

## Barragem da UHE Nova Ponte



### **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.001574-1.01

**Documento nº PAE - UHE Nova Ponte - revE**

**Responsável pela elaboração:** Cemig GT

**Municípios relacionados (MG):**

Zona de Autossalvamento (ZAS): Nova Ponte

Zona de Segurança Secundária (ZSS): Indianópolis, Uberaba, Uberlândia

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



## Sumário

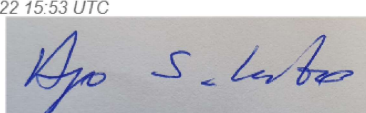

I.	Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis .....	4
II.	Informações gerais da barragem.....	5
A.	Apresentação.....	5
B.	Objetivo do PAE.....	5
C.	Caracterização da barragem.....	5
III.	Responsabilidades gerais no PAE.....	8
A.	Empreendedor .....	8
B.	Coordenador do PAE.....	8
C.	Equipe técnica.....	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 início da comunicação .....	20
1.	Operação Normal .....	21
2.	Alerta 1 – Vazões acima de 2.000 m <sup>3</sup> /s.....	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
	• Cenário RDC 1: Rompimento por piping do trecho central do barramento, com vazão decamilenar (4826 m <sup>3</sup> /s).....	25
	• Cenário RDC 2: Rompimento por piping do trecho central do barramento em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (293 m <sup>3</sup> /s).....	27
	• Cenário RDC 3: Rompimento por piping do trecho central do barramento, vertendo a vazão de restrição (2000 m <sup>3</sup> /s) .....	28
	• Cenário RDC 4: Rompimento por piping do trecho lateral do barramento em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (293 m <sup>3</sup> /s).....	30
D.	Quantificação de atingidos e pontos de inundação.....	32
E.	Tempos de chegada e pico de onda.....	34
F.	Lista de mapas temáticos e manchas de inundação .....	39
IX.	Apêndices Externos .....	41
G.	Controle de distribuição digital deste PAE .....	42
H.	Plano de chamadas para notificação deste PAE .....	43

**I. Controle de revisões e assinaturas dos responsáveis**

Revisão	Vigência	Motivo da revisão
A	30/04/2019	Emissão inicial com as assinaturas dos responsáveis
B	06/12/2019	Inclusão de 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

<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><b>Diogo Carneiro Ribeiro Bueno Martins</b> Responsável Técnico pela Elaboração do PAE CREA-MG: 163375/D</p>	<p><b>Ivan Sérgio Carneiro</b> 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><b>Aprovado por: Henrique Siqueira de Castro</b> Superintendência de Operação de Ativos da Geração e Transmissão</p>	<p><b>Aprovado por: Thadeu Carneiro da Silva</b> 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><b>Responsável Legal: Reynaldo Passanezi Filho</b> Diretor-Presidente da CEMIG</p>

## II. Informações gerais da barragem

### A. Apresentação

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

### B. Objetivo do PAE

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

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

### C. Caracterização da barragem

A UHE Nova Ponte, empreendimento da Cemig Geração e Transmissão S.A., iniciou sua operação em 1994, tendo sido construída no município de Nova Ponte, MG. Localizada no rio Araguari. Composta por barramento de terra (Figura 1), enrocamento com núcleo de argila, a barragem possui cerca de 1.670 m de comprimento de crista e 142 m de altura máxima. Seu reservatório possui cerca de 443 km<sup>2</sup> de área inundada e capacidade máxima de acumulação 12.792 hm<sup>3</sup>.



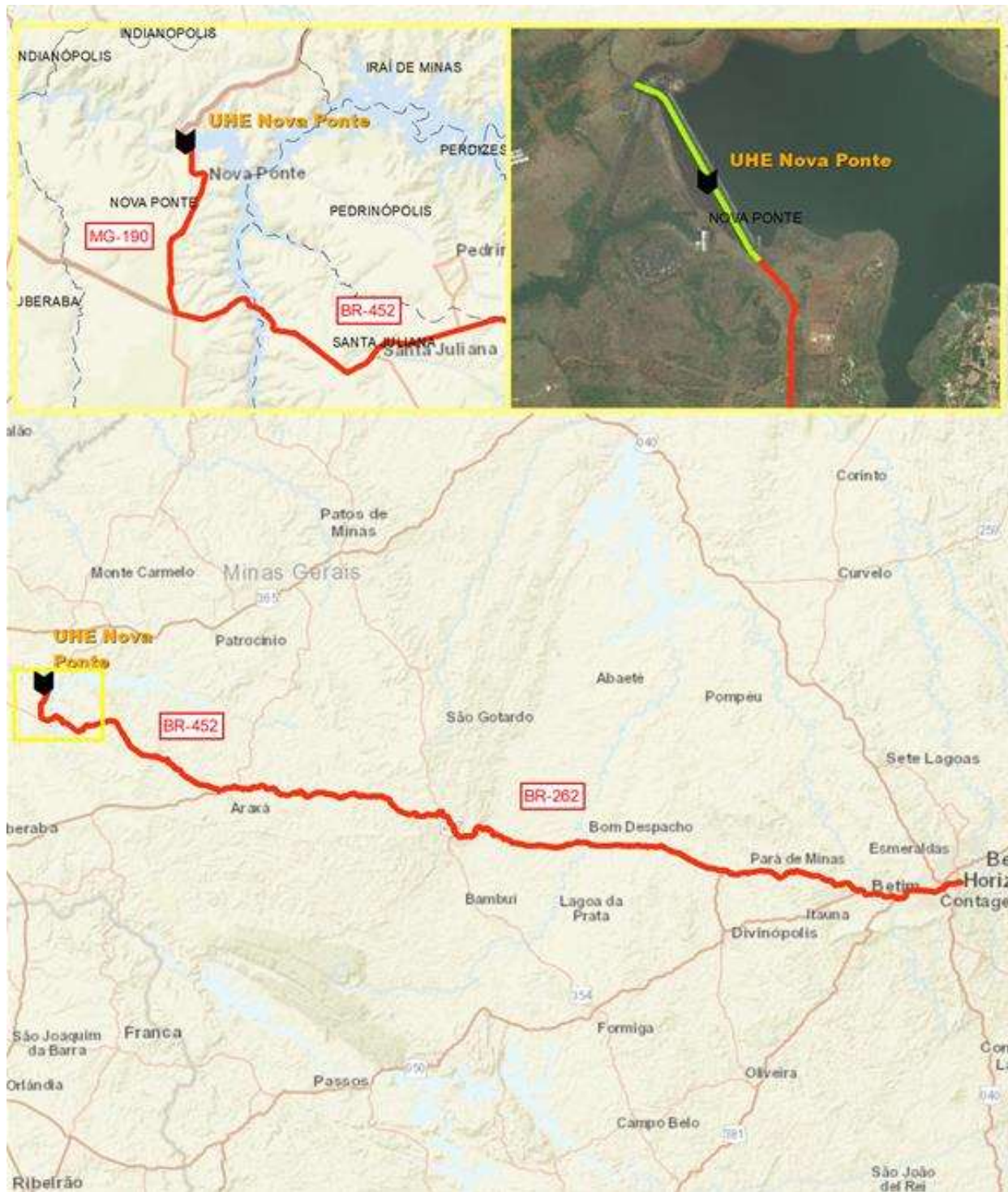
**Figura 1 - Vista superior da barragem**

O sistema extravasor da UHE Nova Ponte é composto por um Vertedouro de Superfície (VS) situado na ombreira direita, que possui quatro vãos controlados por comportas do tipo segmento. Esse vertedouro possui cerca de 44 m de comprimento e capacidade máxima de descarga de 5.800 m<sup>3</sup>/s. À esquerda vertedouro, tem-se a tomada d'água da UHE Nova Ponte. A água é conduzida por uma tubulação adutora que dará origem à três condutos forçados, os quais alimentarão as três unidades geradoras que totalizam 510 MW de potência instalada. As turbinas localizam-se na Casa de Força (Figura 2) do tipo abrigada. A restituição da vazão turbinada ocorre por canal de fuga no rio Araguari.



**Figura 2 – Casa de força**

O acesso a partir de Belo Horizonte, faz-se pela BR-262, sentido Campos Altos - MG. Percorrendo a rodovia por cerca de 364,6 km, até a cidade de Araxá, toma-se a BR-452 por aproximadamente, 95,6 km, em direção ao município de Nova Ponte - MG. A partir de então, toma-se a MG-190. Percorre-se esta rodovia por cerca de 17,50 km até o acesso a margem esquerda do barramento. O acesso a margem direita é feito através da ponte rodoviária localizado no barramento (Figura 3).



**Figura 3 - 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 <b>Ivan Sérgio Carneiro</b> 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. <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local</b>	Atenção (Amarelo)
Anomalias na barragem, ombreiras e área a jusante	Trincas	Trincas superficiais	Monitorar visualmente ou através de instrumento. Fazer registro de todas as medidas. <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local</b>	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"> <li>• Que não estabilizam</li> <li>• Passantes ou não, de montante para jusante</li> </ul>		
	Surgências (áreas encharcadas, água surgindo ou infiltrações)	Presença de trincas transversais passantes, de montante para jusante, com percolação de água	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"> <li>• Não documentada e/ou não monitorada</li> <li>• Com carreamento de materiais de origem desconhecida</li> <li>• Aumento das infiltrações com o tempo</li> <li>• Água saindo com pressão</li> </ul>		
	Abatimento / Deslizamento	Deslizamento do maciço através da crista ou talude, reduzindo borda livre e/ou seção transversal	Projetar e executar tratamento em caráter emergencial <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local</b>	Alerta (Laranja)
		Recalque diferencial excessivo entre blocos, reduzindo borda livre, permitindo passagem excessiva de água entre juntas.		
		Deslizamento		
Sistema de Aviso	Período seco	Corrigir sistema <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem</b>	Normal (Verde)	
	Período chuvoso	Corrigir sistema com urgência <b>Responsável: equipe técnica de segurança de barragem e equipe local</b>	Atenção (Amarelo)	

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

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

O **Nível de Resposta – CHEIAS** é um dos níveis que 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 Nova Ponte 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 Araguari 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 Nova Ponte, 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;

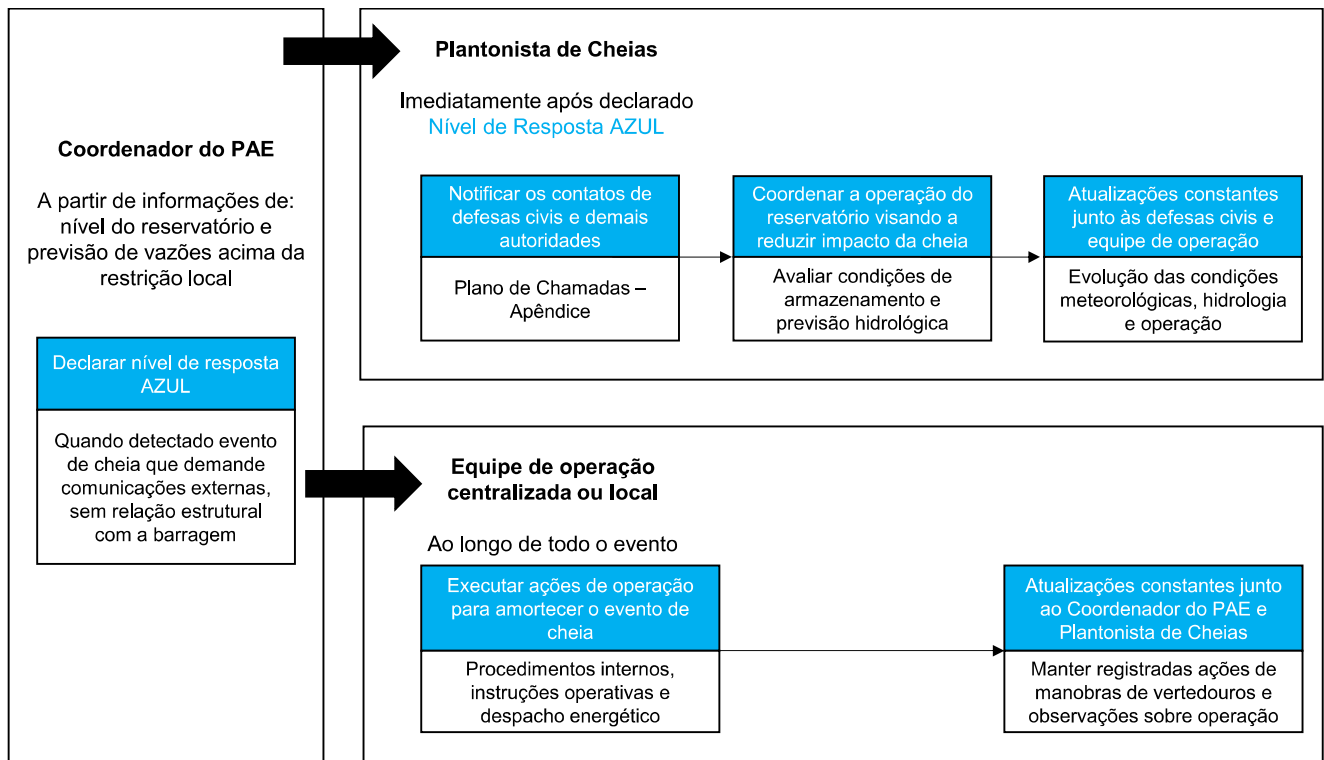
- julga-se que as ações em andamento na barragem não evitarão a sua ruptura;
- entende-se que a segurança do vale a jusante está gravemente ameaçada e será necessário acionar os procedimentos de comunicação e notificação externos previstos no PAE para iminente ruptura;
- evacuação necessária interna 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 Araguari, em municípios do Triângulo Mineiro.

## V. Procedimentos de notificação e alerta

### A. Fluxograma de ações e notificação em situação de **CHEIAS**

O fluxograma de ações e notificação durante uma situação de **CHEIAS** possui um caráter de prevenção de impactos causados por eventos naturais. Os contatos que fazem parte do Plano de Chamadas – Apêndice devem contar com atualizações e verificações frequentes, e os dados que subsidiam a tomada de decisões operativas fazem parte da rotina de monitoramento das condições hidrológicas da bacia e das instruções operativas e documentos internos do empreendimento. O quadro da Figura 4 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de **CHEIAS**.

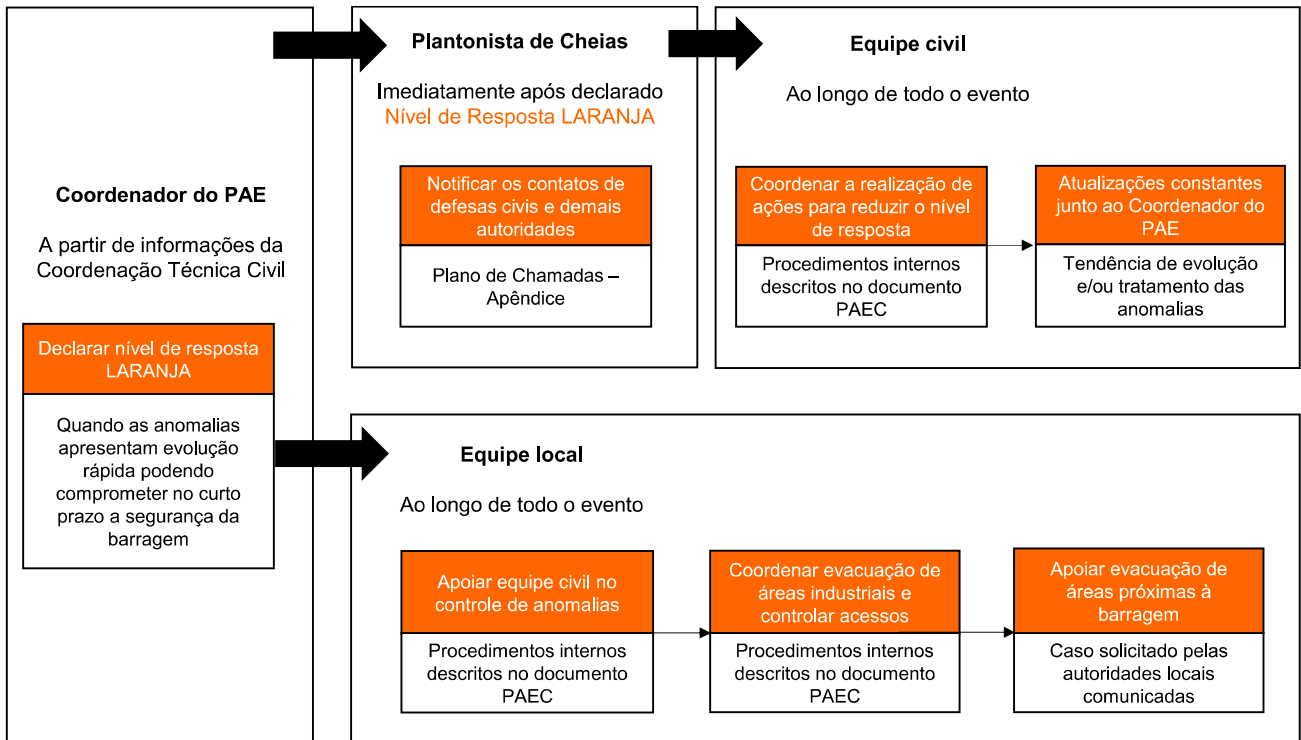


**Figura 4 - Fluxograma em situação de CHEIAS**

**B. Fluxograma de ações e notificação em situação de ALERTA**

O fluxograma de ações e notificação durante uma situação de **ALERTA** possui um caráter de prevenção de impactos causados por um possível insucesso nas ações em andamento para tratar de anomalia estrutural da barragem. Os contatos que fazem parte do Plano de Chamadas – Apêndice devem contar com atualizações e verificações frequentes, e os dados que subsidiam a realização de ações para controle de anomalias e reduzir o nível de resposta, bem como de evacuações, fazem parte do PAEC, documento interno do empreendimento. O quadro da Figura 5 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **ALERTA**.





**Figura 5 - Fluxograma em situação ALERTA**

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

O fluxograma de ações e notificação durante uma situação de **EMERGÊNCIA** possui um caráter de mitigação de impactos causados pela ruptura da barragem, que, nesta altura, considera-se não ser mais possível evitar. Os contatos que fazem parte do Plano de Chamadas – Apêndice devem contar com atualizações e verificações frequentes, e os dados que subsidiam a realização de ações de salvamento e evacuações, bem como a tomada de decisões sobre um eventual esvaziamento do reservatório, fazem parte do PAEC, documento interno do empreendimento. O quadro da Figura 6 abaixo sintetiza as ações a serem tomadas quando da ocorrência de situação de **EMERGÊNCIA**.

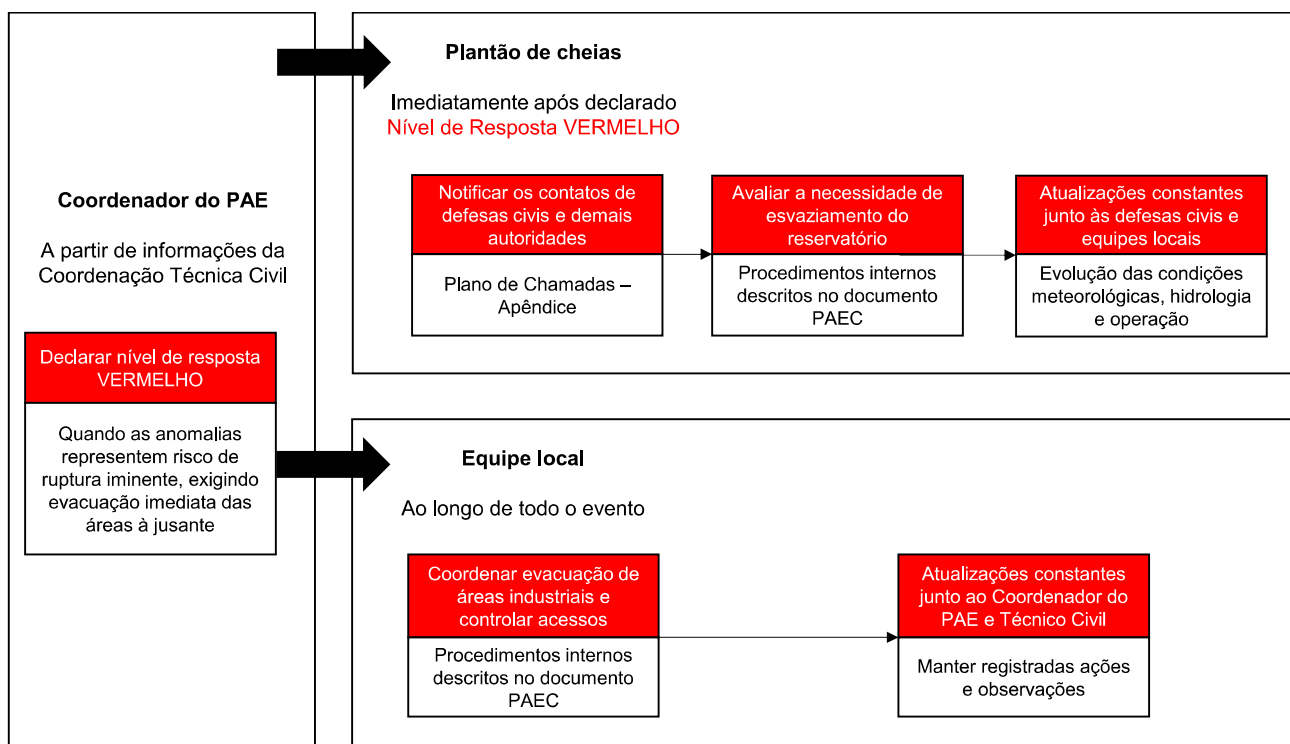


Figura 6 - Fluxograma em situação EMERGÊNCIA

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

### A. Zona de Autossalvamento (ZAS)

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 Nova Ponte no intervalo de 30 minutos corresponde ao trecho aproximado de 15,50 km a jusante da barragem. Tal condição é válida para o pior cenário identificado nas simulações. Esse trecho é caracterizado como uma área de baixa densidade populacional, com pequenos aglomerados urbanos espalhados no decorrer rio Araguari. O centro urbano mais próximo é o município de Nova Ponte – MG, localizado nas imediações do barramento da usina. Assim, por motivos de segurança, a CEMIG optou por adotar uma Zona de Autossalvamento de 15,50 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

O monitoramento das vazões no **rio Araguari** é mantido constantemente. Além dos dados operativos da UHE Nova Ponte, para a emissão de alertas para o vale do rio, serão monitorados os seguintes pontos de controle durante emergências, descritos na Tabela 5.

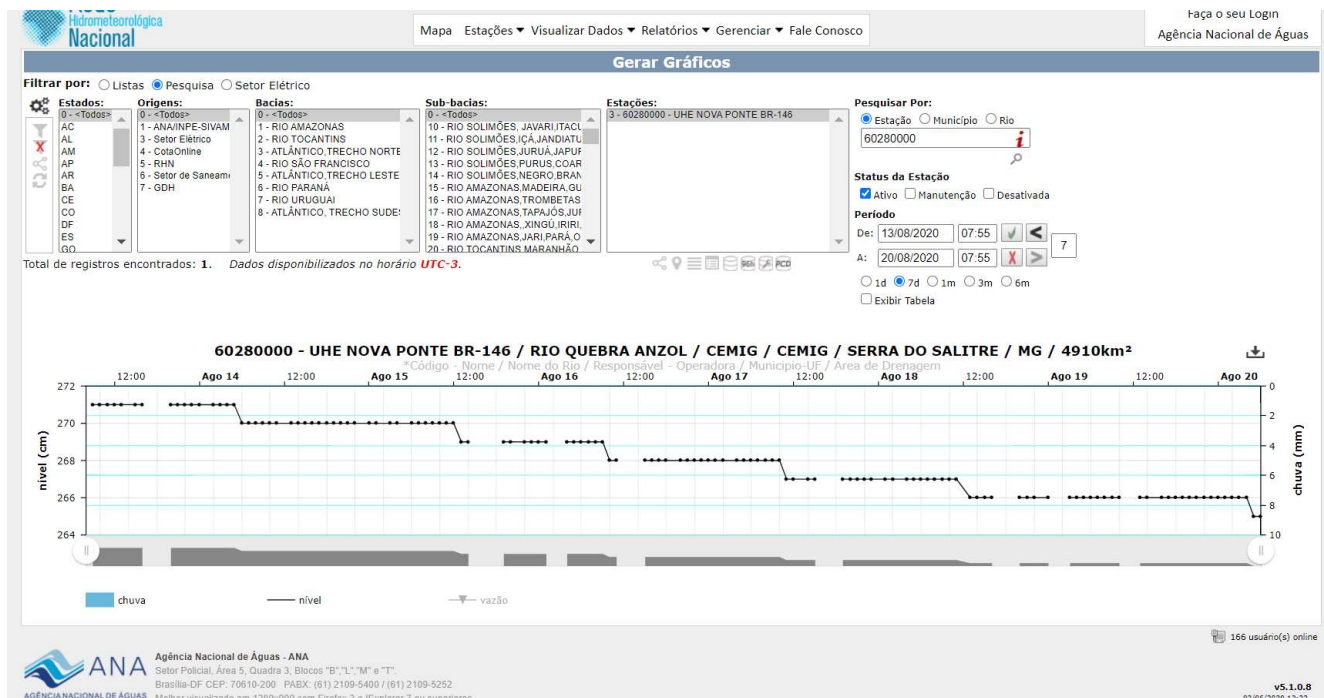
**Tabela 5 - Postos de monitoramento**

Sub-bacia	Operador	Estações
60 – RIO PARANAÍBA	Cemig GT	3 – 60280000 – UHE NOVA PONTE BR-146
60 – RIO PARANAÍBA	Cemig GT	3 – 60290000 – UHE NOVA PONTE FAZENDA CAMBAUBA
60 – RIO PARANAÍBA	Cemig GT	3 – 60335080 – UHE NOVA PONTE BARRAMENTO

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: 6 – Rio Paraná, Sub-bacia: 60 – Rio Paranaíba, e Estação: conforme listagem acima.

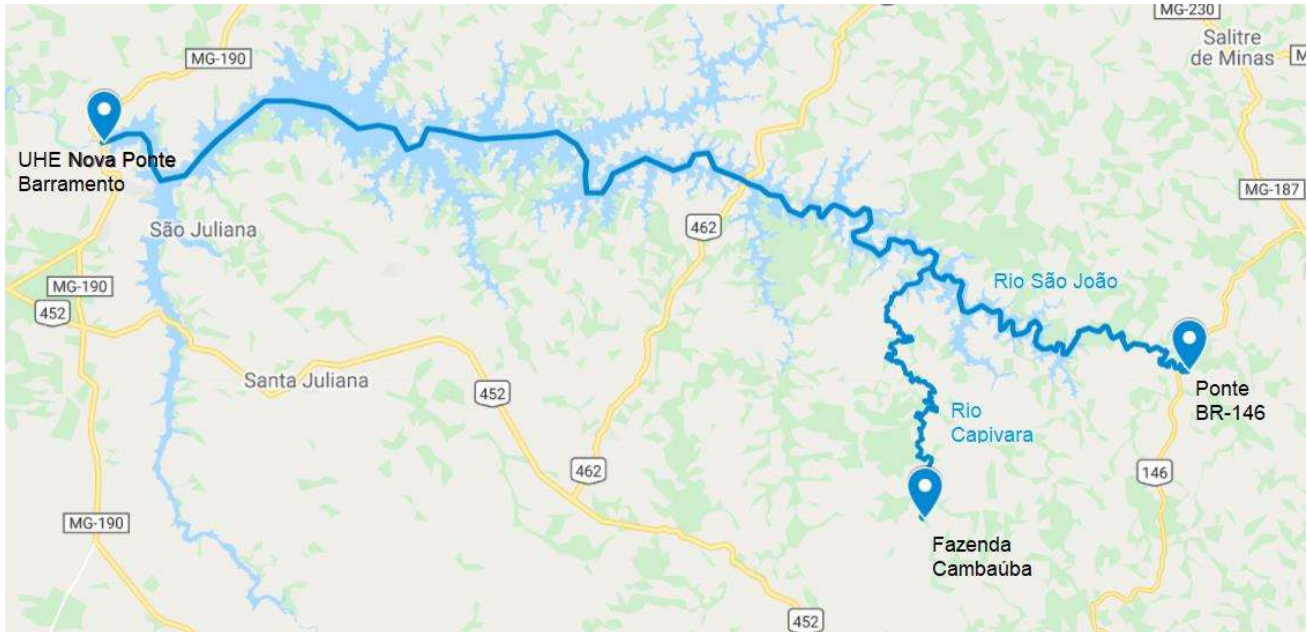
Obs.: Será exibido um gráfico com os dados de nível e precipitação. Para visualização dos dados de vazão, selecionar a opção “Exibir Tabela”. A tabela com os dados será exibida abaixo do gráfico.

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



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

A Figura 8 apresenta a posição dos postos que permitem o monitoramento de vazões, antecipar eventos de cheias e acompanhar o avanço da onda de ruptura. É possível acessar a versão online do mapa pelo endereço a seguir: [http://bit.ly/FLU\\_NOVAPONTE](http://bit.ly/FLU_NOVAPONTE)



**Figura 8 - Pontos de monitoramento hidrométrico**

### **C. Parâmetros para início da comunicação**

Conforme apresentado anteriormente, o vertimento da UHE Nova Ponte se dá pelo extravasor controlado por comportas segmento. Por ser um reservatório de volume total próximo de 12.800 hm<sup>3</sup>, 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. Dessa forma, a previsibilidade da vazão afluente e a agilidade na comunicação são imprescindíveis.

O monitoramento de vazões ordinárias da UHE Nova Ponte será realizado através dos postos hidrométrico a montante, operados pela Cemig Geração e Transmissão S.A. À jusante da UHE Nova Ponte localizam-se as cidades de Indianópolis, Uberaba e Uberlândia que podem viver inundações nas regiões rurais próximas ao rio Araguari. Para vazões defluentes superiores a 2.000 m<sup>3</sup>/s se iniciam 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 Nova Ponte, o fluxo de comunicação segue da mesma maneira, indicando a necessidade de evacuação de áreas maiores.

### **Vazão de restrição Qr = 2.000 m<sup>3</sup>/s**

Seguem os parâmetros que devem ter atenção abaixo:

1. Operação Normal

Previsão de vazões defluente até 2.000 m<sup>3</sup>/s (não há necessidade de comunicação)

2. Alerta 1 – Vazões acima de 2.000 m<sup>3</sup>/s

Para vazões defluentes superiores a 2.000 m<sup>3</sup>/s ocorrerão transbordamentos na calha do rio e inundação da estrada de acesso à usina.

## **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	Nova Ponte	Cemig Geração e Transmissão S.A.	
Situação	Em operação	Concessionário	
<b>LOCALIZAÇÃO</b>		Estado	Minas Gerais
Municípios	Nova Ponte	<b>Coordenadas da barragem</b>	
Rio	Araguari	Margem direita	19°07'32"S 47°41'55"W
Bacia	Federal Rio Paranaíba	Margem esquerda	19°07'58"S 47°41'40"W
DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS		ÁREAS INUNDADAS	
<b>Vazões características</b>		No N.A. máximo normal	443
Vazão MLT (m³/s)	300,00	(km²)	
RESERVATÓRIO		VOLUMES	
<b>N.A.s DE MONTANTE</b>		Volume de amortecimento de cheias (m³)	2.670,46x10 <sup>6</sup>
N.A. Máximo maximorum (m)	815,52	Útil (m³) no N.A. máximo normal	10.380x10 <sup>6</sup>
N.A. Máximo normal (m)	815,00	Total (m³) no N.A. máximo normal	12.792x10 <sup>6</sup>
Área de drenagem (km²)	15.358		
<b>N.A. DE JUSANTE</b>			
N.A. Máximo normal (m)	715,00		
BARRAGEM		VERTEDOURO	
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Forma/Tipo/Material	Terra / Enrocamento	Tipo	Descarga controlada
Altura da barragem (m)	142	Nº de vãos	4
Comprimento na crista (m)	1.620	Vazão de projeto (m³/s)/TR	5800
Cota da crista (m)	818,20	Tempo de recorrência (anos)	PMP/EMP

## 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 Nova Ponte, \_\_\_\_\_.

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 Nova Ponte.

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 Nova Ponte uma barragem de enrocamento com comprimento de crista de 1620 m e altura máxima de 142 m. O volume máximo de armazenamento é de 10.380 hm<sup>3</sup>. A Zona de Autossalvamento (ZAS) adotada corresponde a 15,5 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 urbanos próximos à barragem.

**FIM DA MENSAGEM**



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

Premissas:

Para o **Nível de Resposta 3 – Emergência**, foram simulados três cenários hidrológicos de ruptura para a barragem de Nova Ponte, sucintamente descritos a seguir.

- **Cenário RDC 1:** Rompimento por piping do trecho central do barramento, iniciado na El. 700,0 [m-IBGE], durante evento de vazão decamilenar, com o reservatório na El. 815,52 [m-IBGE];
- **Cenário RDC 2:** Rompimento por piping do trecho central do barramento, iniciado na El. 700,0 [m-IBGE], em Condição de Carregamento Normal (CCN) ou Limite, vertendo a vazão de referência  $Q_{MLT}$  (Sunny Day) e reservatório na El. 815,0 [m-IBGE];
- **Cenário RDC 3:** Rompimento por piping do trecho central do barramento, iniciado na El. 700,0 [m-IBGE], vertendo a vazão de restrição (2.000 m<sup>3</sup>/s) com reservatório na El. 815,10 [m-IBGE];
- **Cenário RDC 4:** Rompimento por piping do trecho lateral ao vertedouro, iniciado na El. 796,0 [m-IBGE], em Condição de Carregamento Normal (CCN) ou Limite, vertendo a vazão de referência  $Q_{MLT}$  (Sunny Day) e reservatório na El. 815,0 [m-IBGE].

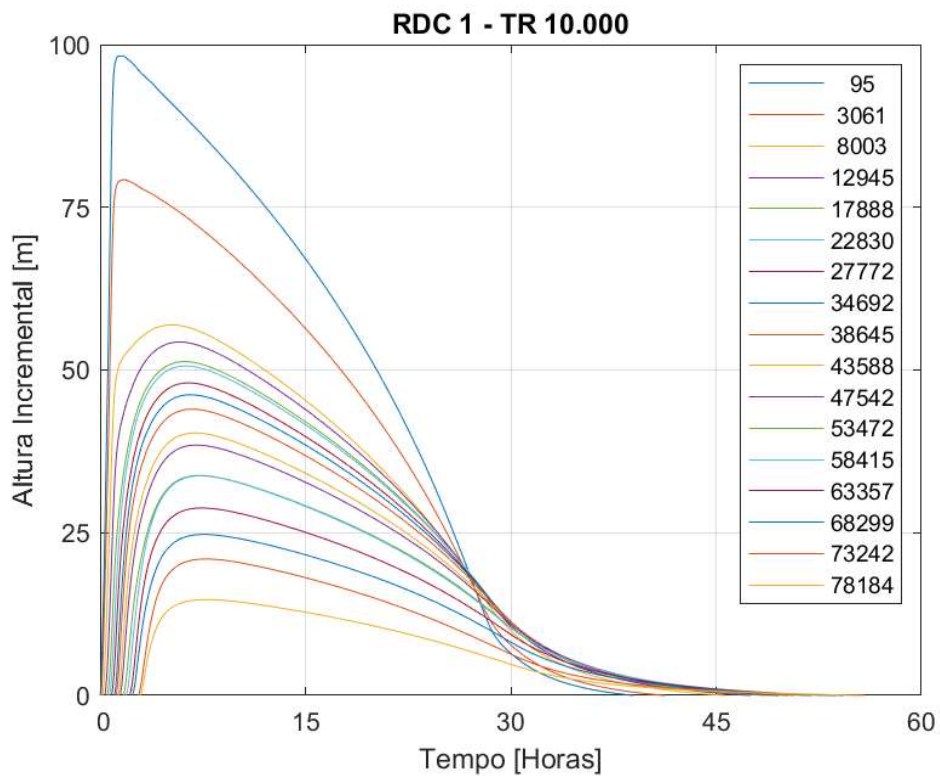
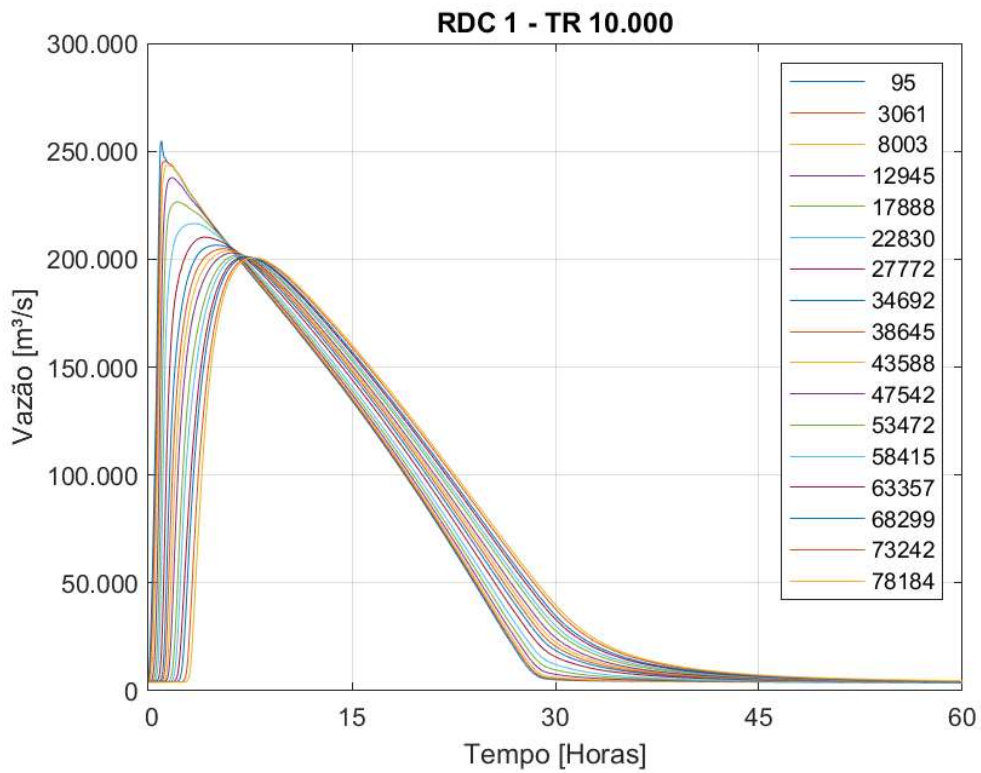
Resultados:

- Cenário RDC 1: Rompimento por piping do trecho central do barramento, com vazão decamilenar (4826 m<sup>3</sup>/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Nova Ponte 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 *piping*, iniciado no pé da seção de maior altura do barramento, durante o evento de cheia decamilenar (reservatório com N.A. El. 815,52 [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.

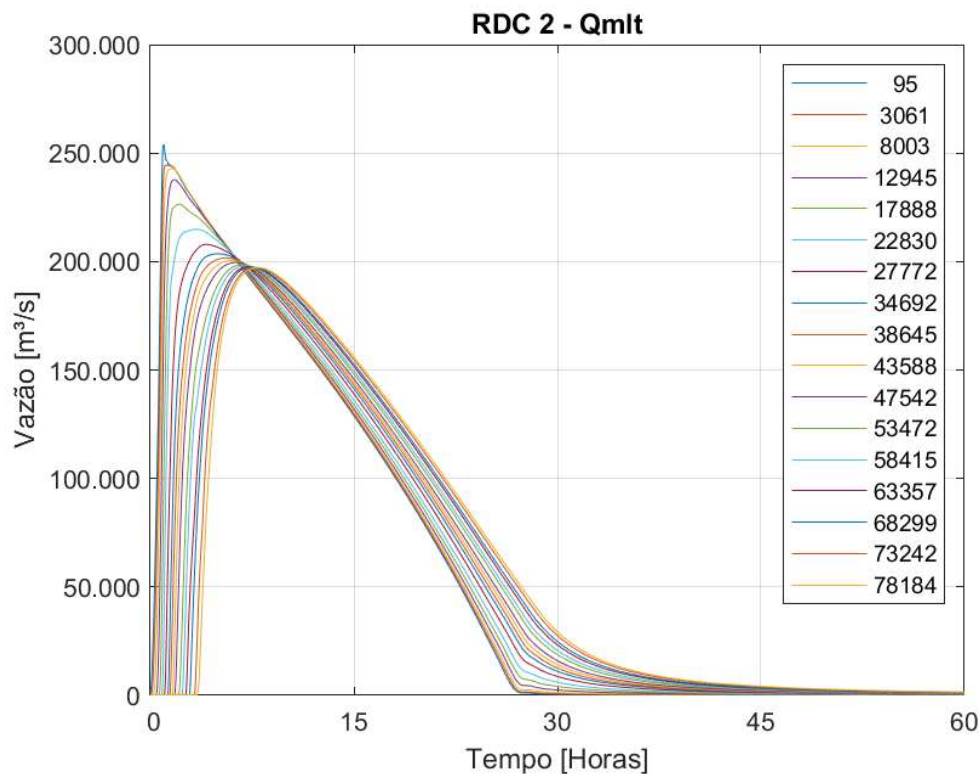
A altura incremental da onda de cheia chega a cerca de 100 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 80% da energia liberada. Na seção da UHE Miranda é esperada que a onda atinja a El. 713,60 [m-IBGE], galgando em 14,60 m a estrutura do barramento, coroado na El. 699,0 [m-IBGE].

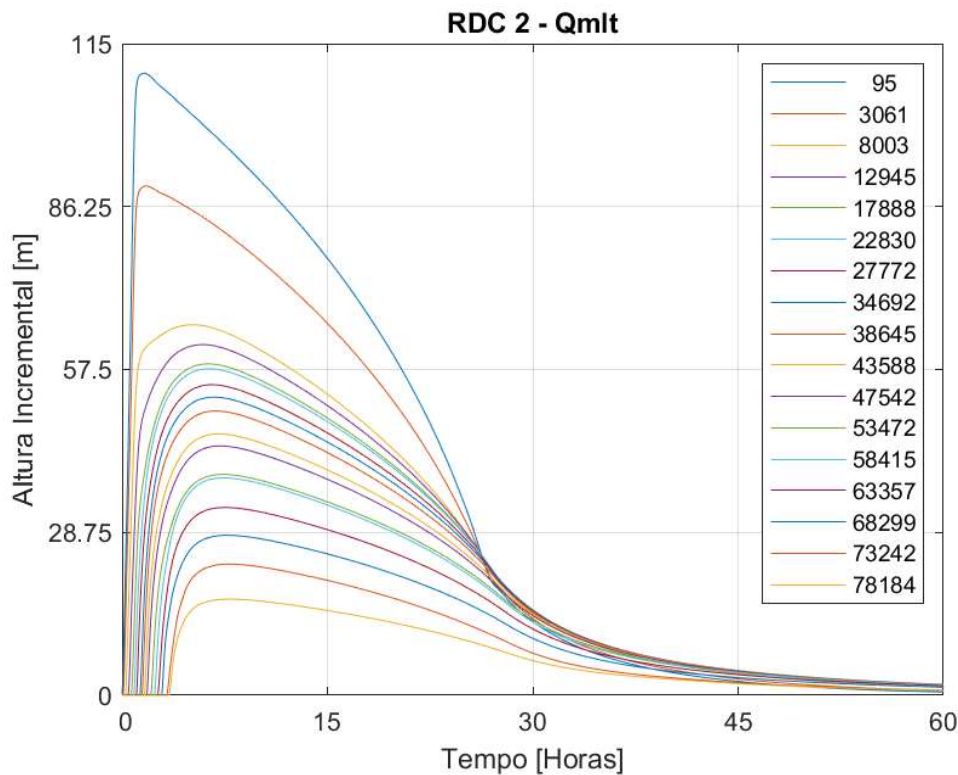


- Cenário RDC 2: Rompimento por piping do trecho central do barramento em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (293 m<sup>3</sup>/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Nova Ponte para o modo RDC 2 (*Sunny Day*) onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura da onda de ruptura para cada seção de interesse. Neste caso, a ruptura ocorre por *piping*, iniciado no pé da seção de maior altura do barramento, em Condição de Carregamento Normal (CCN), durante a passagem da  $Q_{MLT}$  (*Sunny Day*), com o reservatório na El. 815,0 [m-IBGE].

A altura incremental da onda de cheia, em relação à vazão média de longo termo, chega a cerca de 110 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 80% da energia liberada. Na seção da UHE Miranda é esperada que a onda atinja a El. 713,40 [m-IBGE], galgando em 14,40 m a estrutura do barramento.

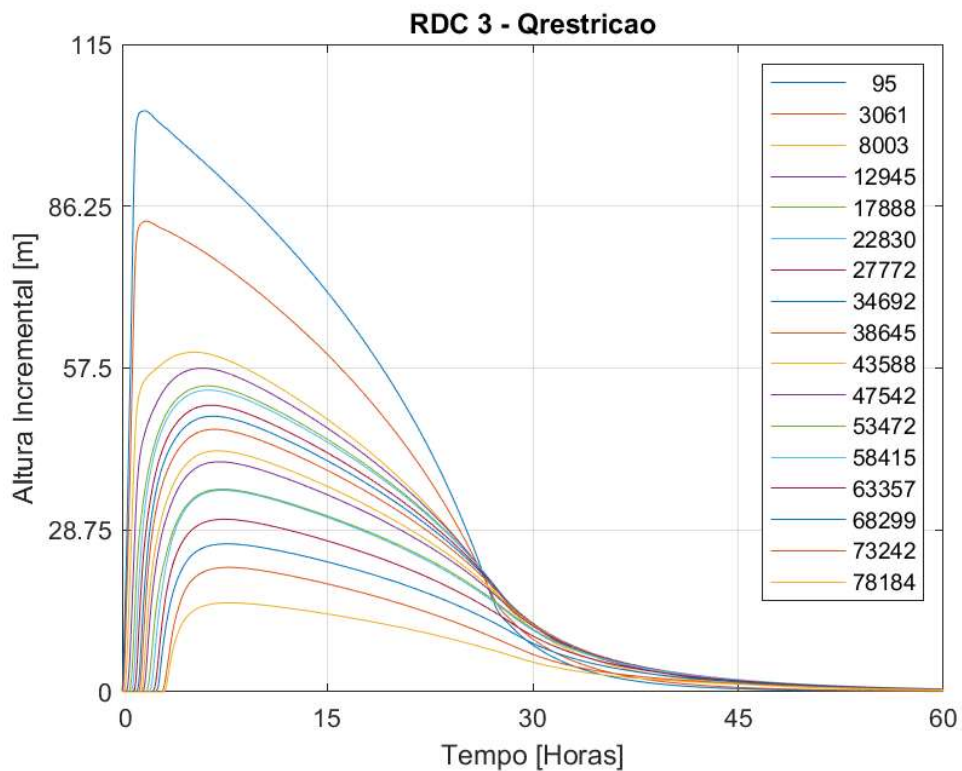
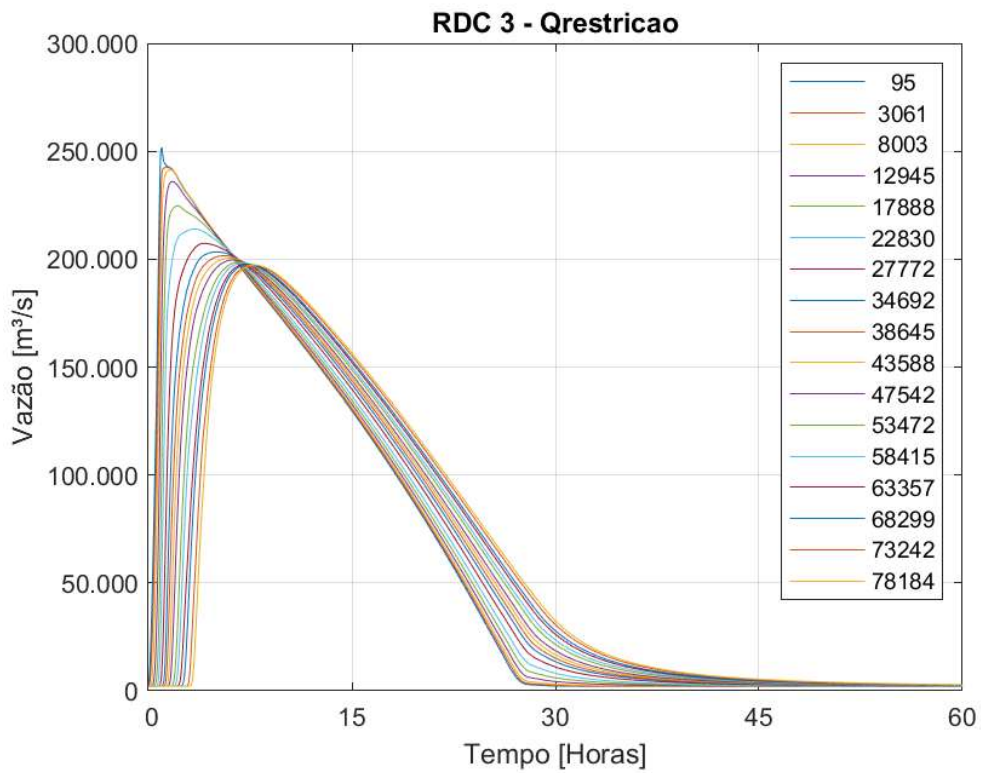




- Cenário RDC 3: Rompimento por piping do trecho central do barramento, vertendo a vazão de restrição (2000 m<sup>3</sup>/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Nova Ponte para o modo RDC 3 ( $Q_{\text{restrição}}$ , reservatório com N.A. El. 815,10 [m-IBGE]), onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura incremental da onda de ruptura para cada seção de interesse.

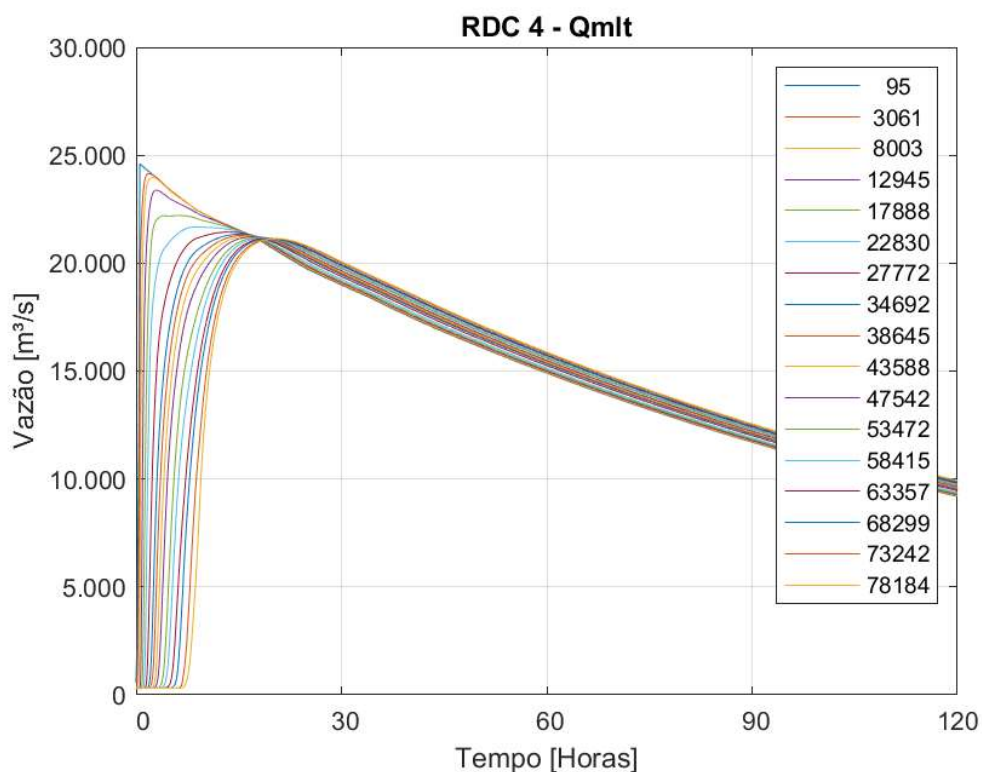
A altura incremental da onda de cheia chega a cerca de 104 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 80% da energia liberada. Na seção da UHE Miranda é esperada que a onda atinja a El. 713,40 [m-IBGE], galgando em 14,40 m a estrutura do barramento.

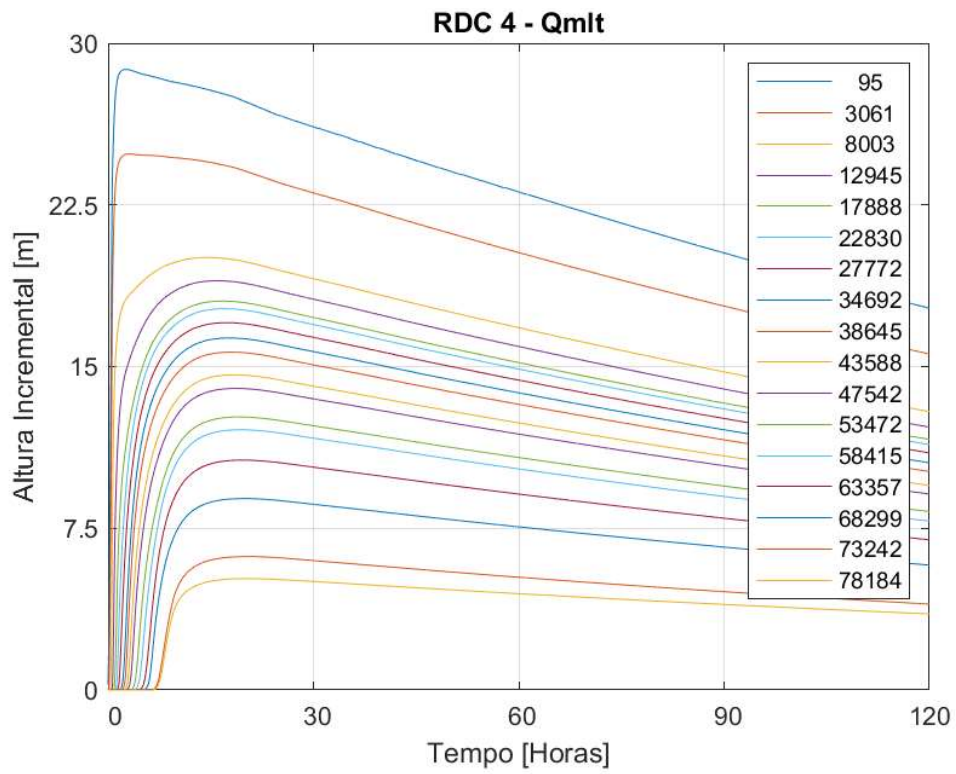


- Cenário RDC 4: Rompimento por piping do trecho lateral do barramento em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (293 m<sup>3</sup>/s)

As figuras seguintes ilustram o comportamento das ondas de ruptura ao longo do vale a jusante da UHE Nova Ponte para o modo RDC 4 (*Sunny Day* – ruptura da seção próxima ao vertedouro) onde são apresentados um hidrograma e uma curva da altura da onda de ruptura para cada seção de interesse. Neste caso, a ruptura ocorre por *piping*, iniciado na interface muro/enrocamento na margem esquerda do vertedouro, em Condição de Carregamento Normal (CCN), durante a passagem da Q<sub>MLT</sub> (*Sunny Day*), com o reservatório na El. 815,0 [m-IBGE].

A altura incremental da onda de cheia, em relação à vazão média de longo termo, chega a cerca de 29 m nas seções mais próximas ao barramento. Ao longo do trecho simulado ocorre um abatimento de cerca de 80% da energia liberada. Na seção da UHE Miranda é esperada que a onda atinja a El. 701,60 [m-IBGE], galgando em 2,60 m a estrutura do barramento.





#### D. Quantificação de atingidos e pontos de inundação

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

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

Cenário de Ruptura	Número Aprox. de atingidos (Economias)		
	Dentro da ZAS	Fora da ZAS	Total
RDC 1	66	2375	2441
RDC 2	66	2352	2418
RDC 3	66	2359	2425
RDC 4	33	876	909

Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Economias)							
	RDC 1		RDC 2		RDC 3		RDC 4	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
314500005000020	17	0	17	0	17	0	2	0
314500005000016	49	8	49	8	49	8	31	8
313070505000005	0	83	0	82	0	82	0	25
317010705000039	0	175	0	174	0	174	0	64
317020625000002	0	940	0	931	0	934	0	393
313070505000004	0	203	0	203	0	203	0	121
313070505000006	0	88	0	87	0	87	0	47
313070505000007	0	42	0	42	0	42	0	9
3170206050000574	0	695	0	686	0	690	0	172
313070505000008	0	141	0	139	0	139	0	37
<b>Total</b>	<b>66</b>	<b>2375</b>	<b>66</b>	<b>2352</b>	<b>66</b>	<b>2359</b>	<b>33</b>	<b>876</b>



Setor Censitário	Número Aprox. de atingidos (Habitantes)							
	RDC 1		RDC 2		RDC 3		RDC 4	
	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS	Na ZAS	Fora da ZAS
314500005000020	56	0	56	0	56	0	7	0
314500005000016	144	24	144	24	144	24	91	24
313070505000005	0	276	0	273	0	273	0	83
317010705000039	0	548	0	545	0	545	0	201
317020625000002	0	3610	0	3576	0	3587	0	1510
313070505000004	0	684	0	684	0	684	0	408
313070505000006	0	307	0	303	0	303	0	164
313070505000007	0	134	0	134	0	134	0	29
317020605000574	0	1824	0	1800	0	1810	0	452
313070505000008	0	439	0	433	0	433	0	116
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>7846</b>	<b>200</b>	<b>7772</b>	<b>200</b>	<b>7793</b>	<b>98</b>	<b>2987</b>

Tempos de recorrência	Número Aprox. de atingidos (Economias)		
	Dentro da ZAS	Fora da ZAS	Total
TR 10.000 anos	25	358	383
TR 100 anos	24	261	285
TR 50 anos	24	252	276
TR 10 anos	23	201	224
TR 2 anos	21	156	177

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

### E. Tempos de chegada e pico de onda

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

- Resultados RDC 1:

SC	d*[m]	Z <sub>p</sub> *	Z <sub>ref</sub> *	Z <sub>Qmit</sub> *	H [m]*	H <sub>incr</sub> [m]*	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]*	T <sub>p</sub> *	T <sub>inun</sub> *	T <sub>ch</sub> *	V [km/h]*
78405	95	811,3	713,0	701,0	110,3	98,257	254,767	1H26M	36H43M	0H2M	-
75440	3061	790,3	711,0	700,4	89,9	79,265	245,527	1H46M	38H32M	0H6M	8,90
70497	8003	765,1	708,2	699,4	65,7	56,926	243,414	5H14M	42H5M	0H14M	2,08
65555	12945	761,5	707,2	699,0	62,6	54,299	237,779	5H49M	43H29M	0H24M	2,93
60613	17888	758,0	706,7	698,8	59,2	51,296	226,555	6H10M	44H10M	0H35M	3,76
55670	22830	757,1	706,4	698,7	58,3	50,620	216,458	6H15M	44H22M	0H44M	4,72
50728	27772	754,1	706,1	698,6	55,5	48,020	210,196	6H26M	44H33M	0H54M	5,54
43809	34692	751,8	705,6	698,5	53,3	46,194	206,471	6H35M	44H50M	1H6M	6,72
39855	38645	749,2	705,2	698,4	50,8	43,980	204,800	6H42M	45H2M	1H13M	7,32
34912	43588	745,0	704,6	698,2	46,7	40,324	203,766	6H56M	45H17M	1H23M	7,91
30958	47542	742,7	704,2	698,1	44,6	38,465	202,941	7H3M	45H25M	1H32M	8,45
25028	53472	737,3	703,5	697,9	39,4	33,796	201,972	7H16M	45H32M	1H47M	9,15
20085	58415	736,7	703,0	697,8	39,0	33,732	201,522	7H18M	45H32M	1H59M	9,94
15143	63357	731,0	702,2	697,5	33,5	28,797	201,115	7H25M	45H11M	2H15M	10,57
10201	68299	725,8	701,1	697,2	28,6	24,736	200,964	7H35M	44H36M	2H27M	11,09
5258	73242	720,0	699,1	696,5	23,6	20,958	200,739	7H44M	43H20M	2H53M	11,61
316	78184	713,6	698,9	696,4	17,1	14,720	200,680	7H45M	42H16M	3H2M	12,36

\*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z<sub>p</sub> é a cota de pico [m-IBGE]; Z<sub>ref</sub> é a cota de pico para o evento natural decamilenar [m-IBGE]; Z<sub>Qmit</sub> é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q<sub>MLT</sub> [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q<sub>MLT</sub> [m]; H<sub>incr</sub> é a altura incremental do pico em relação ao evento decamilenar [m]; Q<sub>p</sub> é a vazão de pico [m<sup>3</sup>/s]; T<sub>p</sub> é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T<sub>inun</sub> é o tempo de submersão da seção (para H<sub>incr</sub> > 1,00) [DD:HH:MM]; T<sub>ch</sub> 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 <sub>p</sub> *	Z <sub>Qmlt</sub> *	H [m]*	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]*	T <sub>p</sub> *	T <sub>inun</sub> *	T <sub>ch</sub> *	V [km/h]*
<b>78405</b>	95	810,8	701,0	109,8	252,406	1H40M	59H51M	0H1M	-
<b>75440</b>	3061	789,9	700,4	89,5	243,237	1H47M	63H55M	0H6M	25,42
<b>70497</b>	8003	764,4	699,4	65,0	241,575	5H21M	74H18M	0H17M	2,15
<b>65555</b>	12945	760,8	699,0	61,9	236,743	5H56M	80H20M	0H29M	3,01
<b>60613</b>	17888	757,3	698,8	58,5	225,042	6H19M	82H25M	0H42M	3,83
<b>55670</b>	22830	756,4	698,7	57,7	213,859	6H23M	83H12M	0H53M	4,82
<b>50728</b>	27772	753,5	698,6	54,9	207,133	6H35M	83H37M	1H5M	5,63
<b>43809</b>	34692	751,2	698,5	52,7	202,867	6H44M	84H21M	1H20M	6,83
<b>39855</b>	38645	748,6	698,4	50,3	200,970	6H52M	84H39M	1H29M	7,41
<b>34912</b>	43588	744,4	698,2	46,2	199,810	7H5M	84H51M	1H40M	8,03
<b>30958</b>	47542	742,2	698,1	44,1	198,899	7H13M	84H58M	1H50M	8,55
<b>25028</b>	53472	736,9	697,9	38,9	197,868	7H26M	84H37M	2H8M	9,26
<b>20085</b>	58415	736,3	697,8	38,6	197,388	7H28M	84H0M	2H23M	10,06
<b>15143</b>	63357	730,7	697,5	33,1	196,985	7H35M	82H6M	2H39M	10,69
<b>10201</b>	68299	725,5	697,2	28,3	196,821	7H45M	77H35M	2H56M	11,21
<b>5258</b>	73242	719,8	696,5	23,3	196,579	7H53M	64H53M	3H19M	11,77
<b>316</b>	78184	713,4	696,4	16,9	196,516	7H55M	63H33M	3H30M	12,49

\*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z<sub>p</sub> é a cota de pico [m-IBGE]; Z<sub>Qmlt</sub> é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q<sub>MLT</sub> [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q<sub>MLT</sub> [m]; Q<sub>p</sub> é a vazão de pico [m<sup>3</sup>/s]; T<sub>p</sub> é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T<sub>inun</sub> é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [DD:HH:MM]; T<sub>ch</sub> 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 <sub>p</sub> *	Z <sub>ref</sub> *	Z <sub>Qmit</sub> *	H [m]*	H <sub>incr</sub> [m]*	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]*	T <sub>p</sub> *	T <sub>inun</sub> *	T <sub>ch</sub> *	V [km/h]*
78405	95	810,9	707,5	701,0	109,9	103,35	252,521	1H40M	44H29M	0H11M	-
75440	3061	789,9	706,2	700,4	89,5	83,73	243,478	1H47M	47H2M	0H6M	25,42
70497	8003	764,6	704,2	699,4	65,2	60,42	241,739	5H17M	52H23M	0H13M	2,19
65555	12945	761,1	703,5	699,0	62,1	57,59	236,504	5H50M	54H42M	0H24M	3,08
60613	17888	757,5	703,1	698,8	58,7	54,43	225,201	6H14M	55H39M	0H35M	3,90
55670	22830	756,6	702,9	698,7	57,9	53,69	214,503	6H18M	55H57M	0H45M	4,91
50728	27772	753,7	702,7	698,6	55,1	50,99	207,898	6H29M	56H6M	0H56M	5,75
43809	34692	751,4	702,4	698,5	52,9	49,04	203,969	6H38M	56H23M	1H10M	6,97
39855	38645	748,8	702,1	698,4	50,4	46,71	202,198	6H45M	56H31M	1H17M	7,58
34912	43588	744,6	701,7	698,2	46,4	42,89	201,108	7H0M	56H38M	1H28M	8,15
30958	47542	742,4	701,5	698,1	44,3	40,92	200,238	7H6M	56H40M	1H37M	8,73
25028	53472	737,0	700,9	697,9	39,1	36,05	199,234	7H20M	56H31M	1H52M	9,42
20085	58415	736,5	700,6	697,8	38,7	35,85	198,784	7H22M	56H18M	2H6M	10,23
15143	63357	730,8	700,1	697,5	33,2	30,70	198,359	7H30M	55H26M	2H22M	10,84
10201	68299	725,6	699,3	697,2	28,4	26,33	198,204	7H39M	53H54M	2H36M	11,40
5258	73242	719,9	697,7	696,5	23,4	22,15	197,971	7H47M	51H46M	3H2M	11,96
316	78184	713,4	697,6	696,4	17,0	15,84	197,912	7H50M	50H43M	3H12M	12,66

\*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z<sub>p</sub> é a cota de pico [m-IBGE]; Z<sub>ref</sub> é a cota de pico para o evento vazão de restrição [m-IBGE]; Z<sub>Qmit</sub> é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q<sub>MLT</sub> [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q<sub>MLT</sub> [m]; H<sub>incr</sub> é a altura incremental do pico em relação ao evento vazão de restrição [m]; Q<sub>p</sub> é a vazão de pico [m<sup>3</sup>/s]; T<sub>p</sub> é o tempo de pico da onda induzida [HH:MM]; T<sub>inun</sub> é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [HH:MM]; T<sub>ch</sub> é o tempo de chegada do início da onda na seção de controle, V é a velocidade média do pico da onda entre a seção do barramento e a seção de controle [km/hr], \*\*NDA – Não atinge a condição de inundação incremental.

• Resultados RDC 4:

SC	d*[m]	Z <sub>p</sub> *	Z <sub>Qmlt</sub> *	H [m]*	Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]*	T <sub>p</sub> *	T <sub>inun</sub> *	T <sub>ch</sub> *	V [km/h]*
78405	95	729,8	701,0	28,8	24,595	2H36M	269H24M	0H2M	-
75440	3061	725,3	700,4	24,9	24,152	3H7M	269H17M	0H9M	5,74
70497	8003	719,5	699,4	20,1	23,968	14H26M	269H2M	0H24M	0,67
65555	12945	717,9	699,0	19,0	23,387	15H53M	268H45M	0H41M	0,97
60613	17888	716,8	698,8	18,0	22,210	16H39M	268H25M	1H1M	1,27
55670	22830	716,4	698,7	17,7	21,682	16H54M	268H6M	1H20M	1,59
50728	27772	715,7	698,6	17,0	21,441	17H16M	267H46M	1H40M	1,89
43809	34692	714,8	698,5	16,3	21,336	17H38M	267H13M	2H13M	2,30
39855	38645	714,1	698,4	15,7	21,291	17H57M	266H54M	2H32M	2,51
34912	43588	712,8	698,2	14,6	21,254	18H25M	266H29M	2H57M	2,75
30958	47542	712,1	698,1	14,0	21,220	18H46M	266H6M	3H20M	2,93
25028	53472	710,6	697,9	12,7	21,182	19H6M	265H23M	4H3M	3,23
20085	58415	709,8	697,8	12,1	21,165	19H25M	264H47M	4H39M	3,47
15143	63357	708,2	697,5	10,7	21,152	19H35M	264H1M	5H25M	3,72
10201	68299	706,1	697,2	8,9	21,147	19H50M	263H20M	6H6M	3,96
5258	73242	702,6	696,5	6,2	21,140	20H22M	261H58M	7H28M	4,12
316	78184	701,6	696,4	5,2	21,138	20H23M	261H45M	7H41M	4,39

\*d é a distância entre a seção de controle e o eixo do barramento [m]; Z<sub>p</sub> é a cota de pico [m-IBGE]; Z<sub>Qmlt</sub> é a cota para a condição de escoamento da vazão de referência Q<sub>MLT</sub> [m-IBGE]; H é a altura do pico da onda induzida em relação à condição de vazão Q<sub>MLT</sub> [m]; Q<sub>p</sub> é a vazão de pico [m<sup>3</sup>/s]; T<sub>p</sub> é o tempo de pico da onda induzida [DD:HH:MM]; T<sub>inun</sub> é o tempo de submersão da seção (para H > 1,00) [DD:HH:MM]; T<sub>ch</sub> 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]						Qmit	Qrestrição
		TR 2	TR 10	TR 50	TR 100	TR 10.000			
<b>78405</b>	95	705,5	707,7	709,3	709,8	713,0	701,0	707,52	
<b>75440</b>	3061	704,4	706,3	707,8	708,2	711,0	700,4	706,22	
<b>70497</b>	8003	702,7	704,3	705,5	705,9	708,2	699,4	704,21	
<b>65555</b>	12945	702,0	703,5	704,6	705,0	707,2	699,0	703,47	
<b>60613</b>	17888	701,7	703,1	704,2	704,6	706,7	698,8	703,10	
<b>55670</b>	22830	701,6	703,0	704,0	704,4	706,4	698,7	702,93	
<b>50728</b>	27772	701,4	702,7	703,8	704,1	706,1	698,6	702,72	
<b>43809</b>	34692	701,1	702,4	703,4	703,7	705,6	698,5	702,38	
<b>39855</b>	38645	700,9	702,1	703,1	703,4	705,2	698,4	702,12	
<b>34912</b>	43588	700,6	701,7	702,6	702,9	704,6	698,2	701,72	
<b>30958</b>	47542	700,4	701,5	702,3	702,6	704,2	698,1	701,45	
<b>25028</b>	53472	699,9	701,0	701,7	702,0	703,5	697,9	700,94	
<b>20085</b>	58415	699,7	700,6	701,3	701,6	703,0	697,8	700,61	
<b>15143</b>	63357	699,2	700,1	700,7	700,9	702,2	697,5	700,08	
<b>10201</b>	68299	698,6	699,3	699,8	700,0	701,1	697,2	699,30	
<b>5258</b>	73242	697,2	697,7	698,1	698,2	699,1	696,5	697,70	
<b>316</b>	78184	697,2	697,6	698,0	698,1	698,9	696,4	697,61	

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

## F. Lista de mapas temáticos e manchas de inundação

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

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

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

Cenário	Número do Mapa
<b>RDC 1 – Rompimento por piping do trecho central do barramento, com vazão decamilenar (<math>4826 m^3/s</math>)</b>	PAE-NPO-MAP01-RDC01_revB
<b>RDC 2 – Rompimento por piping do trecho central do barramento em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (<math>293 m^3/s</math>)</b>	PAE-NPO-MAP02-RDC02_revB
<b>RDC 3 – Rompimento por piping do trecho central do barramento, vertendo a vazão de restrição (<math>2000 m^3/s</math>)</b>	PAE-NPO-MAP03-RDC03_revB
<b>RDC 4 – Rompimento por piping do trecho lateral do barramento em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (<math>293 m^3/s</math>)</b>	PAE-NPO-MAP04-RDC04_revB

É representado em carta de inundação, também, o perigo hidrodinâmico do cenário mais crítico. Este é o produto direto entre a velocidade e a profundidade do escoamento, sendo uma variável importante de tomada de decisão, a qual ilustra 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 <sup>2</sup> /s]	Consequências esperadas
<0,50	Crianças e deficientes são arrastados
0,50 – 1,00	Adultos são arrastados
1,00 – 3,00	Danos de submersão em edifícios e estruturais em casas
3,00 – 7,00	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
>7,00	Colapso de certos edifícios

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

Cenário – Perigo Hidrodinâmico	Número do Mapa
<b>RDC 1 – Rompimento por piping do trecho central do barramento, com vazão decamilenar (4826 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-NPO-MAP05-PER01_revB
<b>RDC 2 – Rompimento por piping do trecho central do barramento em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (293 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-NPO-MAP06-PER02_revB
<b>RDC 3 – Rompimento por piping do trecho central do barramento, vertendo a vazão de restrição (2000 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-NPO-MAP07-PER03_revB
<b>RDC 4 – Rompimento por piping do trecho lateral do barramento em dia seco, vertendo a vazão média de longo termo (293 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-NPO-MAP08-PER04_revB

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

Tempo de Recorrência	Número do Mapa
<b>TR 2 anos (1338 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-NPO-MAP09-TR2_revB
<b>TR 10 anos (2081 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-NPO-MAP10-TR10_revB
<b>TR 50 anos (2732 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-NPO-MAP11-TR50_revB
<b>TR 100 anos (3008 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-NPO-MAP12-TR100_revB
<b>TR 10.000 anos (4826 m<sup>3</sup>/s)</b>	PAE-NPO-MAP13-TR1000_revB



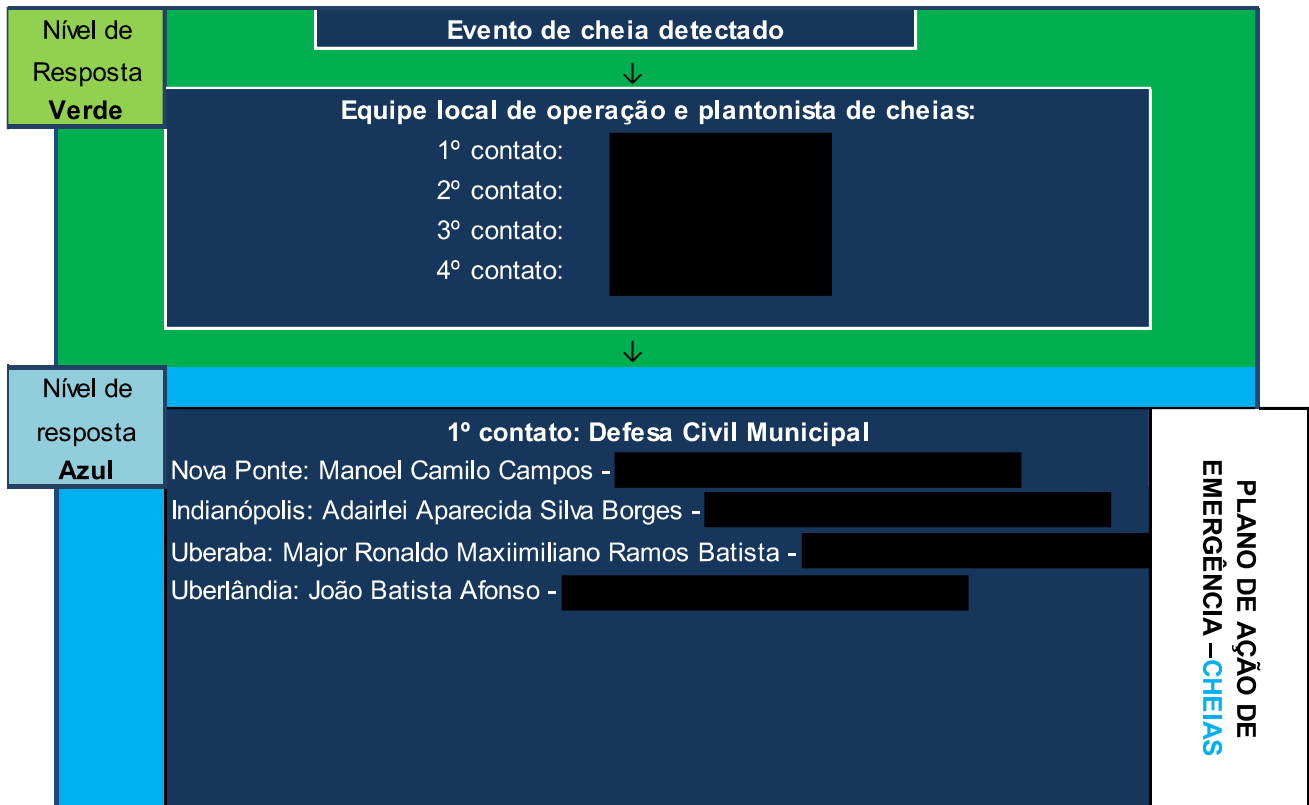
## IX. Apêndices Externos

**Documento nº PAE-NPO-DOC02\_Apêndices-G-H**



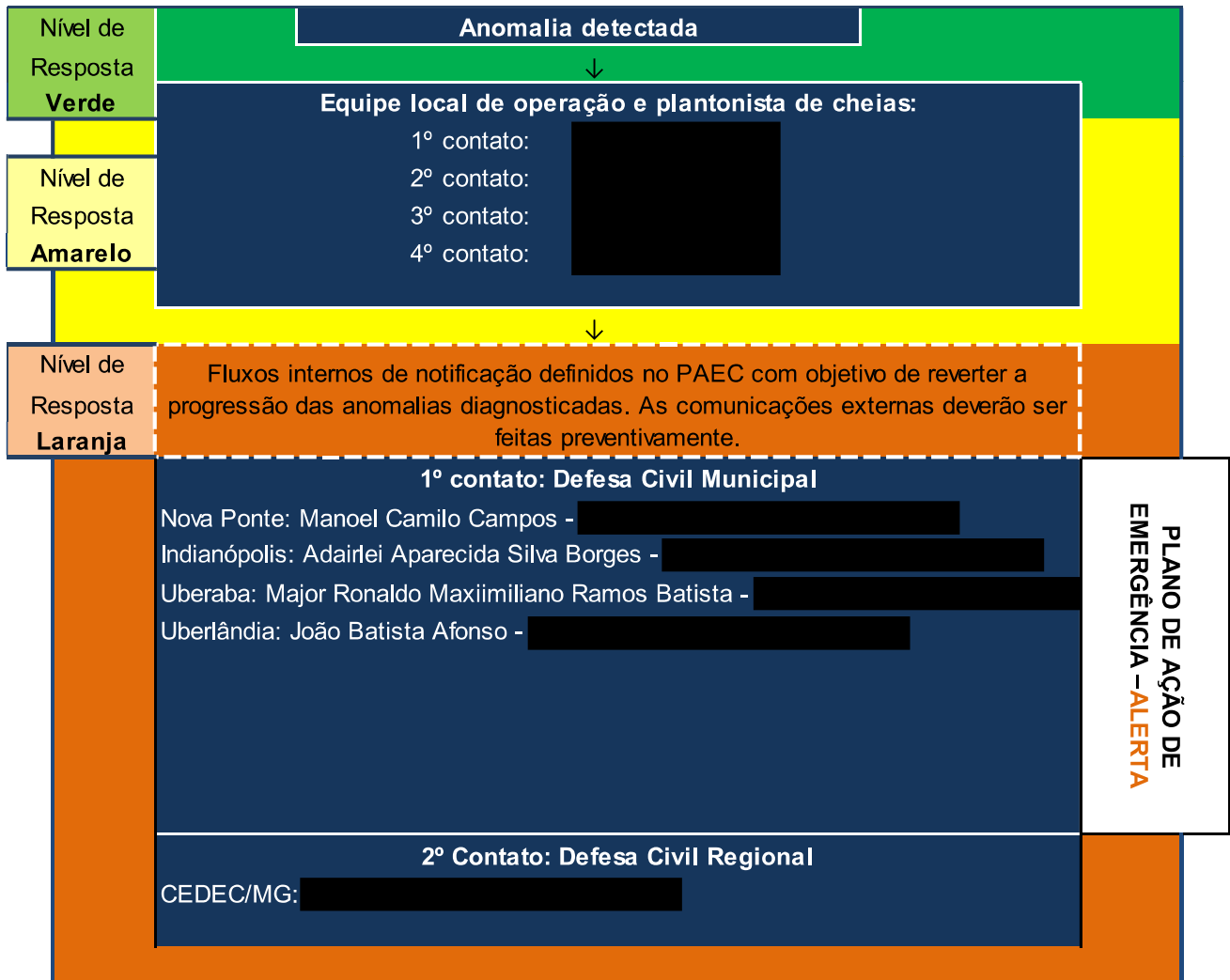
**H. Plano de chamadas para notificação deste PAE**

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



<sup>2</sup> 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: ALERTA<sup>3</sup>



<sup>3</sup> 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: EMERGÊNCIA<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> 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.

