H22M	99H36M	1H53M	30,15
67520	65267	327,1	285,1	276,8	50,3	41,993	125,399	11H12M	94H56M	2H26M	19,60
33103	75758	326,1	277,6	265,7	60,4	48,505	89,785	11H36M	107H16M	3H41M	21,96
2021	85237	324,0	275,3	262,7	61,2	48,658	82,054	11H43M	107H22M	4H14M	24,47

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

- Resultados RDC 2:

SC	d*[m]	Z _p *	Z _{Qmlt} *	H [m]*	Q _p [m ³ /s]*	T _p *	T _{inun} *	T _{ch} *	V [km/h]*
280536	340	502,2	334,5	167,7	627.197	0H21M	14H17M	0H0M	-
278059	1095	469,5	331,0	138,4	538.304	0H39M	15H5M	0H1M	8,26
266573	4596	445,6	324,0	121,6	448.944	0H59M	17H48M	0H5M	22,05
253700	8519	425,1	321,6	103,5	432.361	1H14M	19H14M	0H11M	30,38
246928	10583	419,6	321,4	98,2	404.999	2H4M	19H10M	0H14M	19,58
229596	15866	410,8	318,6	92,1	357.514	2H42M	19H44M	0H23M	21,68
216478	19865	406,8	311,6	95,2	268.484	2H54M	21H53M	0H31M	25,12
198164	25447	390,6	303,1	87,5	262.613	3H31M	26H22M	0H43M	26,01
166781	35012	379,7	295,8	83,9	184.418	4H38M	31H30M	1H1M	26,56
132558	45443	347,5	287,0	60,4	212.712	6H18M	36H51M	1H19M	24,87
98601	55794	345,3	280,7	64,5	131.584	6H24M	42H37M	1H49M	30,07
67520	65267	325,9	276,8	49,1	120.496	11H5M	45H20M	2H25M	19,85
33103	75758	324,9	265,7	59,1	87.203	11H31M	51H30M	3H27M	22,16
2021	85237	322,7	262,7	60,0	79.239	11H38M	53H37M	4H6M	24,68

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

• Resultados RDC 3:

SC	d*[m]	Z _p *	Z _{Qmlt} *	H [m]*	Q _p [m ³ /s]*	T _p *	T _{inun} *	T _{ch} *	V [km/h]*
280536	340	465,6	334,5	131,1	291.386	0H24M	9H54M	0H0M	-
278059	1095	436,5	331,0	105,4	279.774	0H35M	10H34M	0H2M	13,51
266573	4596	415,0	324,0	91,0	239.122	0H54M	12H58M	0H7M	27,93
253700	8519	399,0	321,6	77,3	222.174	1H3M	14H17M	0H14M	41,29
246928	10583	390,9	321,4	69,5	207.443	1H19M	14H12M	0H17M	36,66
229596	15866	384,3	318,6	65,6	179.222	2H2M	14H38M	0H28M	31,19
216478	19865	378,7	311,6	67,0	144.625	2H27M	15H56M	0H38M	31,25
198164	25447	364,2	303,1	61,1	130.588	3H0M	16H46M	0H51M	31,68
166781	35012	355,1	295,8	59,3	86.149	3H57M	19H59M	1H12M	32,04
132558	45443	328,3	287,0	41,3	101.386	5H35M	24H42M	1H32M	28,55
98601	55794	325,7	280,7	45,0	64.423	5H47M	30H23M	2H5M	33,80
67520	65267	305,4	276,8	28,6	52.612	9H26M	33H1M	2H45M	23,58
33103	75758	304,0	265,7	38,2	38.899	10H24M	39H4M	3H54M	24,74
2021	85237	301,9	262,7	39,2	37.385	10H38M	41H8M	4H36M	27,22

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

- Resultados Cheias Naturais:

SC	d*[m]	Cota [m-IBGE]					Qmt
		TR 2	TR 10	TR 50	TR 100	TR 10.000	
280536	340	346,34	349,73	349,82	349,88	349,87	334,49
278059	1095	338,12	340,86	340,93	340,97	341,00	331,05
266573	4596	330,56	333,41	333,48	333,52	333,54	324,03
253700	8519	327,44	329,98	330,04	330,07	330,12	321,63
246928	10583	326,37	328,73	328,78	328,82	328,85	321,38
229596	15866	323,21	325,54	325,61	325,65	325,73	318,65
216478	19865	316,90	319,16	319,25	319,31	319,58	311,65
198164	25447	308,60	311,16	311,64	311,82	313,04	303,10
166781	35012	302,35	305,55	306,39	306,69	308,14	295,83
132558	45443	291,90	294,34	295,05	295,31	296,92	287,03
98601	55794	287,83	290,76	291,58	291,85	293,49	280,73
67520	65267	281,93	283,82	284,23	284,37	285,13	276,82
33103	75758	271,58	274,57	275,59	275,89	277,59	265,74
2021	85237	269,20	272,26	273,28	273,59	275,30	262,71

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

F. Lista de mapas temáticos e manchas de inundação

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

As cartas de inundação 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 por piping entre a barragem e o concreto de enchimento do canal, com vazão decamilenar (7.315 m^3/s)	PAE-IRA-MAP01-RDC01_revB
RDC 2 - Rompimento por piping entre a barragem e o concreto de enchimento do canal em dia seco, com a vazão média de longo termo (152 m^3/s)	PAE-IRA-MAP02-RDC02_revB
RDC 3 - Rompimento por piping entre a barragem e o concreto de enchimento do canal em dia seco, com o reservatório operando na condição mínima e vazão média de longo termo (152 m^3/s)	PAE-IRA-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 ² /s]	Consequências esperadas
<0,50	Crianças e deficientes são arrastados
0,50 – 1,00	Adultos são arrastados
1,00 – 3,00	Danos de submersão em edifícios e estruturais em casas
3,00 – 7,00	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
>7,00	Colapso de certos edifícios

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

Cenário – Perigo Hidrodinâmico	Número do Mapa
RDC 1 - Rompimento por piping entre a barragem e o concreto de enchimento do canal, com vazão decamilenar (7.315 m³/s)	PAE-IRA-MAP04-PER01_revB
RDC 2 - Rompimento por piping entre a barragem e o concreto de enchimento do canal em dia seco, com a vazão média de longo termo (152 m³/s)	PAE-IRA-MAP05-PER02_revB
RDC 3 - Rompimento por piping entre a barragem e o concreto de enchimento do canal em dia seco, com o reservatório operando na condição mínima e vazão média de longo termo (152 m³/s)	PAE-IRA-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 (1.611 m³/s)	PAE-IRA-MAP07-TR2_revB
TR 10 anos (2.826 m³/s)	PAE-IRA-MAP08-TR10_revB
TR 50 anos (3.891 m³/s)	PAE-IRA-MAP09-TR50_revB
TR 100 anos (4.341 m³/s)	PAE-IRA-MAP10-TR100_revB
TR 10.000 anos (7.315 m³/s)	PAE-IRA-MAP11-TR10000_revB

IX. Apêndices Externos

Documento nº PAE-IRA-DOC02_Apêndices-G-H

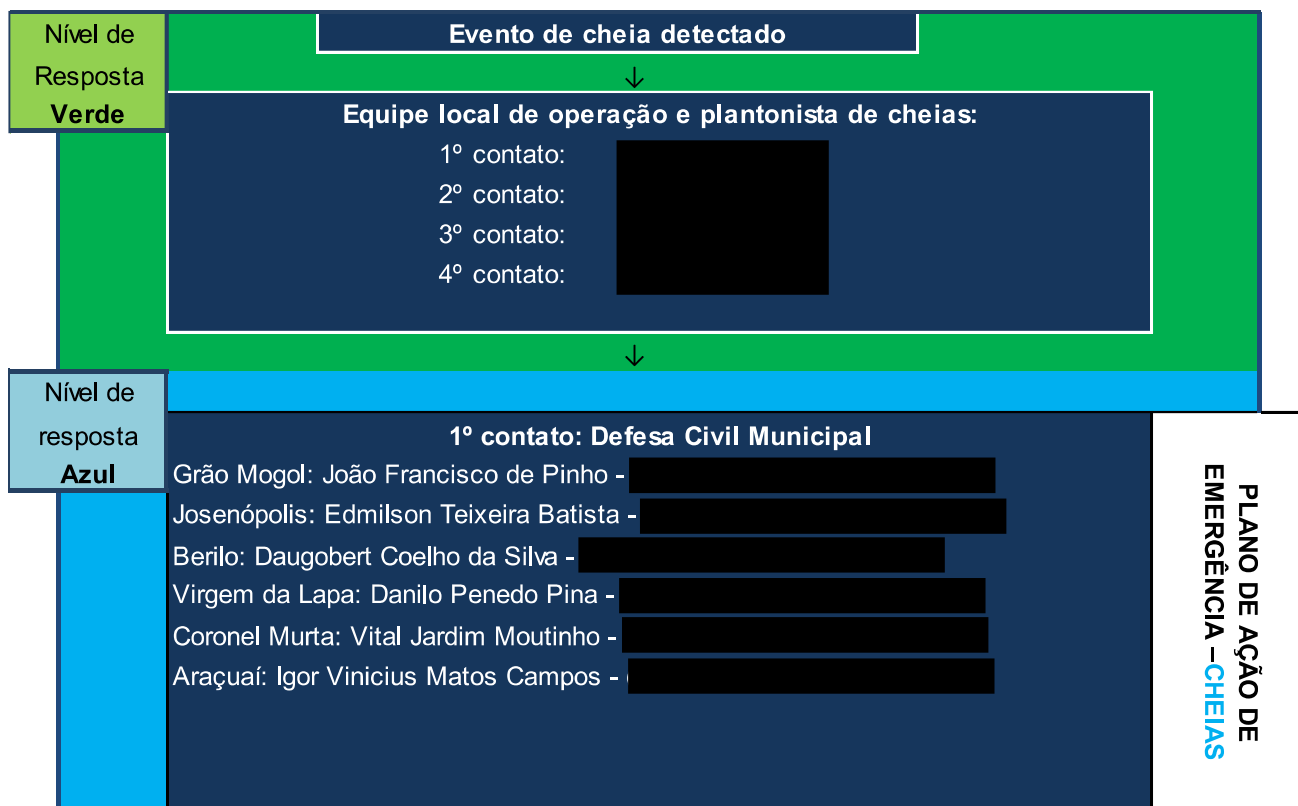
G. Controle de distribuição digital deste PAE¹

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 – Cemig GT
João Francisco de Pinho	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Grão Mogol
Edmilson Teixeira Batista	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Josenópolis
Daugobert Coelho da Silva	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Berilo
Danilo Penedo Pina	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Virgem da Lapa
Vital Jardim Moutinho	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Coronel Murta
Igor Vinicius Matos Campos	Coordenador – Defesa Civil Municipal Prefeitura Municipal de Araçuaí

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.

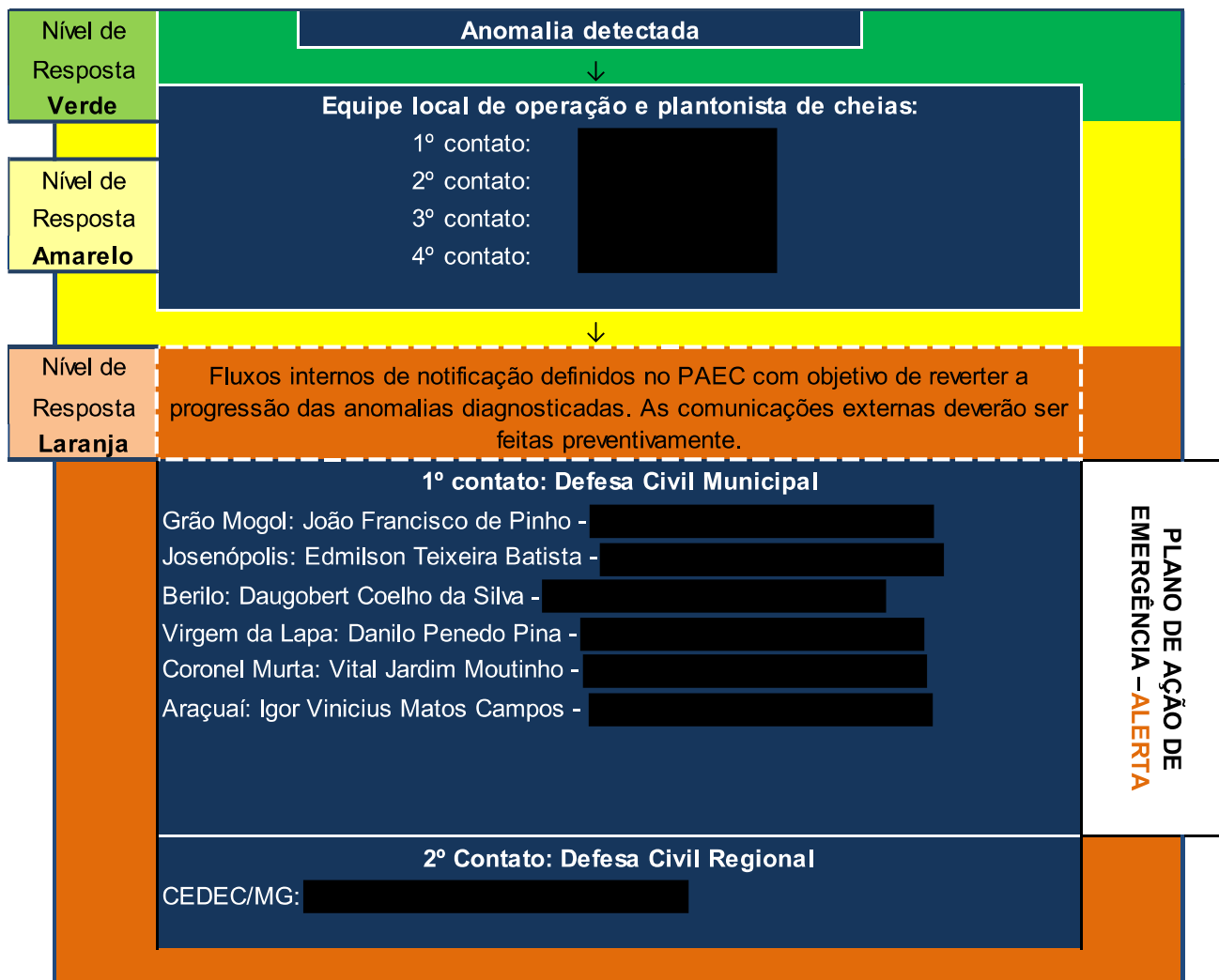
H. Plano de chamadas para notificação deste PAE

- Nível de Resposta: CHEIAS²



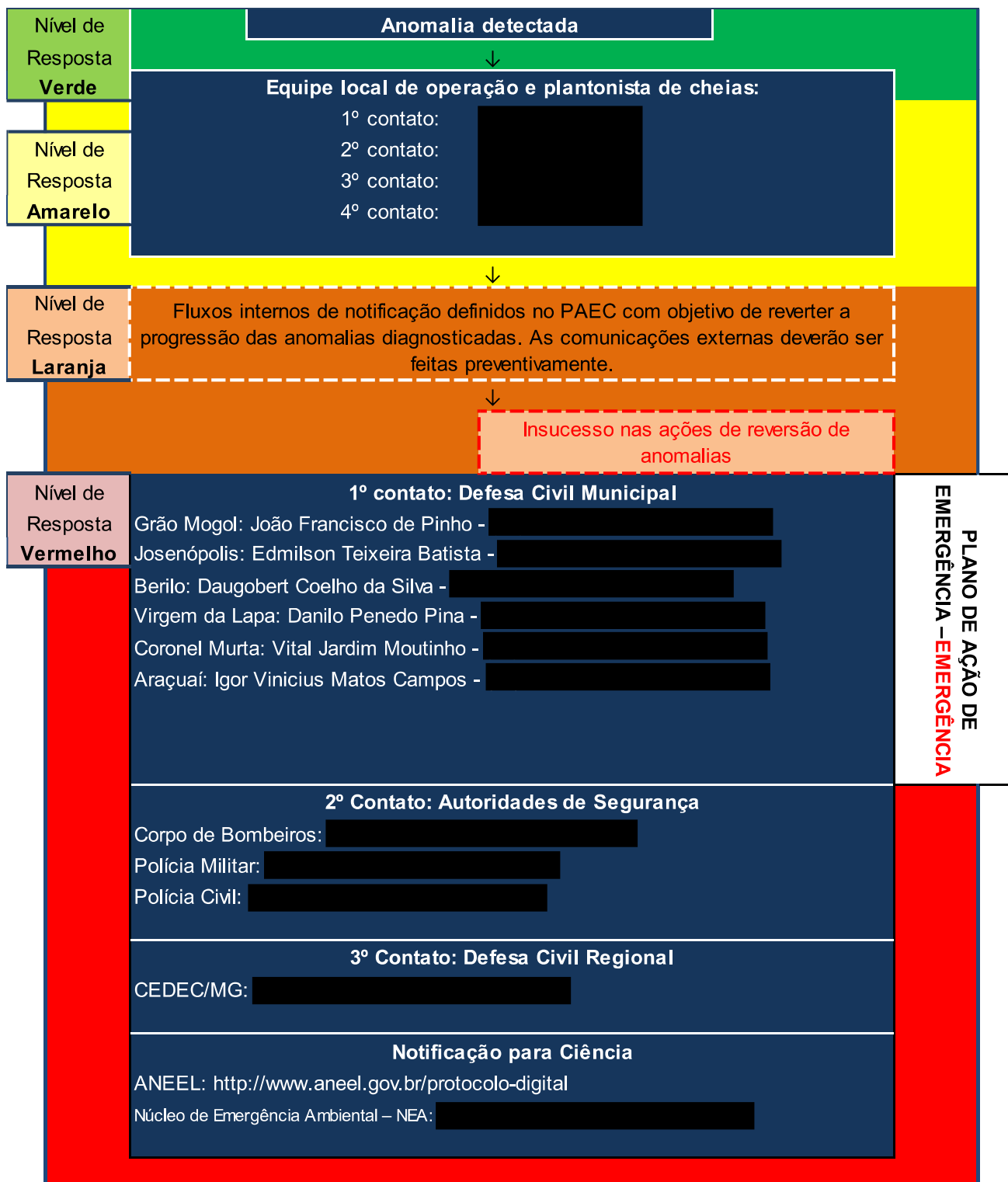
² Apêndice revisado em 20/04/2022. Este apêndice pode ter seus contatos alterados, sem que o documento do PAE Externo perca a vigência de sua revisão.

- 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.