

Reunião Pública sobre Enchentes no Rio São Francisco



Controle de Cheias – Metodologia e Resultados

Luiz Guilherme Ferreira Guilhon
ONS/DOP/PR/PRH

Gerência de Recursos Hídricos e Meteorologia

Pirapora - MG, 24/10/2018

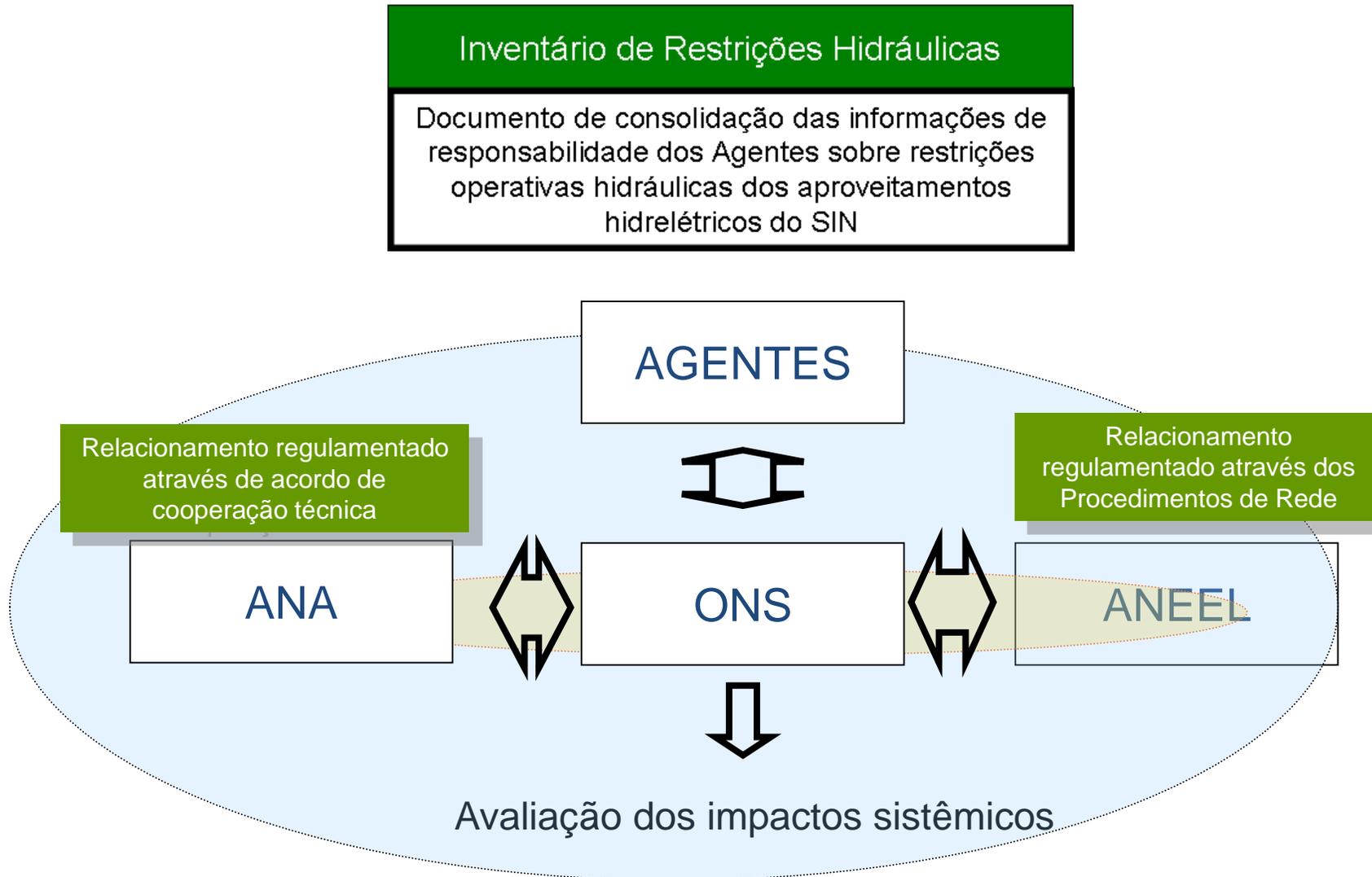
Sumário

- Contextualização
- Planejamento – Controle de cheias no SIN
- Resultados 2018-2019: Bacia do rio São Francisco



Contextualização

Gestão de Recursos Hídricos no âmbito do SIN



O uso concorrencial da água cria restrições operativas hidráulicas por aproveitamento

USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA



Essas Restrições atuam com diferentes intensidades em diferentes momentos (médio, curto e curtíssimo prazo)

As restrições são Estruturais ou Conjunturais

Sempre presentes (Sazonais ou Contínuas)

Situações específicas - temporárias

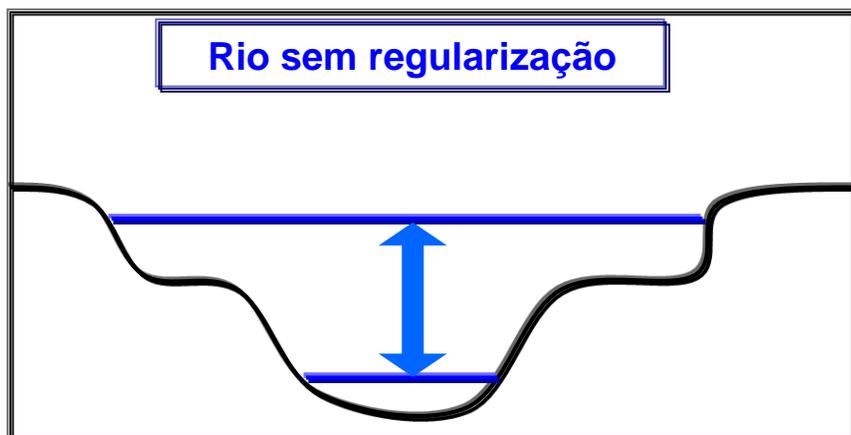
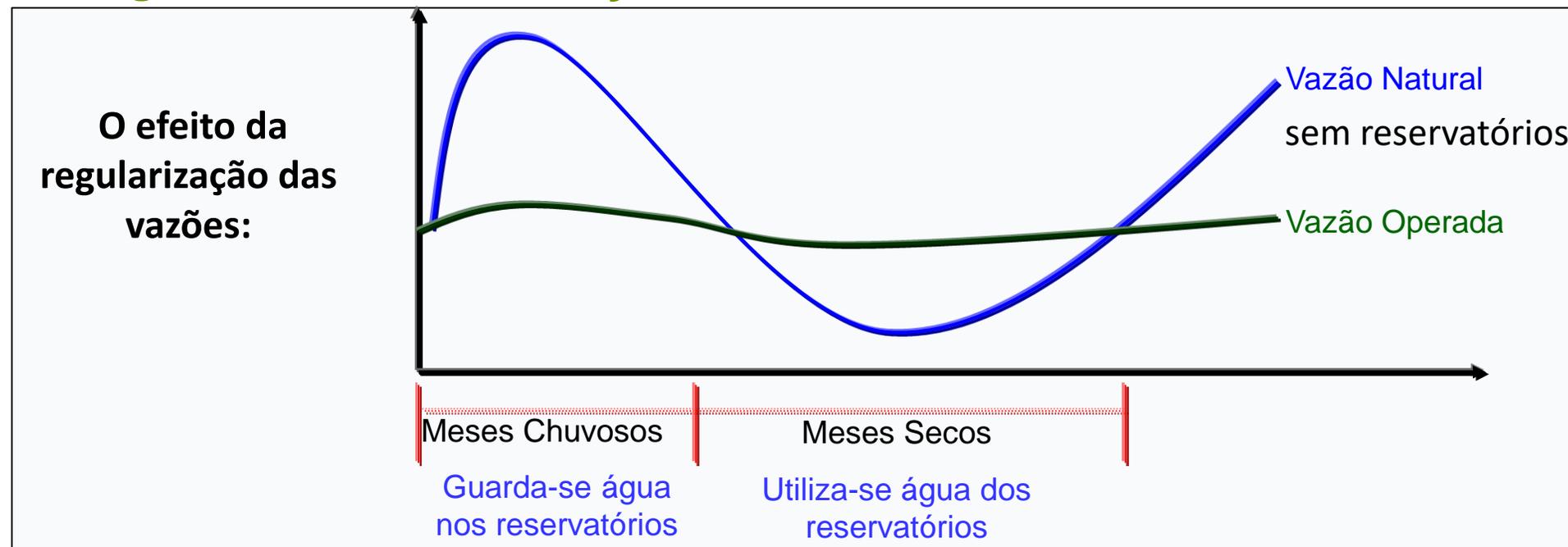
Regularização de Vazões

Conceituação

- É o amortecimento das variações do escoamento de um curso d'água resultante de um armazenamento natural num trecho de seu curso.
- É o efeito produzido pelos reservatórios no sentido de reter o excesso d'água dos períodos de grandes vazões para ser utilizado nas épocas de seca.
- Qualquer que seja o tamanho do reservatório ou a finalidade das águas acumuladas, uma de suas principais funções é a de fornecer uma vazão constante (ou não muito variável), tendo recebido do rio vazões muito variáveis no tempo, ou seja, sua função é a de regularização da vazão do curso d'água.

Regularização e Restrição de vazão

O surgimento de uma restrição de vazão máxima



Ocupação das margens

Controle de Cheias no SIN

O surgimento de uma restrição de vazão máxima

Calha natural de cheia do rio preservada



Montante de Barra Mansa

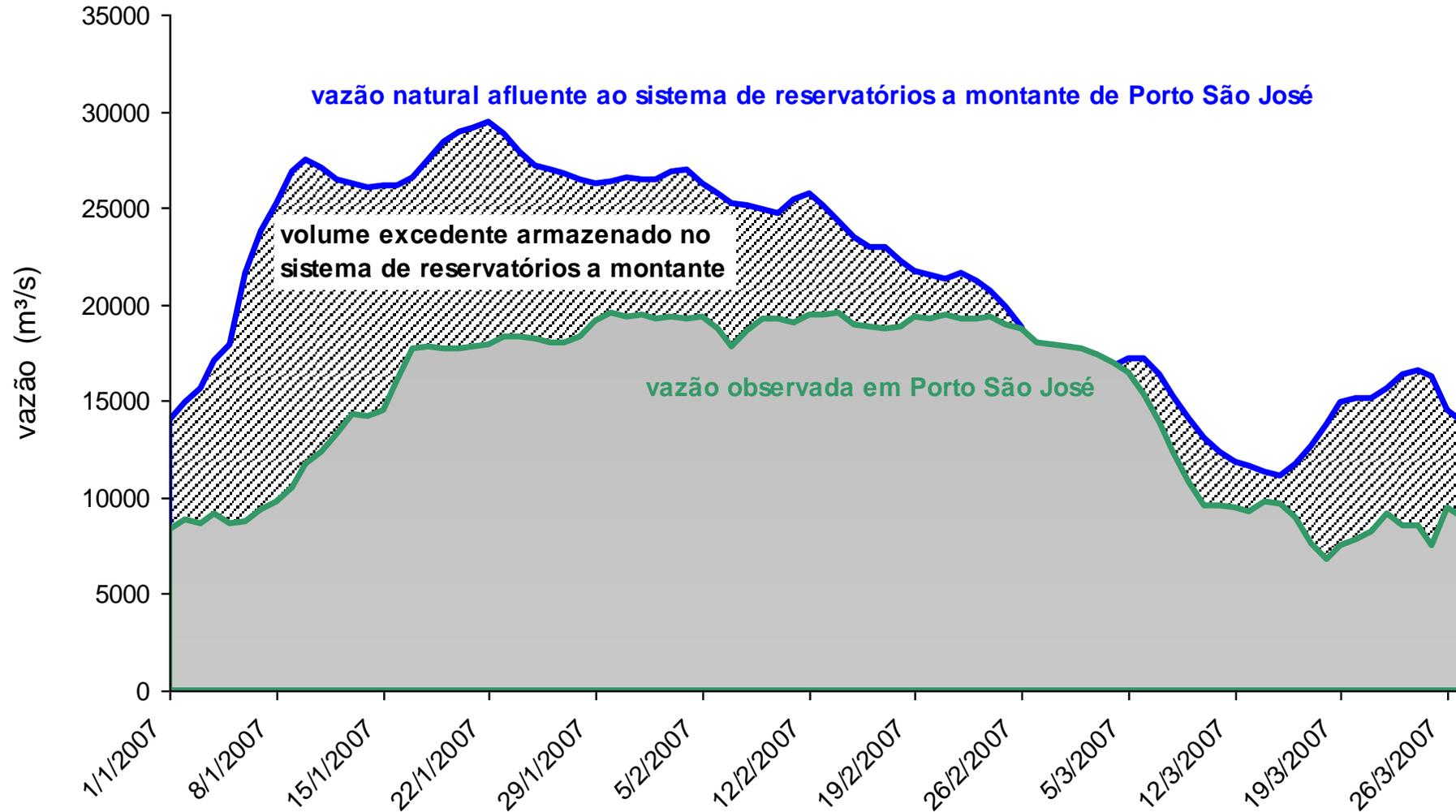
Calha natural de cheia do rio ocupada



Barra Mansa

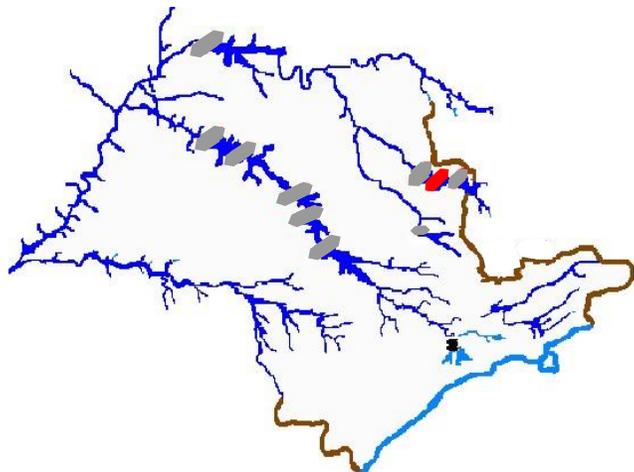
Regularização de Vazões

2006/2007 - 2ª Maior Cheia da Bacia do Rio Paraná



A História do Início do controle de cheias no Setor Elétrico Brasileiro

Bacia do Rio Pardo



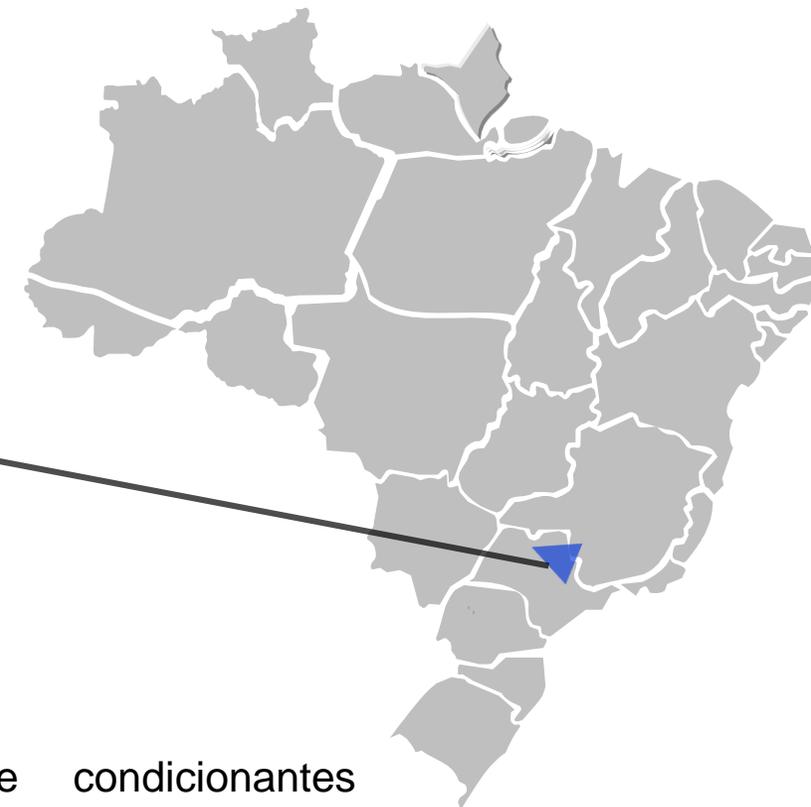
Bacia do Rio Pardo
São Paulo



UHE Euclides da Cunha



UHE Limoeiro



| | |
|---|------------|
| <input type="checkbox"/> Início obras civis | 1955 |
| <input type="checkbox"/> Entrada em operação | 24/11/1960 |
| <input type="checkbox"/> Rompimento da barragem | 20/01/1977 |
| <input type="checkbox"/> Reentrada em operação | 1979/1980 |

Lições aprendidas:

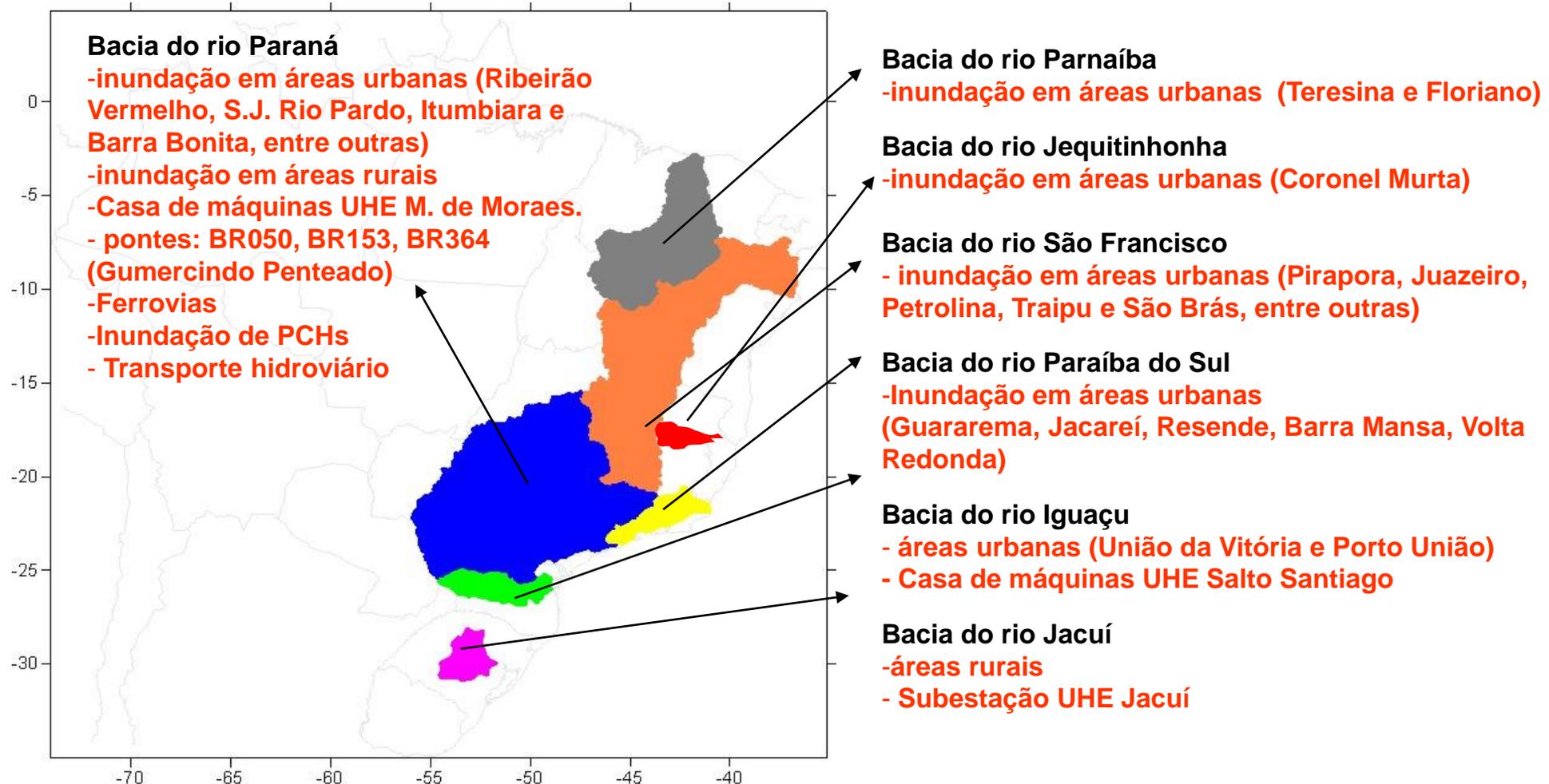
- Necessidade de estabelecimento de condicionantes operativas que garantam a segurança da própria barragem;
- Necessidade de desenvolvimento de metodologias para operação integrada de reservatórios de hidroelétricas;
- Aprimoramento no desenvolvimento e treinamento dos operadores de usinas hidroelétricas;

Comissão Interministerial de Estudos para controle de enchentes do Rio São Francisco

- Criada após a grande cheia do final da década de 70 em função dos danos causados;
- A comissão foi criada pelo decreto nº83.567 de 12 de junho de 1979. Formada por representantes das seguintes entidades: DNOS, SUDENE, CODEVASF, SEMA, DNAEE, CHESF, PORTOBRÁS, SUDEPE e por representante da secretaria de planejamento da presidência da república;
- Recomendou uma descarga de restrição máxima a jusante de Três Marias de 3500 m³/s e 8000 m³/s a jusante de Sobradinho;
- A fim de obter o controle de cheias é necessário uma dupla atuação convergente: de um lado é preciso **reter parte das águas nos reservatórios**, reduzindo a descarga de cheia a um valor razoável; de outro lado é preciso **preparar a calha do rio para escoar a descarga** liberada pelas barragens sem causar danos;
- Para aumentar as descargas sem danos deve-se: **efetuar obras de proteção local, relocações e proibições de benfeitorias e cultivos permanentes em áreas inundáveis**;

Controle de Cheias no SIN

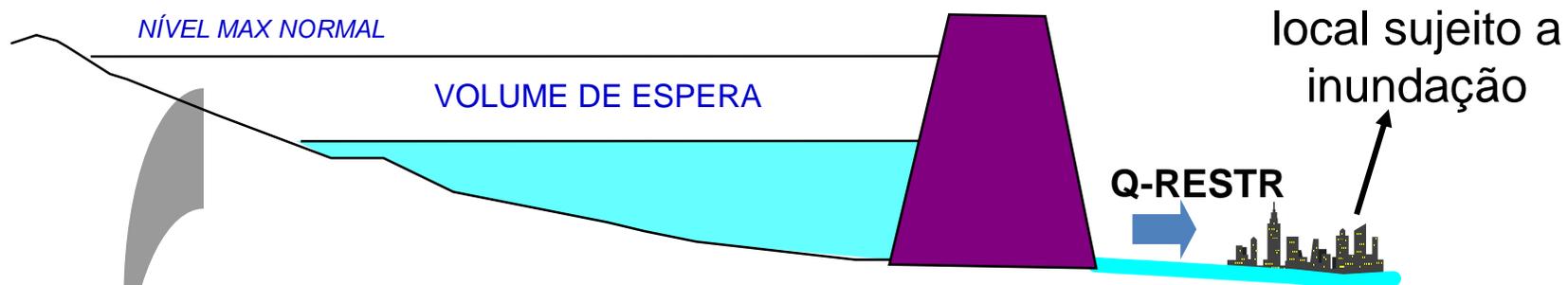
• Onde se aplica



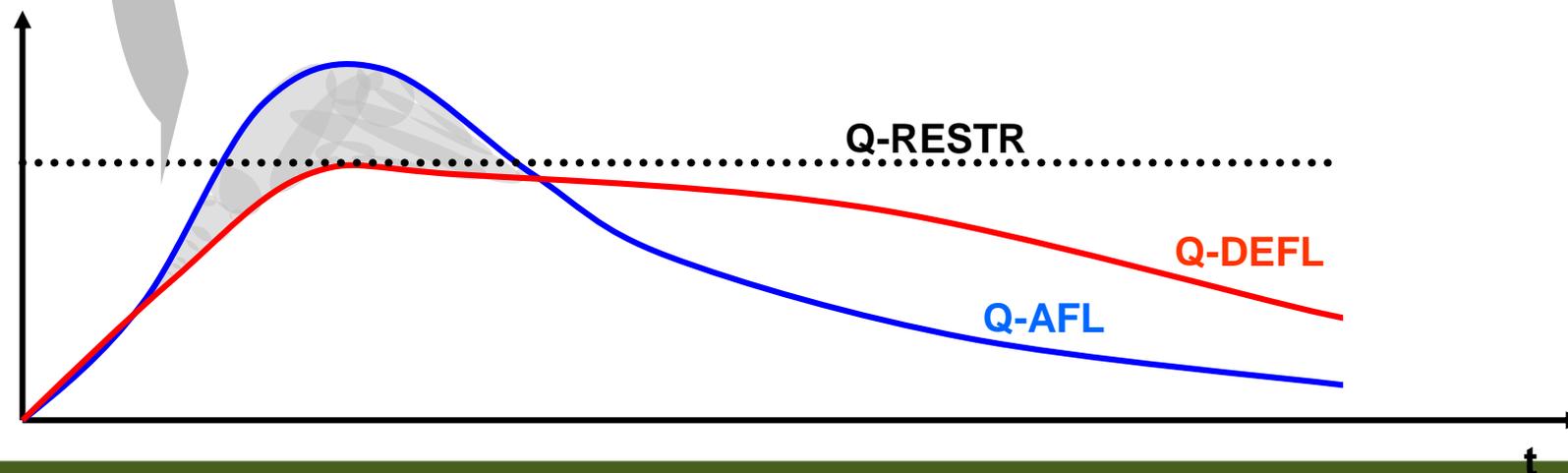
Controle de Cheias no SIN



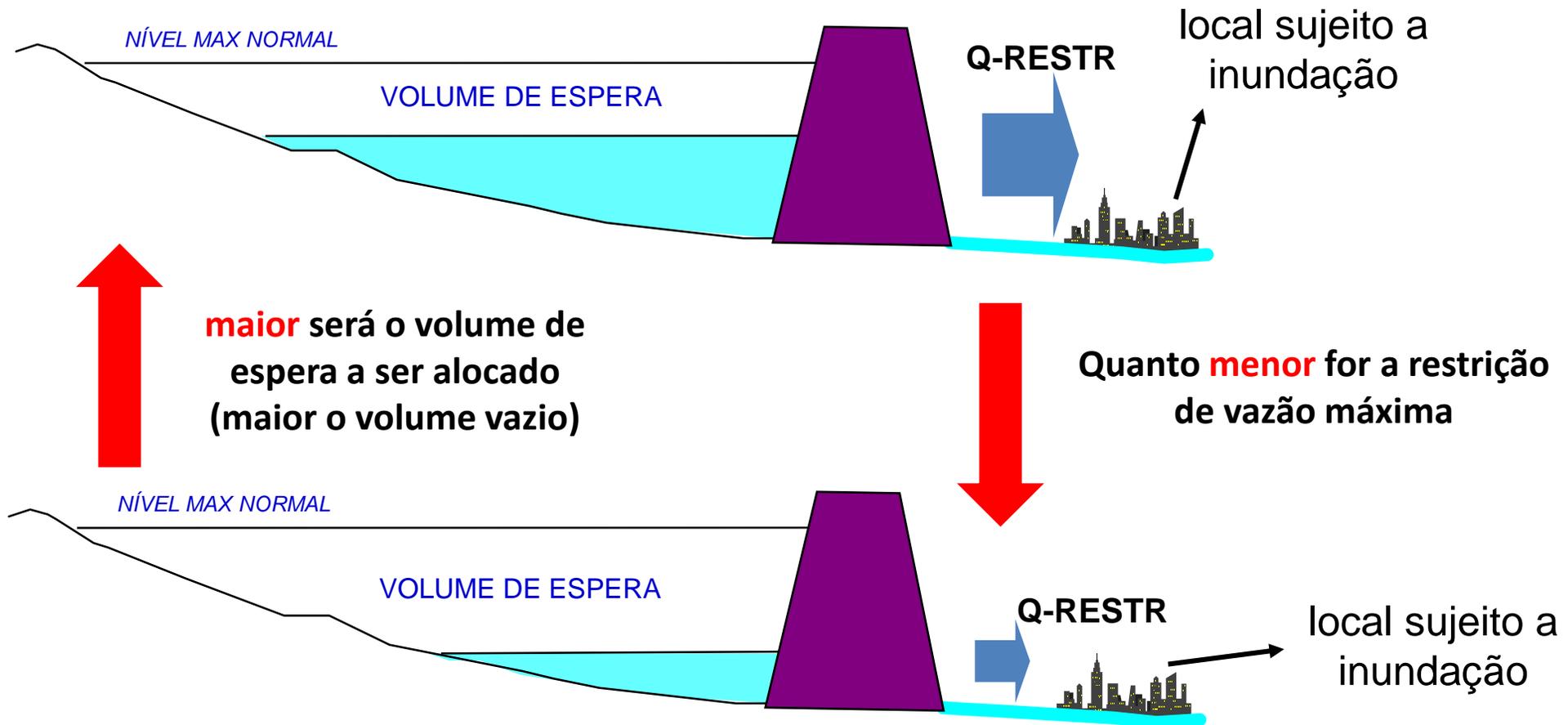
Controle de Cheias no SIN



Operação dos sistemas de reservatórios de forma a amortecer cheias e evitar danos por inundação em locais a jusante



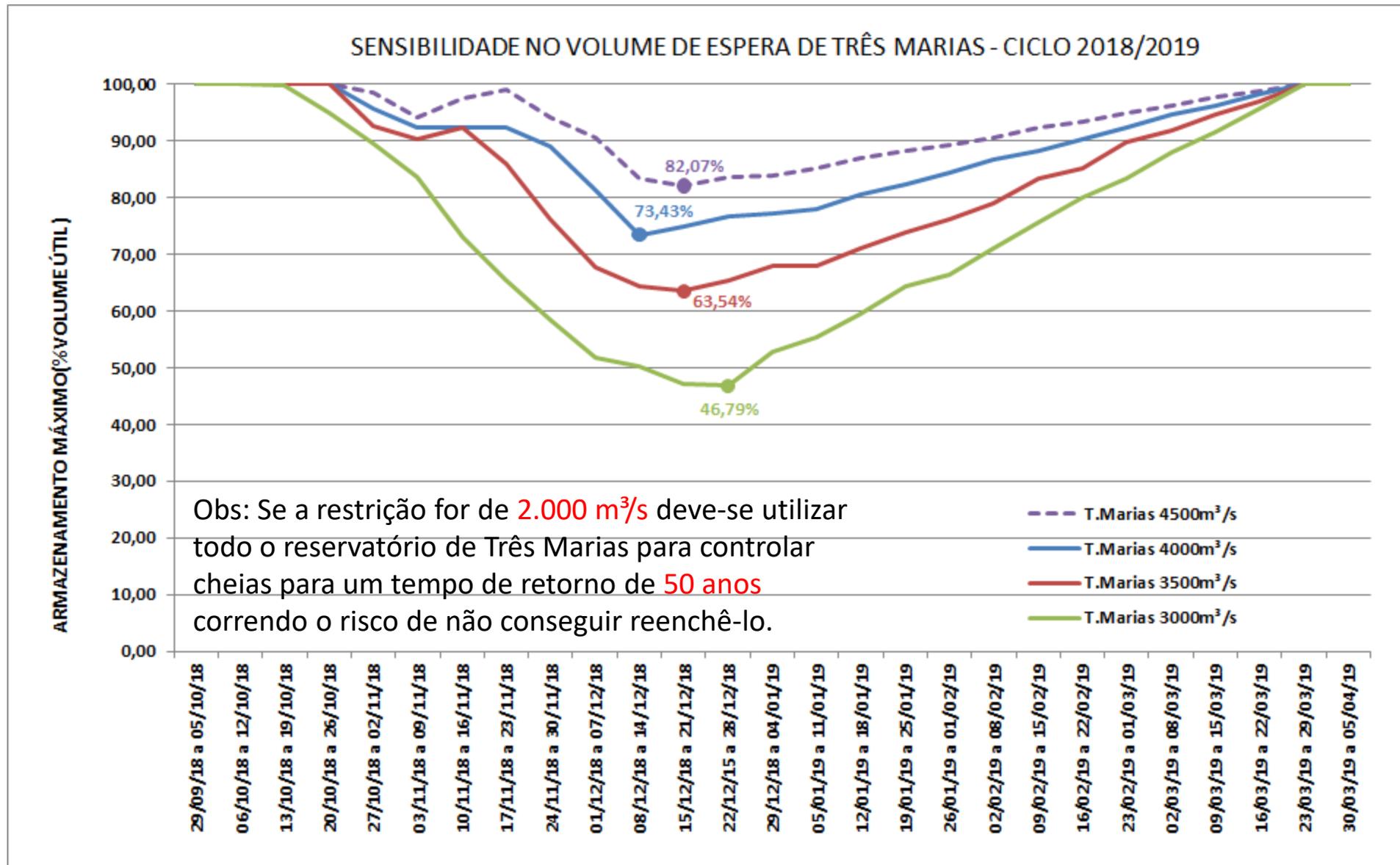
Controle de Cheias no SIN



Controle de Cheias no SIN

- A proteção desejada aos locais sujeitos a inundações implica no estabelecimento de **restrição de vazão máxima – Qrestr**
- As **restrições de vazão máxima** devem ser atendidas por um ou mais reservatórios situados a montante
- Para o amortecimento de vazões afluentes aos reservatórios superiores à **restrição de vazão máxima**, são determinados volumes vazios a serem alocados nos reservatórios (**volume de espera**)
- Quanto **menor** for a **restrição de vazão máxima**, **maior** será sua **probabilidade** de ocorrência e **maior** será o **volume de espera** a ser alocado;
- No decorrer das enchentes, procura-se liberar vazões que não ultrapassem a descarga de restrição, **retendo-se nos reservatórios a montante o excesso de água** que afluem de montante, utilizando-se para este fim **os volumes de espera**;
- Se ocorrer uma cheia maior do que a utilizada na determinação do volume de espera, muito provavelmente a descarga de restrição terá que ser violada (diminuímos esse risco ao entrar no período úmido com armazenamento abaixo do VE);

Controle de Cheias no SIN



Controle de Cheias no SIN

- Os **volumes de espera** são determinados para cheias de um tempo de recorrência pré-estabelecido

TEMPO DE RECORRÊNCIA DE UMA CHEIA – TR

É o inverso do risco de sua ocorrência

$$TR = 1 / RISCO \quad ; \quad RISCO = 1 / TR$$

Exemplo: Para uma cheia de TR = 20 anos, tem-se:

$$RISCO = 1 / 20 = 0,05 \quad (5\%)$$

Considerando um histórico de 60 anos de dados de vazões, este risco representa a cheia da ordem da 3ª maior cheia observada

- Nas bacias em que há influência de tendências climáticas, os **volumes de espera** são condicionados à ocorrência destes (bacias dos rios Paraná e Iguazu)

Etapas dos estudos

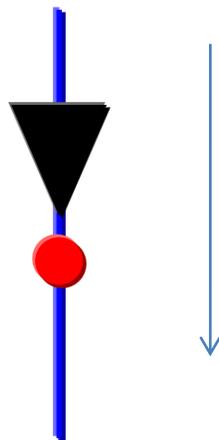
1. Configuração dos sistemas de reservatórios – (ONS + Agentes)
2. Identificação dos períodos de controle de cheias – (ONS + Agentes)
3. Séries históricas de vazões diárias – (ONS + Agentes)
4. Tendências macroclimáticas x Cenários hidrológicos – ENSOCLAS – (Cenário Macroclimático)
5. Geração de séries sintéticas DIANA – (Séries sintéticas)
6. Cálculo de volumes de espera CAEV – (Calculo dos volumes de espera)
7. Alocação espacial de volumes de espera VESPOT – (Distribuição especial dos volumes de espera)
8. Avaliação dos impactos energéticos

Prevenção de Cheias no SIN

Configurações para o controle de cheias

Sistemas Independentes

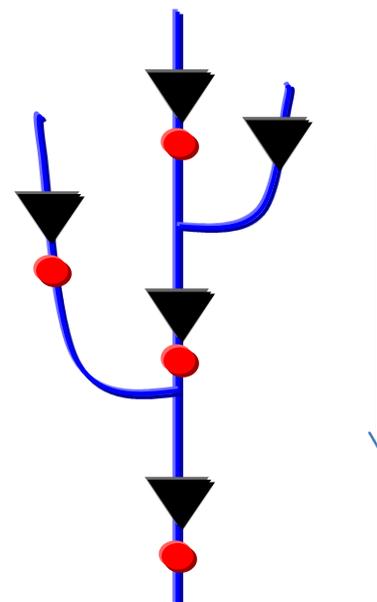
Formados por um único reservatório



▼ Reservatórios

Sistemas Interdependentes

Formados por dois ou mais reservatórios e operados por diferentes agentes



● Restrições de Vazão máxima

Prevenção de Cheias no SIN

Quem faz ? (responsabilidades)

- Definição das restrições e TR – **Agentes de Geração**
 - ✓ A atribuição dos agentes de geração no estabelecimento destas informações decorre de sua responsabilidade civil sobre eventuais danos decorrentes da operação dos aproveitamentos (**Ref. Código Civil e Leis de Crimes Ambientais**);
- Determinação dos volumes de espera e impactos energéticos – **ONS** e **Agentes de Geração**
- Avaliação dos estudos – **ANA** (conforme atribuições da Lei nº 9984)
 - “...definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios..., visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos...”*
 - “planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos das secas e inundações...”*

Controle de Cheias no SIN

Etapas

Planejamento

Elaboração do Plano Anual de Prevenção de Cheias - Setembro

- Estabelece as configurações dos sistemas de reservatórios para operação de controle de cheias;
- Estabelece os volumes de espera, para cada reservatório dos sistemas de reservatórios;
- Executa a avaliação dos impactos energéticos no SIN, decorrentes da aplicação das alternativas de volumes de espera

Programação

Elaboração das Diretrizes para as Regras de Operação de Controle de Cheias - Setembro

- Estabelece as regras para a operação de controle de cheias nas situações Normal e de Emergência;
- Estabelece as regras para as revisões dos volumes de espera;
- Contém as tabelas de alocação temporal dos volumes de espera estabelecidos no Plano Anual para o cenário hidrológico considerado;
- Contém as tabelas e diagramas das variáveis utilizadas no controle de cheias; e a sistemática de coleta e disponibilização de dados.
- Subsídia a elaboração da programação da operação hidráulica de controle de cheias

Controle de Cheias no SIN

Etapas

| | | |
|-------------|---|---|
| Programação | Programação Semanal e Diária da Operação Hidráulica no Período de Controle de Cheias | <ul style="list-style-type: none">• Aplicação das revisões dos volumes de espera;• Elaboração da programação da operação hidráulica de controle de cheias• Realização de teleconferências com os agentes envolvidos. |
| Operação | Elaboração das Instruções de Operação | <ul style="list-style-type: none">• Estabelece os procedimentos para as áreas de Tempo Real dos Centros de Operação do ONS e dos Agentes de Geração executarem a programação da operação hidráulica de controle de cheias - baseados nas diretrizes para as regras de operação de controle de cheias. |
| | Execução da Operação | <ul style="list-style-type: none">• Execução da operação em Tempo Real coordenada pelo CNOS com o subsídio das Instruções de Operação. |

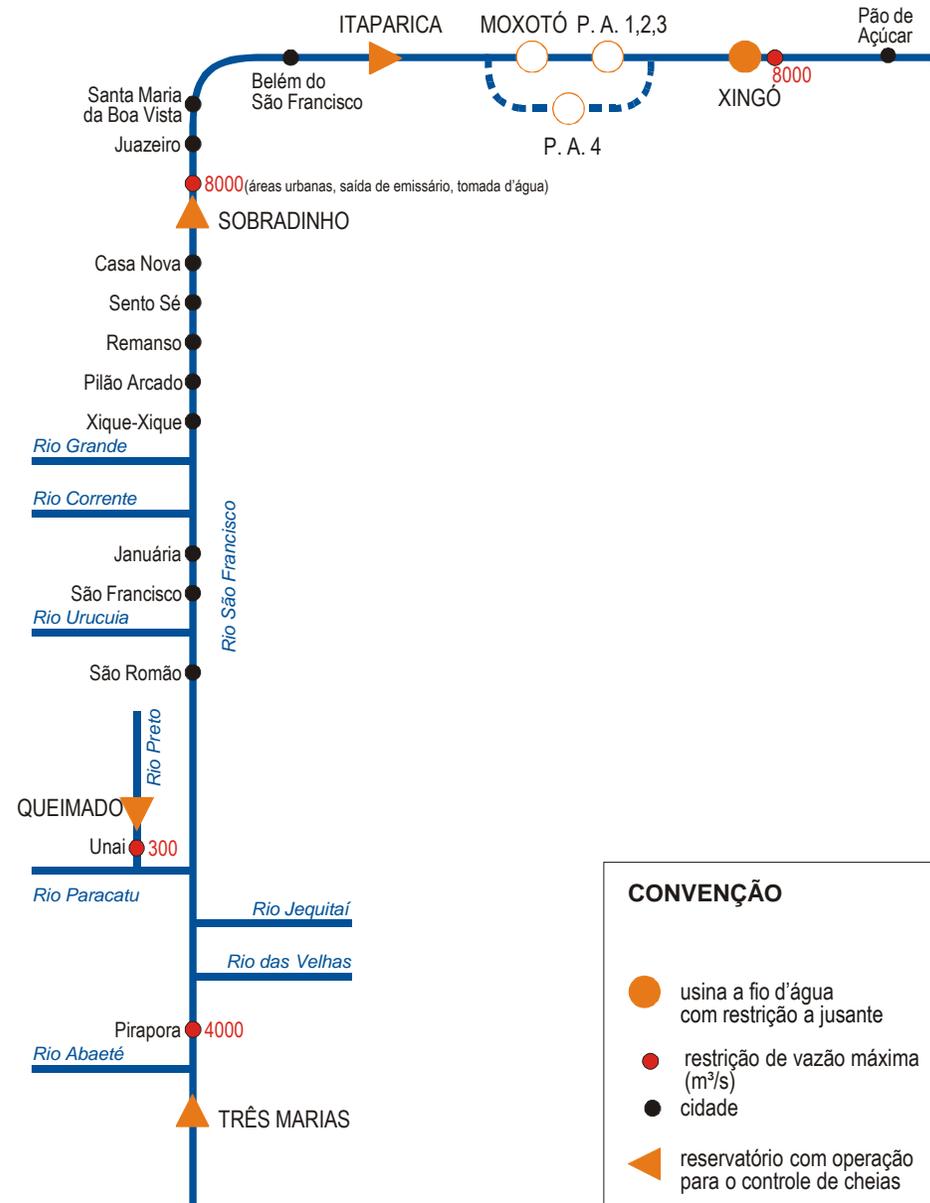
Controle de Cheias no SIN

| SITUAÇÃO DE OPERAÇÃO NO PERÍODO DE CONTROLE DE CHEIAS | |
|---|--|
| SITUAÇÃO DE OPERAÇÃO | DESCRIÇÃO |
| Normal | <ul style="list-style-type: none">• Não há caracterização de cheia, não há ocupação de volumes de espera e não há indicativo de violação de restrições hidráulicas de vazões máximas, consideradas ou não no PAPC. |
| Atenção | <ul style="list-style-type: none">• Há caracterização de cheia ou há ocupação de volumes de espera; e não há indicativo de violação de restrições hidráulicas de vazões máximas consideradas no PAPC; e• não há indicativo de violação de restrição hidráulica de vazões máximas não considerada no PAPC. |
| Alerta | <ul style="list-style-type: none">• Há caracterização de cheia, há ocupação de volumes de espera e há indicativo de violação das restrições hidráulicas de vazões máximas consideradas no PAPC; ou• há indicativo de violação de restrição hidráulica de vazões máximas não considerada no PAPC. |
| Emergência | <ul style="list-style-type: none">• Há caracterização de cheia, há ocupação de volumes de espera e há violação de restrições hidráulicas de vazões máximas consideradas no PAPC; ou• há violação de restrição hidráulica de vazões máximas não considerada no PAPC. |



Resultados 2018-2019: Bacia do rio São Francisco

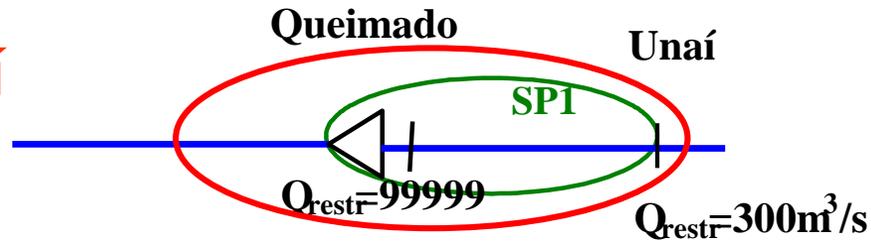
Bacia do rio São Francisco - Configuração dos sistemas de reservatórios



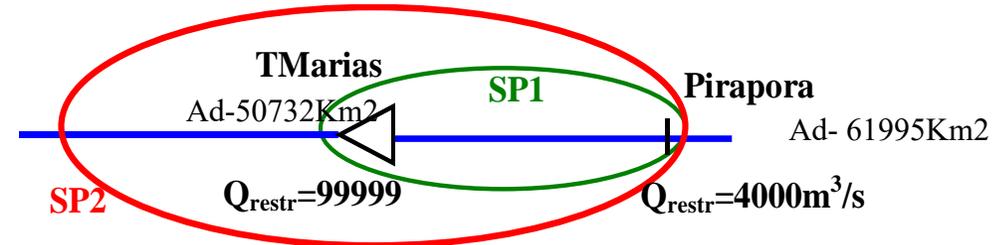
Bacia do rio São Francisco - Configuração dos sistemas de reservatórios

✓ Sistema Independente

1. Queimado / Unaí

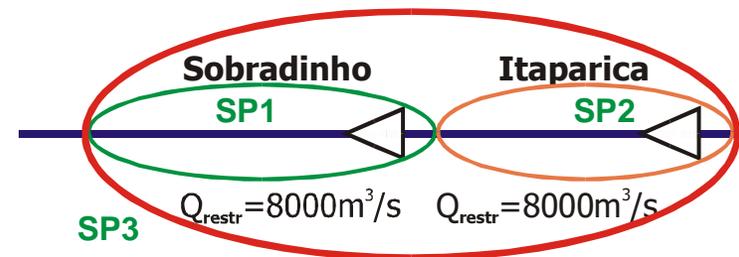


2. Três Marias / Pirapora



✓ Sistema Interdependente

1. Sobradinho / Itaparica



Bacia do rio São Francisco

✓ Séries históricas consideradas

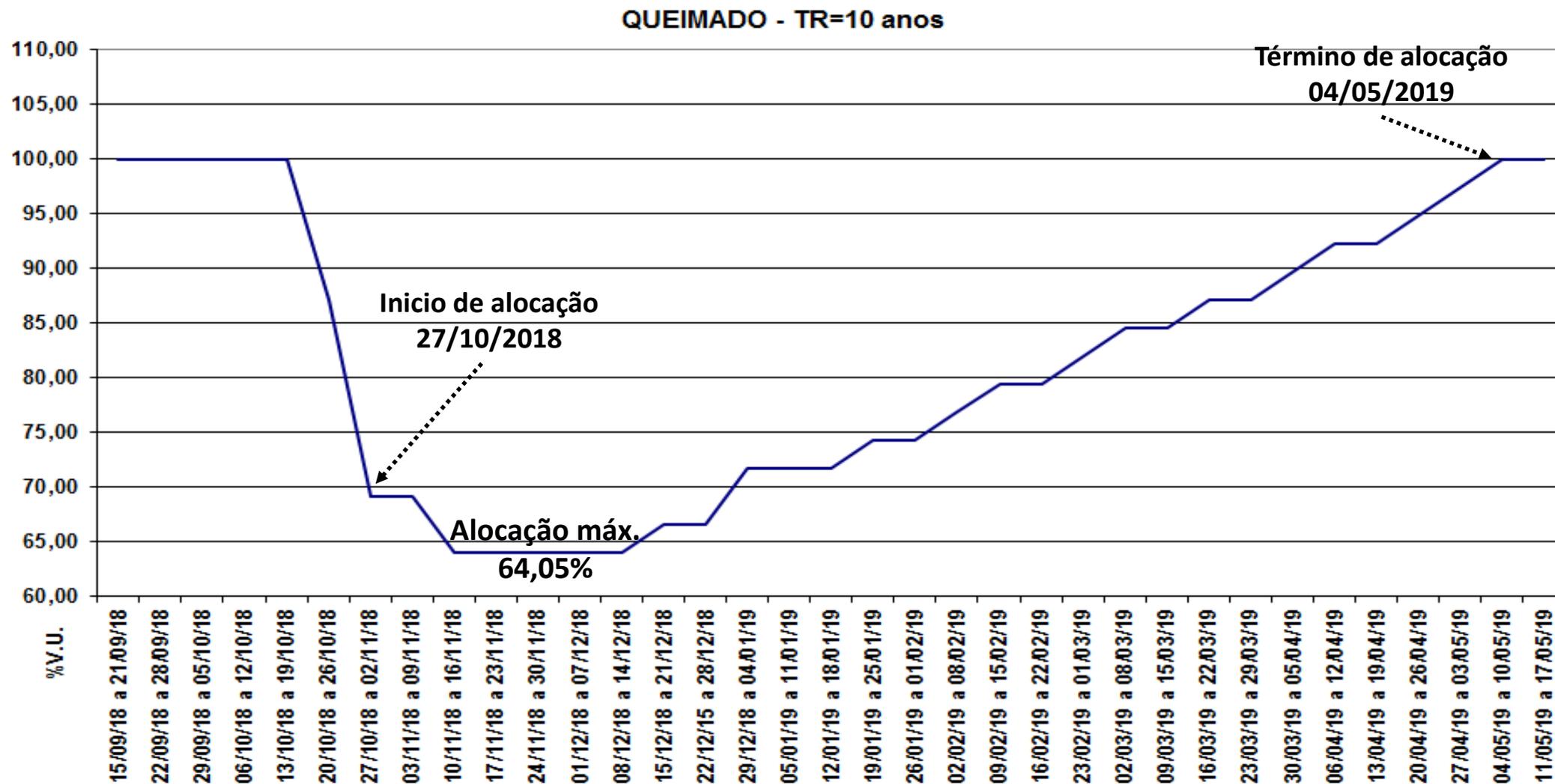
Sistema Independente de Queimado: 1966 a 2017, 52 estações chuvosas

Sistema Independente de Três Marias / Pirapora: 1931 a 2017, 87 estações chuvosas

✓ Série considerada para período de alocação do volume de espera

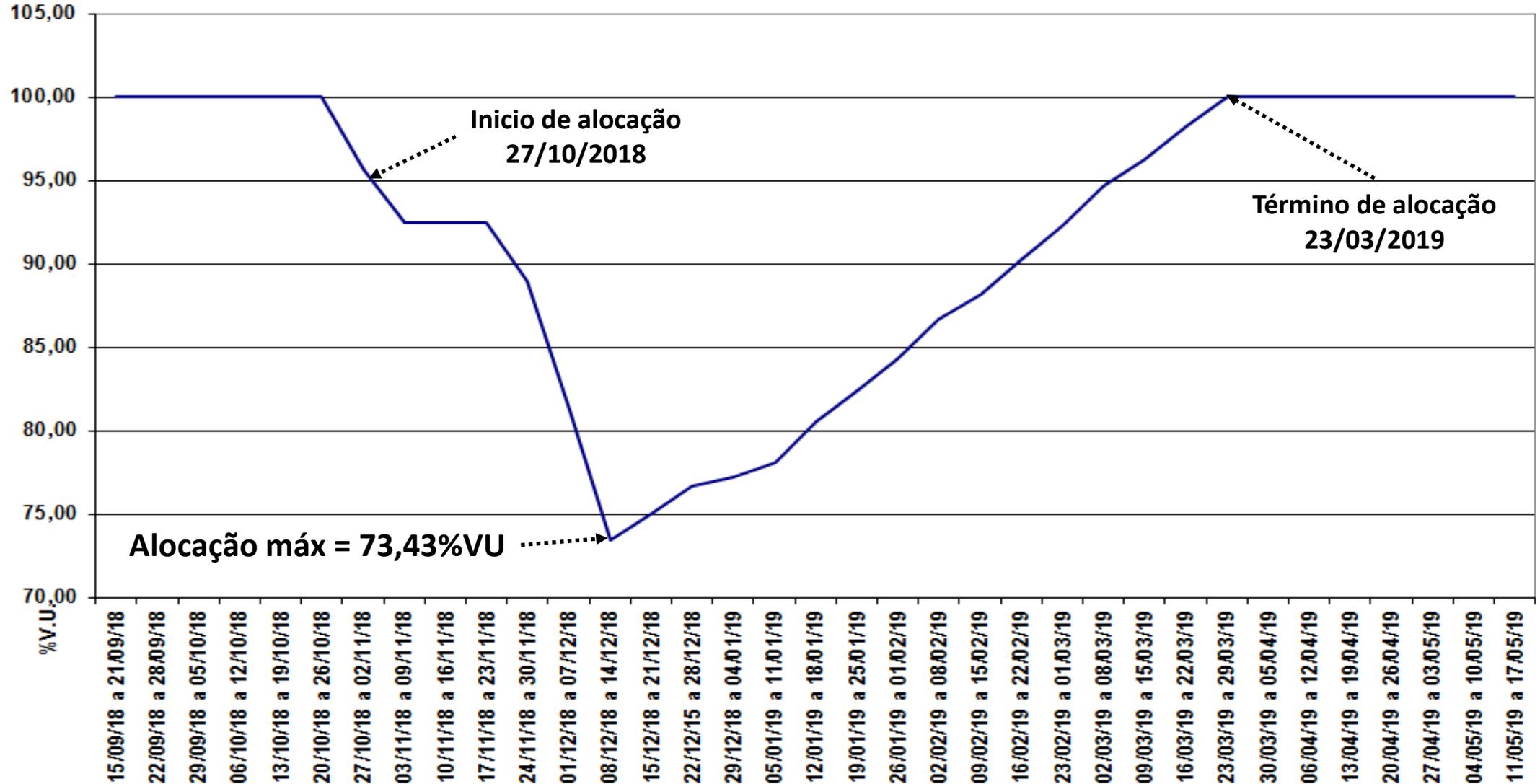
Setembro a Maio (não necessariamente vai alocar VE nesse período)

Bacia do rio São Francisco – Queimado



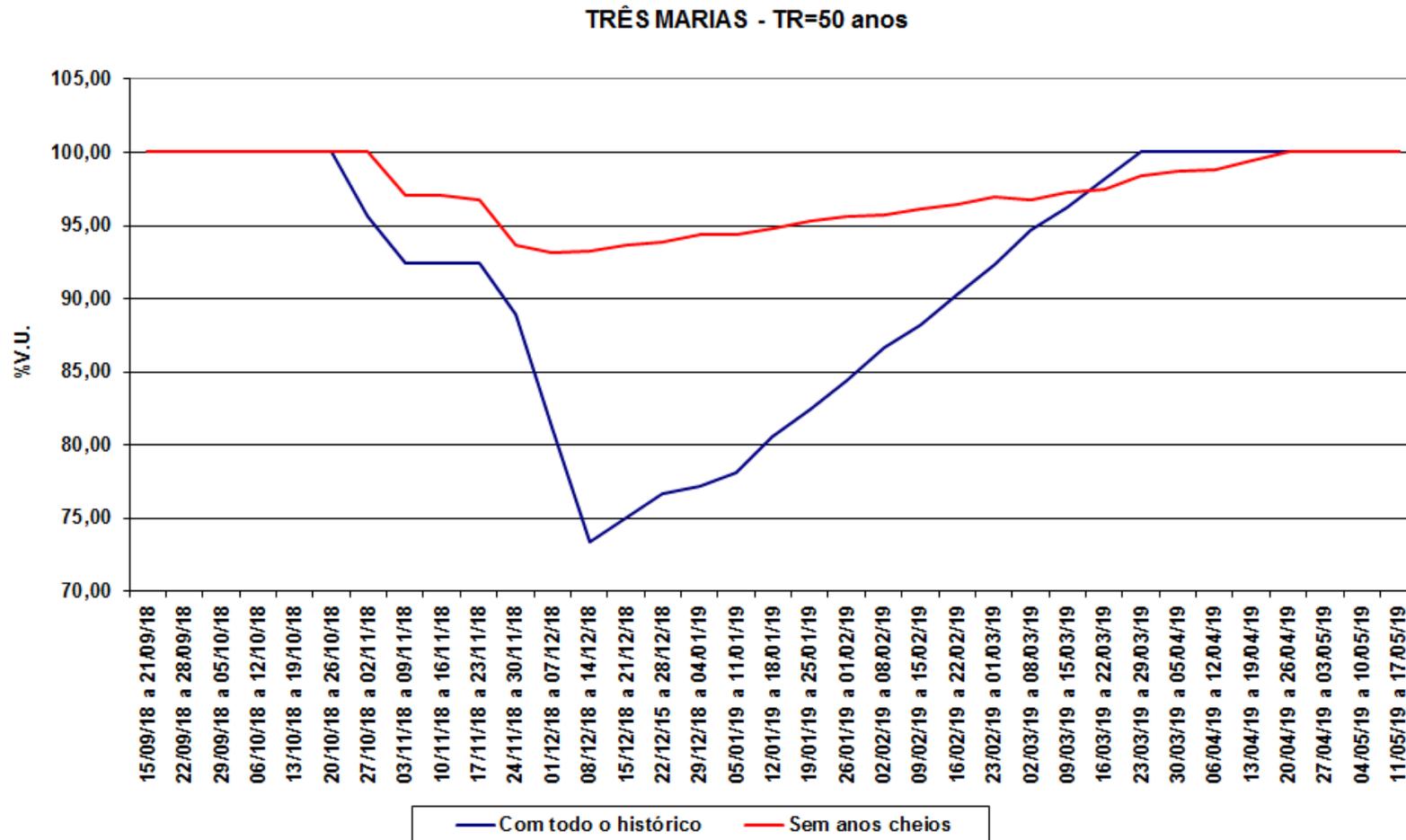
Bacia do rio São Francisco – UHE Três Marias

TRÊS MARIAS - TR=50 anos



Bacia do rio São Francisco – revisão do volume de espera

Durante os meses de janeiro a março, deverá ser avaliada a situação hidrológica da bacia, objetivando uma ocupação antecipada dos volumes de espera.



Bacia do rio São Francisco – Trajetória de reenchimento de Três Marias

| PERÍODO | | | TRÊS MARIAS - NT | | |
|----------|---|----------|------------------|----------|--------|
| | | | TR=50 anos | | |
| | | | V. E. (hm³) | Cota (m) | %VU |
| 15/9/18 | a | 21/9/18 | 0 | 572,50 | 100,00 |
| 22/9/18 | a | 28/9/18 | 0 | 572,50 | 100,00 |
| 29/9/18 | a | 5/10/18 | 0 | 572,50 | 100,00 |
| 6/10/18 | a | 12/10/18 | 0 | 572,50 | 100,00 |
| 13/10/18 | a | 19/10/18 | 0 | 572,50 | 100,00 |
| 20/10/18 | a | 26/10/18 | 0 | 572,50 | 100,00 |
| 27/10/18 | a | 2/11/18 | 0 | 572,50 | 100,00 |
| 3/11/18 | a | 9/11/18 | 450 | 572,09 | 97,05 |
| 10/11/18 | a | 16/11/18 | 450 | 572,09 | 97,05 |
| 17/11/18 | a | 23/11/18 | 500 | 572,04 | 96,73 |
| 24/11/18 | a | 30/11/18 | 960 | 571,57 | 93,72 |
| 1/12/18 | a | 7/12/18 | 1040 | 571,49 | 93,19 |
| 8/12/18 | a | 14/12/18 | 1030 | 571,50 | 93,26 |
| 15/12/18 | a | 21/12/18 | 970 | 571,56 | 93,65 |
| 22/12/18 | a | 28/12/18 | 940 | 571,59 | 93,85 |
| 29/12/18 | a | 4/1/19 | 850 | 571,68 | 94,44 |
| 5/1/19 | a | 11/1/19 | 850 | 571,68 | 94,44 |
| 12/1/19 | a | 18/1/19 | 790 | 571,74 | 94,83 |
| 19/1/19 | a | 25/1/19 | 710 | 571,83 | 95,35 |
| 26/1/19 | a | 1/2/19 | 670 | 571,87 | 95,61 |
| 2/2/19 | a | 8/2/19 | 650 | 571,89 | 95,75 |
| 9/2/19 | a | 15/2/19 | 590 | 571,95 | 96,14 |
| 16/2/19 | a | 22/2/19 | 540 | 572,00 | 96,47 |
| 23/2/19 | a | 1/3/19 | 470 | 572,07 | 96,92 |
| 2/3/19 | a | 8/3/19 | 490 | 572,05 | 96,79 |
| 9/3/19 | a | 15/3/19 | 410 | 572,13 | 97,32 |
| 16/3/19 | a | 22/3/19 | 380 | 572,16 | 97,51 |
| 23/3/19 | a | 29/3/19 | 250 | 572,28 | 98,36 |
| 30/3/19 | a | 5/4/19 | 190 | 572,33 | 98,76 |
| 6/4/19 | a | 12/4/19 | 180 | 572,34 | 98,82 |
| 13/4/19 | a | 19/4/19 | 80 | 572,43 | 99,48 |
| 20/4/19 | a | 26/4/19 | 0 | 572,50 | 100,00 |
| 27/4/19 | a | 3/5/19 | 0 | 572,50 | 100,00 |
| 4/5/19 | a | 10/5/19 | 0 | 572,50 | 100,00 |
| 11/5/19 | a | 17/5/19 | 0 | 572,50 | 100,00 |

Desenvolvimento de modelos de previsão chuva-vazão

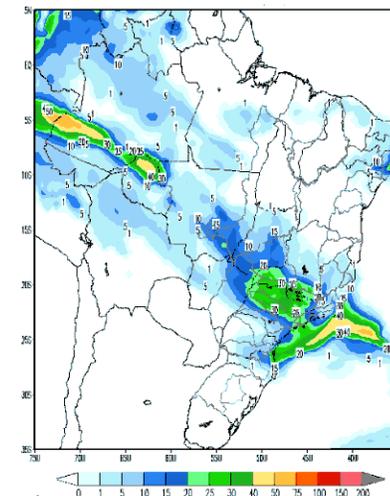
CHUVA OBSERVADA



VAZÃO OBSERVADA



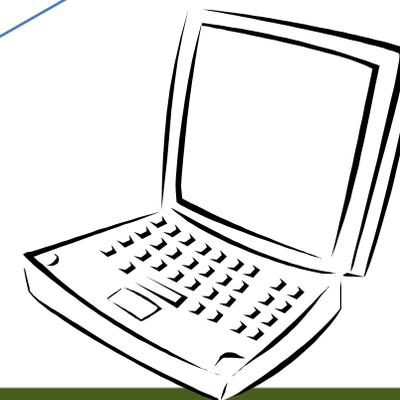
CHUVA
PREVISTA



DADOS OPERATIVOS



Modelo
Hidrológico



Ferramentas de Apoio – Três Marias

Previsão de Precipitação: ETA, GEFS, ECMWF, Ensemble de modelos

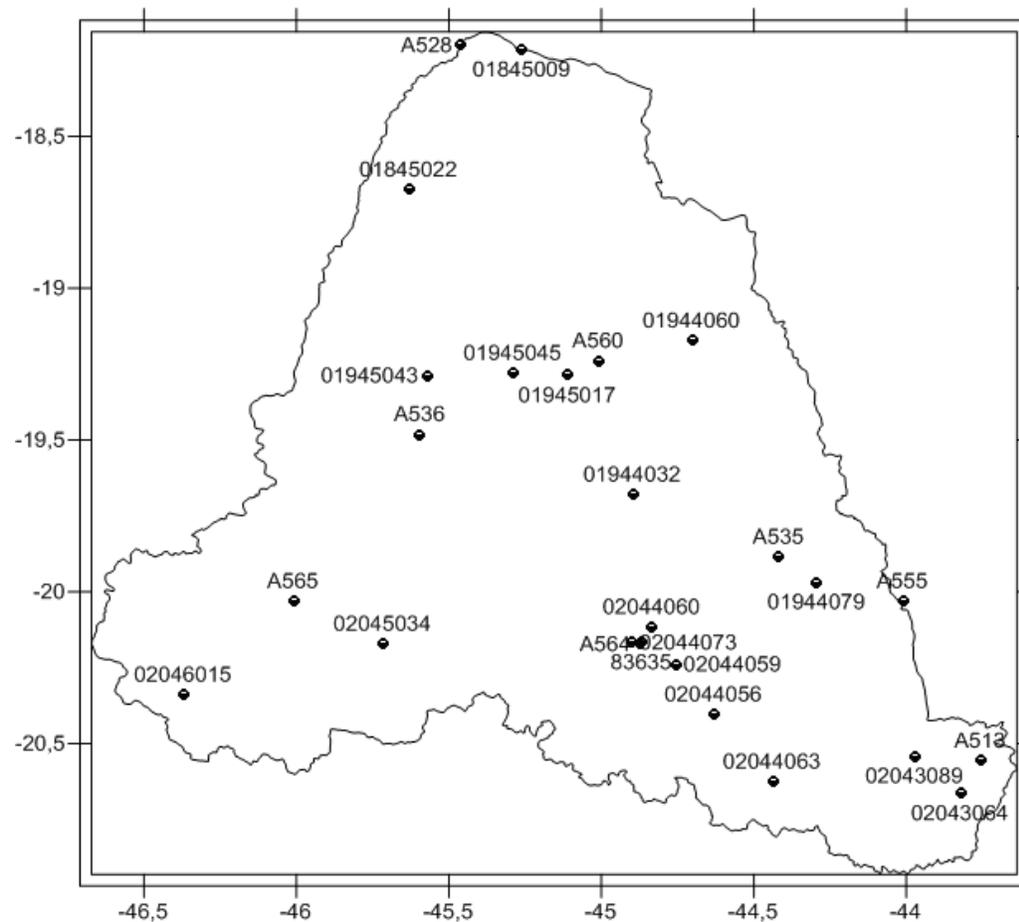
Previsão de Vazões – Modelo SMAP – Soil Moisture Accounting Procedure

Imagens de Satélite

Imagens de Radar

Estações fluviométricas (9 estações)

Estações pluviométricas (27 estações)



Considerações Finais

- É importante que todos os usuários estejam atentos às restrições de vazão do rio São Francisco, tendo em vista que [a probabilidade de uma cheia ocorrer se renova a cada início de período úmido](#);
- No caso do setor elétrico, a preparação para esse evento ocorre com a [elaboração dos estudos de controle de cheias e a emissão do PAPC](#);
- Tem sido de fundamental importância a experiência adquirida com a gestão dos recursos hídricos no período de escassez 2013/2018, uma vez que foi feita a [gestão de forma compartilhada](#) com o acompanhamento de diversas entidades e segmentos da sociedade;
- O aumento do volume de espera alocado [aumenta o impacto energético para o setor elétrico e reduz a disponibilidade de garantir uma vazão mínima](#) em um trecho de rio, bem como a disponibilidade para os diversos usos a jusante desse reservatório.



Luiz Guilherme Ferreira Guilhon

guilhon@ons.org.br

Fone: (21) 3444.9883

Página eletrônica do ONS : www.ons.org.br



Apoio



Responsabilidades

Prevenção de Cheias no SIN

Responsabilidade nas Situações de Operação de Controle de Cheias

Na situação Normal:

- O ONS é responsável pela definição das defluências médias semanais, conforme estabelecido no Programa Mensal de Operação Energética – PMO (Submódulo 7.3) e suas revisões semanais, e pela definição das defluências diárias, conforme estabelecido no Programa Diário de Defluências – PDF (Submódulo 8.1).
- Os agentes de geração são responsáveis pela disponibilização dos insumos necessários à definição das defluências médias semanais e diárias, conforme estabelecido no PMO (Submódulo 7.3) e suas revisões semanais, e no PDF (Submódulo 8.1).



Prevenção de Cheias no SIN

Responsabilidade nas Situações de Operação de Controle de Cheias

Na situação de Atenção:

O ONS é responsável pela consolidação das defluências, a partir da proposição dos agentes de geração, e pela compatibilização do PDF e do PMO, e suas revisões semanais, com essas defluências. O ONS comunica aos agentes de geração as justificativas para as proposições de defluências que não foram implementadas.

Os agentes de geração são responsáveis pela proposição das defluências médias semanais e diárias dos reservatórios integrantes desses sistemas, pela disponibilização dessas defluências para o ONS, bem como pelo acompanhamento da compatibilização do PDF e do PMO, e suas revisões semanais, com essas defluências, realizada pelo ONS.



Prevenção de Cheias no SIN

Responsabilidade nas Situações de Operação de Controle de Cheias

Nas situações de Alerta e de Emergência:

O ONS é responsável pela compatibilização do PDF e do PMO, e suas revisões semanais, com as defluências definidas pelos agentes de geração.

Os agentes de geração são responsáveis pela definição das defluências médias semanais e diárias dos reservatórios integrantes desses sistemas, pela disponibilização dessas defluências ao ONS, bem como pelo acompanhamento da compatibilização do PDF e do PMO, e suas revisões semanais, com as defluências definidas pelos agentes de geração, realizada pelo ONS.



Prevenção de Cheias no SIN

Formulário de Declaração de Situação de Operação de Controle de Cheias

- Estabelecido no item 6.6 do Submódulo 9.4 (Estabelecimento das Regras para Operação de Controle de Cheias)
- A situação pode ser declarada pelo agente de geração responsável pelo reservatório e/ou pelo ONS.
- Essa declaração deve ter como base as descrições apresentadas no Quadro-1 do Submódulo 9.4 e nos Relatórios de Regras para Operação de Controle de Cheias.



Formulário de Declaração de Situação de Operação de Controle de Cheias

| | | | | | |
|---|--|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--|
| DECLARAÇÃO | | Data | | Hora | |
| Declarante | <input type="checkbox"/> Agente | | | | |
| | <input type="checkbox"/> ONS | | | | |
| Responsável do Declarante | | | | | |
| Assinatura do Responsável pela Declaração | | | | | |
| Âmbito da Declaração | <input type="checkbox"/> Programação da Operação | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Pré-Operação | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Tempo Real | | | | |
| Rio | | | | | |
| Bacia Hidrográfica | | | | | |
| Aproveitamento Hidroelétrico relacionado à Restrição | | | | | |
| Restrição de Vazão Máxima Relacionada | | | | | |
| A Restrição Consta no PAPC* | <input type="checkbox"/> SIM | | <input type="checkbox"/> NÃO | | |
| A Restrição é Condicionada | <input type="checkbox"/> SIM | | <input type="checkbox"/> NÃO | | |
| Valor (m³/s) | | | | | |
| * PAPC – Plano Anual de Prevenção de Cheias | | | | | |
| Situação de Operação do Reservatório no Período de Controle de Cheias | | | | | |
| Situação Vigente | <input type="checkbox"/> Normal | <input type="checkbox"/> Atenção | <input type="checkbox"/> Alerta | <input type="checkbox"/> Emergência | |
| Situação Declarada | <input type="checkbox"/> Normal | <input type="checkbox"/> Atenção | <input type="checkbox"/> Alerta | <input type="checkbox"/> Emergência | |
| Justificativa para a Caracterização da Situação de Operação (utilize quantas linhas forem necessárias): | | | | | |
| | | | | | |
| Documentos anexos à Justificativa (utilize quantas linhas forem necessárias): | | | | | |
| | | | | | |

Prevenção de Cheias no SIN

Formulário de Declaração de Situação de Operação de Controle de Cheias



Operador Nacional do Sistema Elétrico

Formulário de Declaração de Situação de Operação de Controle de Cheias

ANEXO 1 - Instruções de Preenchimento

- Campo: Data/Hora**
Preencher com a data e hora de emissão da declaração pelo Agente;
- Campo: Declarante**
Caso o declarante seja um Agente de Geração, assinalar esta opção e preencher o nome do respectivo Agente;
- Campo: Responsável do Agente Declarante**
Preencher com o nome do responsável pela declaração no Agente;
- Campo: Assinatura do Responsável do Agente Declarante**
Corresponde à assinatura do Responsável pela solicitação no campo Agente Declarante;
- Campo: Âmbito da Declaração**
Corresponde ao âmbito dentro dos processos de programação e operação no qual a declaração está sendo efetuada;
- Campo: Rio / Bacia Hidrográfica / Aproveitamento Hidroelétrico Relacionado à Restrição**
Corresponde à descrição da localização hidrográfica, rio e bacia hidrográfica, além da denominação do aproveitamento hidroelétrico relacionado à restrição de vazão máxima;
- Campo: Restrição de Vazão Máxima Relacionada**
Corresponde ao detalhamento se a situação declarada corresponde à uma restrição que consta ou não no Plano Anual de Prevenção de Cheias, se a mesma é condicionada ou não à uma vazão incremental e qual o valor da restrição considerada;
- Campo: Situação de Operação do Reservatório no Período de Controle de Cheias**
Corresponde ao preenchimento da situação de operação vigente e a declarada segundo a caracterização estabelecida no Quadro-1 do Submódulo 9.4 – Estabelecimento das Regras para Operação de Controle de Cheias, dos Procedimentos de Rede do ONS;
- Campo: Justificativa para a Caracterização da Situação de Operação**
Corresponde à justificativa considerando a caracterização estabelecida no Quadro-1 do Submódulo 9.4 – Estabelecimento das Regras para Operação de Controle de Cheias, dos Procedimentos de Rede do ONS, assim como os critérios definidos no Relatório de Regras para Operação de Controle de Cheias da respectiva bacia hidrográfica;
- Campo: Anexos à Justificativa**
Corresponde à inclusão, se necessária, de anexos à justificativa, sendo estes anexos transcrições de documentos citados ou referências de documentos eletrônicos a serem disponibilizados.

