



# GT Representação de Restrições Hidráulicas

Reunião – Comissão Gestora DPR  
Subcomitê Temático para Dados, Processos e Regulação

## 1º reunião com os Agentes

- a) Motivação, objetivo e cronograma;
- b) Apresentação da resolução 2.081/2017 – ONS;
- c) Limitações de utilização dessa resolução nos modelos DESSEM, DECOMP e NEWAVE – ONS;
- d) Mecanismos usados atualmente pelo ONS;
- e) Apresentação dos agentes.

## Mecanismos usados atualmente pelo ONS para modelagem do São Francisco nos modelos energéticos

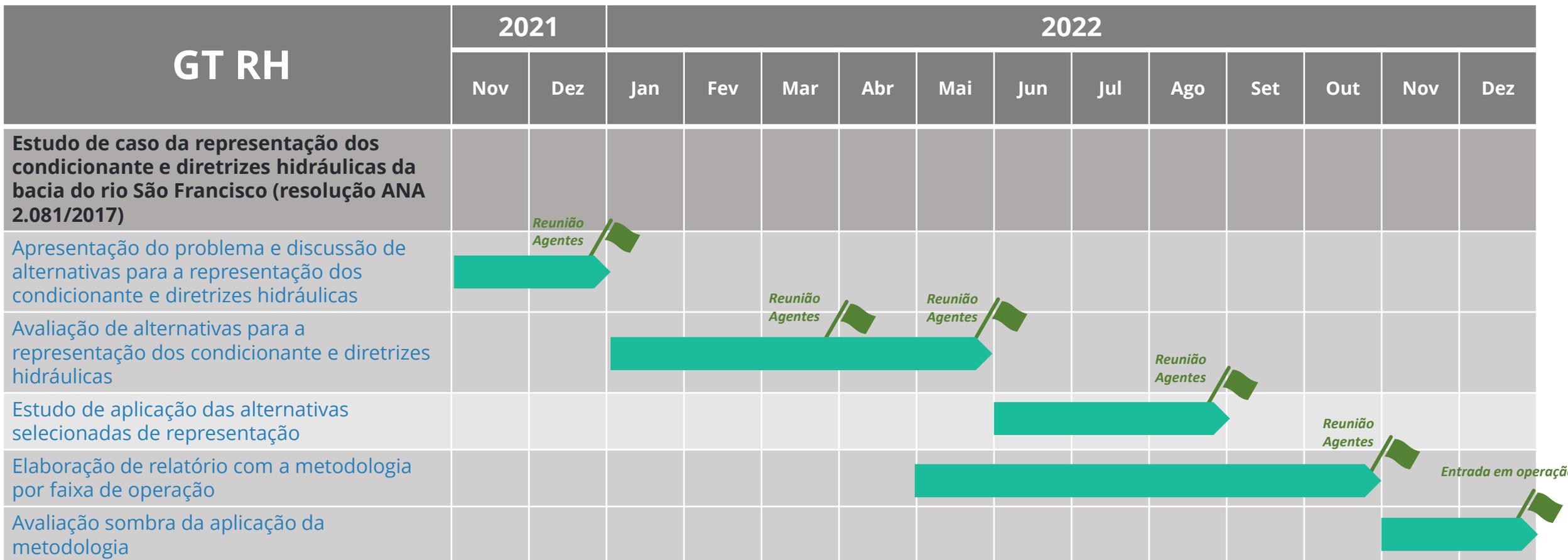
### MOTIVAÇÃO

A evolução quali-quantitativa de restrições hidráulicas e sua necessidade de representação nos modelos energéticos, função dos impactos causados pelas mesmas e aprimoramento da reprodutividade pelos diversos agentes do setor.

### OBJETIVOS

O GT representação de restrições hidráulicas (GT RH) visa aprimorar a representação de condicionantes e diretrizes hidráulicas na cadeia de modelos eletroenergéticos para responder às evoluções no âmbito da gestão dos recursos hídricos e do atendimento eletroenergético do SIN, aproximar os resultados destes modelos com a política operativa e formação do preço e aumentar a previsibilidade sobre a representação destas informações no PMO, na Programação Diária e na formação de preço.

# Cronograma



- Coordenadores da atividade: Luana Gomes (ONS) e Guilherme Fredo (CCEE)

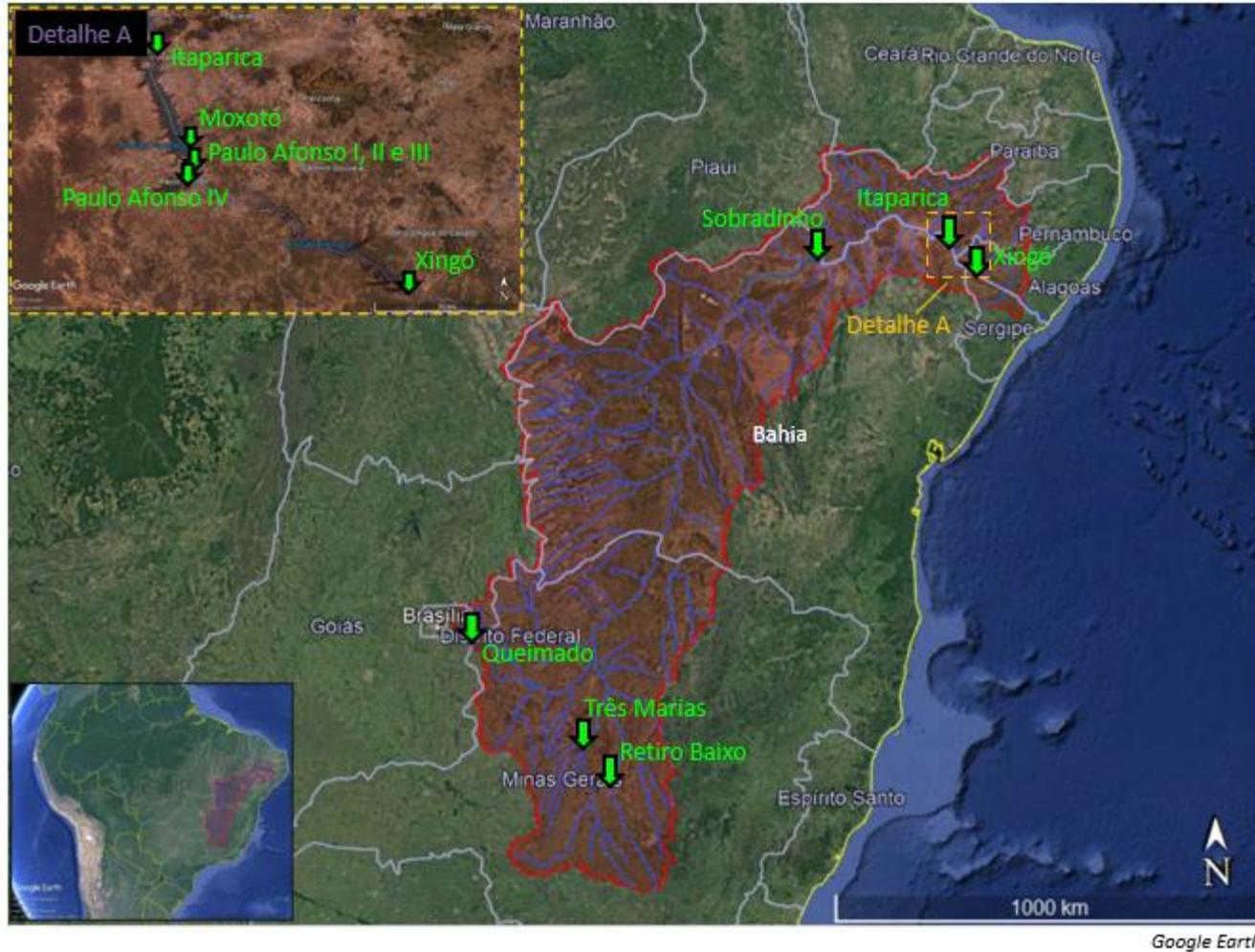
## 1º reunião com os Agentes

- a) Apresentação da resolução 2.081/2017 – ONS;
- b) Limitações de utilização dessa resolução nos modelos DESSEM, DECOMP e NEWAVE – ONS;
- c) Mecanismos usados atualmente pelo ONS;
- d) Apresentação dos agentes.

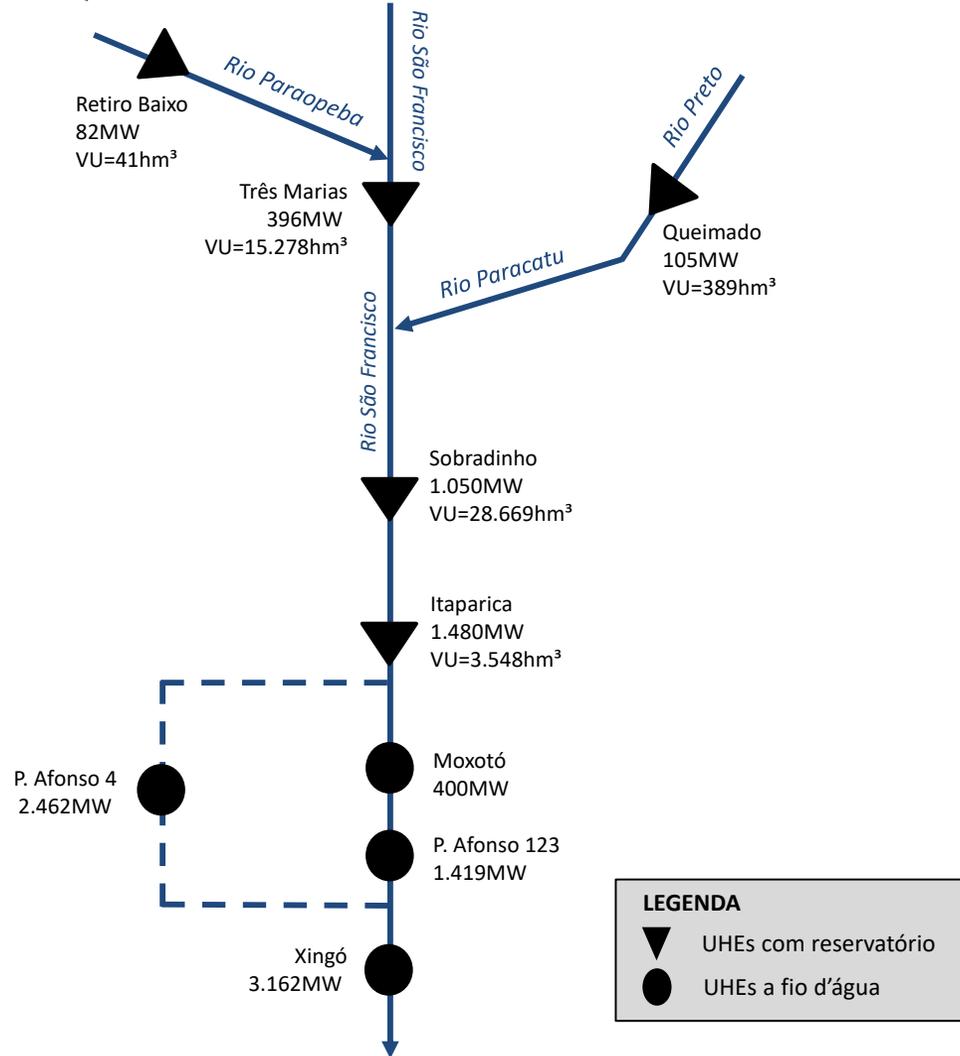
## 1º Reunião com os Agentes

- a) Apresentação da Resolução ANA nº 2.081/2017;
- b) Limitações de utilização dessa resolução nos modelos DESSEM, DECOMP e NEWAVE – ONS;
- c) Mecanismos usados atualmente pelo ONS;
- d) Apresentação dos agentes.

# USINAS HIDROELÉTRICAS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO



# DIAGRAMA ESQUEMÁTICO



## ENERGIA ARMAZENADA MÁXIMA (EAR<sub>máx</sub>) DOS PRINCIPAIS RESERVATÓRIOS

RESERVATÓRIO	EAR <sub>máx</sub> (MWmed)	%EAR <sub>máx</sub> do SIN *
Três Marias	16.013	5,5
Sobradinho	30.048	10,4
Itaparica	4.415	1,2

\* Contribuição de cada reservatório considerado a EAR<sub>máx</sub> do SIN de 289.360MWmed

Bacia do rio São Francisco – 17% da EAR<sub>máx</sub> do SIN

# RESOLUÇÃO ANA Nº 2.081, DE 4 DE DEZEMBRO DE 2017



**RESOLUÇÃO Nº 2.081, DE 04 DE DEZEMBRO DE 2017**  
Documento nº 00000.080754/2017-91

Dispõe sobre as condições para a operação do Sistema Hídrico do Rio São Francisco, que compreende os reservatórios de Três Marias, Sobradinho, Itaparica (Luiz Gonzaga), Moxotó, Paulo Afonso I, II, III, IV e Xingó.

O DIRETOR-PRESIDENTE DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS ANA, no uso da atribuição que lhe confere o art. 103, inciso XVII, do Regimento Interno aprovado pela Resolução nº 1.934, de 30 de outubro de 2017, torna público que a DIRETORIA COLEGIADA, em sua 683ª Reunião Ordinária, realizada em 04 de dezembro de 2017, considerando o disposto no art. 7º, da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, e com base nos elementos constantes do processo nº 02501.000085/2016-86, que

considerando o disposto no art. 4º, inciso XII e § 3º, da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, que estabelece caber à ANA definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas, e que, no caso de reservatórios de aproveitamentos hidrelétricos, a definição será efetuada em articulação com o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS;

considerando a importância do rio São Francisco para a segurança hídrica em sua área de influência;

considerando que o compartilhamento dos recursos hídricos da bacia do rio São Francisco deve se inspirar nos princípios do aproveitamento múltiplo, racional, harmônico e integrado, visando sempre ao benefício de todas as partes;

considerando o reconhecimento da importância dos impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos, especialmente no agravamento de eventos hidrológicos críticos e na alteração da estacionariedade das séries hidrológicas; e

considerando que as condições de operação para os reservatórios do Sistema Hídrico do Rio São Francisco, que compreende os reservatórios de Três Marias, Sobradinho, Itaparica (Luiz Gonzaga), Moxotó, Paulo Afonso I, II, III e IV, e Xingó, devem garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, resolve que:

Art. 1º O Reservatório Equivalente do Sistema Hídrico do Rio São Francisco é composto pelos reservatórios de Três Marias, Sobradinho e Itaparica (Luiz Gonzaga).

Parágrafo Único. O volume útil do Reservatório Equivalente do Sistema Hídrico Rio São Francisco é constituído pela soma dos volumes úteis dos reservatórios de Três Marias, Sobradinho e Itaparica (Luiz Gonzaga).

Art. 2º Para fins de operação do Sistema Hídrico do Rio São Francisco, ficam definidos os seguintes períodos:

- I. Período úmido: de dezembro a abril; e

ARQUIVO ASSINADO DIGITALMENTE. CÓDIGO DE VERIFICAÇÃO: EPEC0986

## RESOLUÇÃO Nº 2.081, DE 04 DE DEZEMBRO DE 2017

Documento nº 00000.080754/2017-91

Dispõe sobre as condições para a operação do Sistema Hídrico do Rio São Francisco, que compreende os reservatórios de Três Marias, Sobradinho, Itaparica (Luiz Gonzaga), Moxotó, Paulo Afonso I, II, III, IV e Xingó.

# REGRA OPERATIVA PARA O RESERVATÓRIO DE TRÊS MARIAS

## Faixas de Operação de Três Marias



### §2º do Art. 5º:

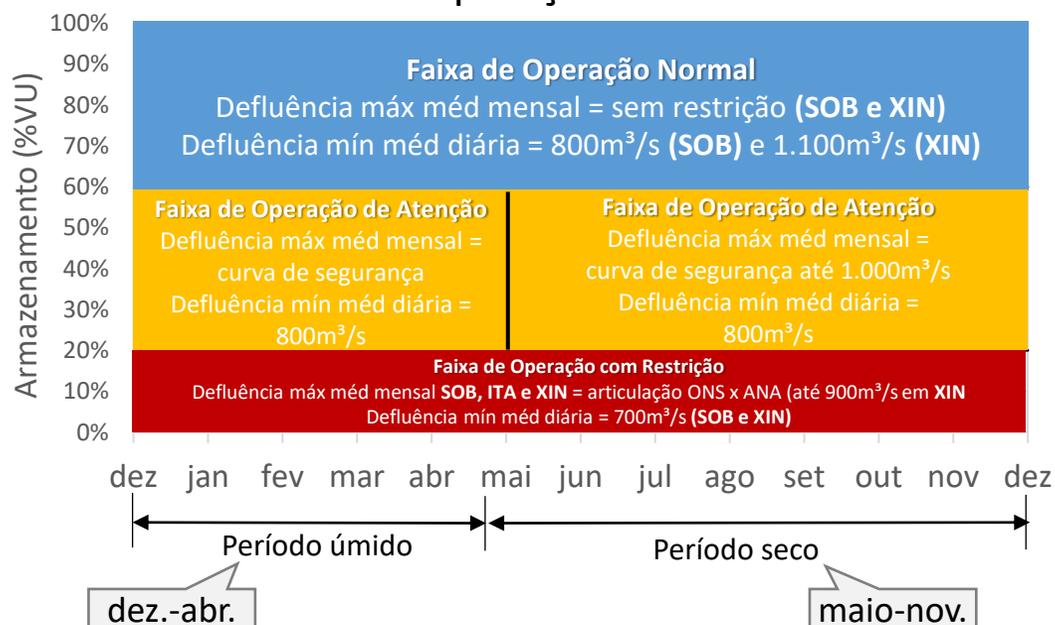
Quando o reservatório de **Três Marias** estiver operando na **Faixa de Operação de Atenção**, a máxima vazão defluente média mensal a ser praticada será estabelecida, **mensalmente, no 1º dia útil do mês em função do volume armazenado no dia anterior e seu posicionamento em relação às curvas de segurança.**

### §3º do Art. 5º:

Quando o reservatório de **Três Marias** estiver operando na Faixa de Operação de Restrição, a vazão defluente média mensal deverá ser estabelecida pelo ONS, a partir de recomendação da ANA.

# REGRA OPERATIVA PARA OS RESERVATÓRIOS DE SOBRADINHO E XINGÓ

## Faixas de Operação de Sobradinho



**§2º e §3º do Art. 9º** : “Quando o reservatório de [Sobradinho/Xingó] estiver operando na **Faixa de Operação de Atenção**, a máxima vazão defluente média mensal a ser praticada será estabelecida, **mensalmente, no 1º dia útil do mês em função do volume armazenado no dia anterior e seu posicionamento em relação às curvas de segurança**”.

**§4º do Art. 9º**: “Quando o reservatório de [Sobradinho/Xingó] estiver operando na Faixa de Operação de Restrição, a vazão defluente média mensal deverá ser estabelecida pelo ONS, a partir de recomendação da ANA”.

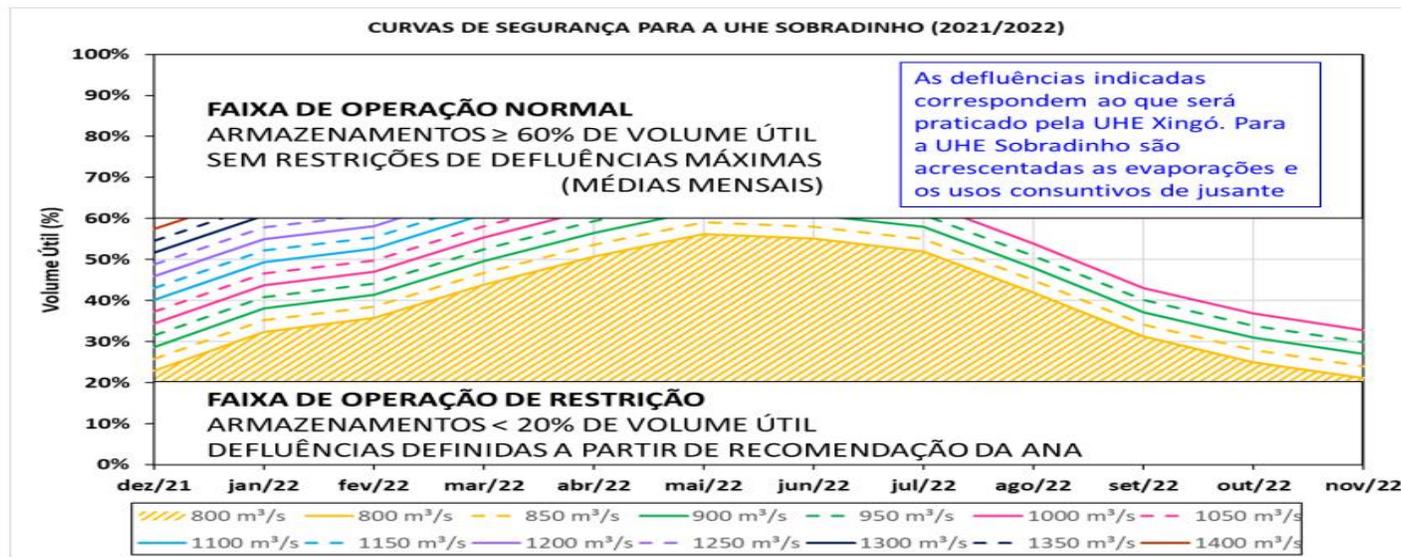
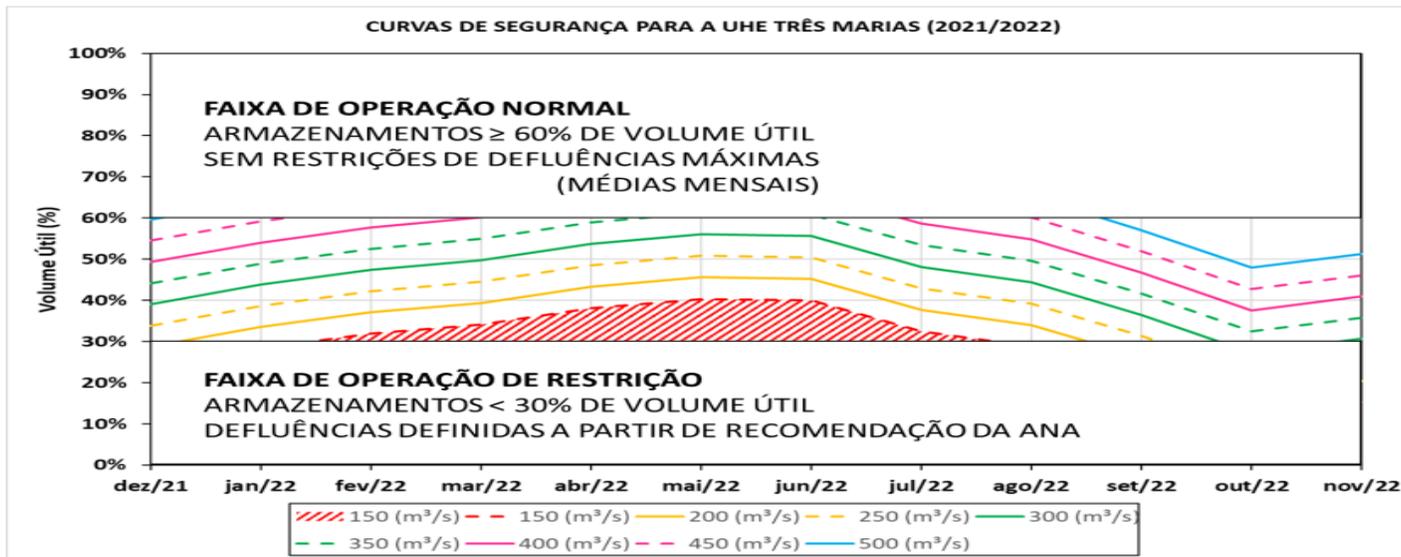
# CURVAS DE SEGURANÇA



Operador Nacional do Sistema Elétrico

**CURVAS DE SEGURANÇA PARA OS RESERVATÓRIOS DAS UHE TRÊS MARIAS E UHE SOBRADINHO PARA O PERÍODO HIDROLÓGICO 2021-2022**

Este documento foi assinado digitalmente por Sinval Zaidan Gama e Alexandre Nunes Zucarato. Para verificar as assinaturas vá ao site <https://portalassinaturas.ons.org.br> e utilize o código 48FB-6149-8807-867C.



Art 6º A operação do Sistema Hídrico do Rio São Francisco deve procurar minimizar as perdas devido à evaporação da água nos reservatórios de Três Marias, Sobradinho e Itaparica (Luiz Gonzaga).

Parágrafo único. Quando o volume útil armazenado no reservatório de Três Marias for superior à soma dos volumes úteis armazenados nos reservatórios de Sobradinho e Itaparica (Luiz Gonzaga), poderão ser programadas pelo ONS defluências adicionais do reservatório de Três Marias, com comunicação prévia à ANA.

Art. 10º O reservatório de Itaparica (Luiz Gonzaga) deve ser operado visando a garantir os usos múltiplos em sua área de influência.

§ 1º Sempre que o reservatório de Sobradinho estiver operando na Faixa de Operação Normal ou de Atenção, deverá ser observado um armazenamento mínimo no reservatório de Itaparica (Luiz Gonzaga) de 30% de seu volume útil.

§ 2º Sempre que o reservatório de Sobradinho estiver operando na Faixa de Operação de Restrição, o volume útil mínimo a ser mantido em Itaparica (Luiz Gonzaga) será recomendado pela ANA.

Art. 12. As defluências estabelecidas por esta Resolução terão uma tolerância de variação de  $\pm 5\%$ .

Art. 13. Durante o período úmido, quando o reservatório de Sobradinho estiver acumulando no **mínimo 50%** do seu volume útil e a média móvel dos três meses anteriores das vazões naturais afluentes a ele for superior a 80% da média móvel dos três meses anteriores das vazões médias mensais naturais de longo termo, o ONS deverá programar, a partir de recomendação da ANA e ouvido o IBAMA, a liberação de dois pulsos de vazão pelo reservatório de Xingó, em conformidade com o hidrograma aprovado pelo IBAMA e pela ANA no âmbito das suas atribuições.

Parágrafo único. Serão utilizadas para cálculo das médias mensais naturais de longo termo as séries de vazões naturais mensais disponibilizadas pelo ONS.

Art. 18. O ONS poderá, excepcionalmente, operar os reservatórios do Sistema Hídrico do Rio São Francisco para atendimento de questões elétricas, posteriormente justificadas.

Parágrafo único. Caso seja necessário manter a operação excepcional por mais de 7 (sete) dias, o ONS deverá solicitar autorização especial à ANA.

## 1º reunião com os Agentes

- a) Apresentação da Resolução ANA nº 2.081/2017;
- b) Limitações de utilização dessa resolução nos modelos DESSEM, DECOMP e NEWAVE – ONS;
- c) Mecanismos usados atualmente pelo ONS;
- d) Apresentação dos agentes (a confirmar).

## Limitações de utilização dessa resolução nas versões atuais dos modelos DESSEM, DECOMP e NEWAVE

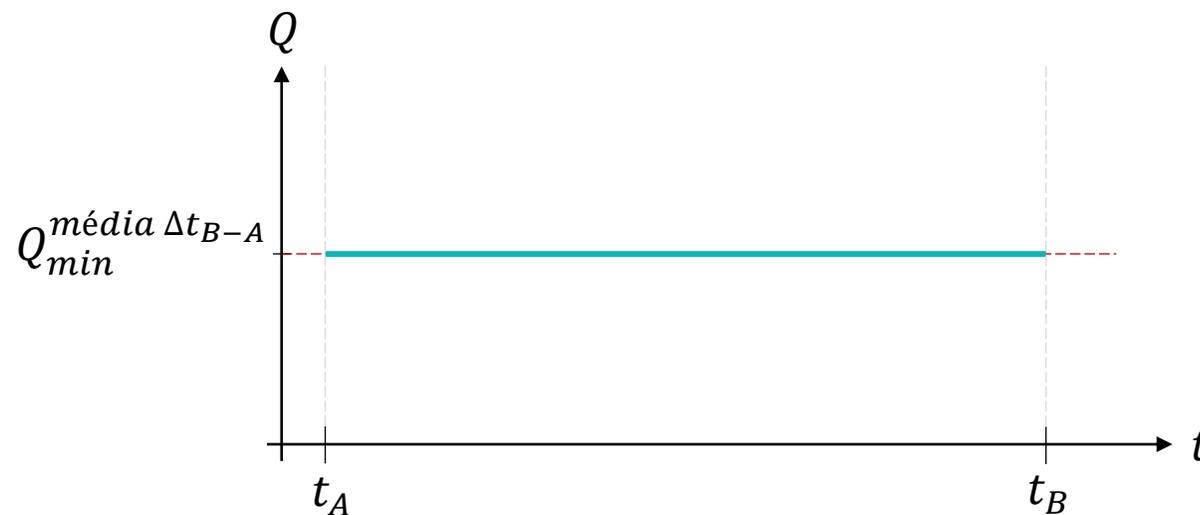
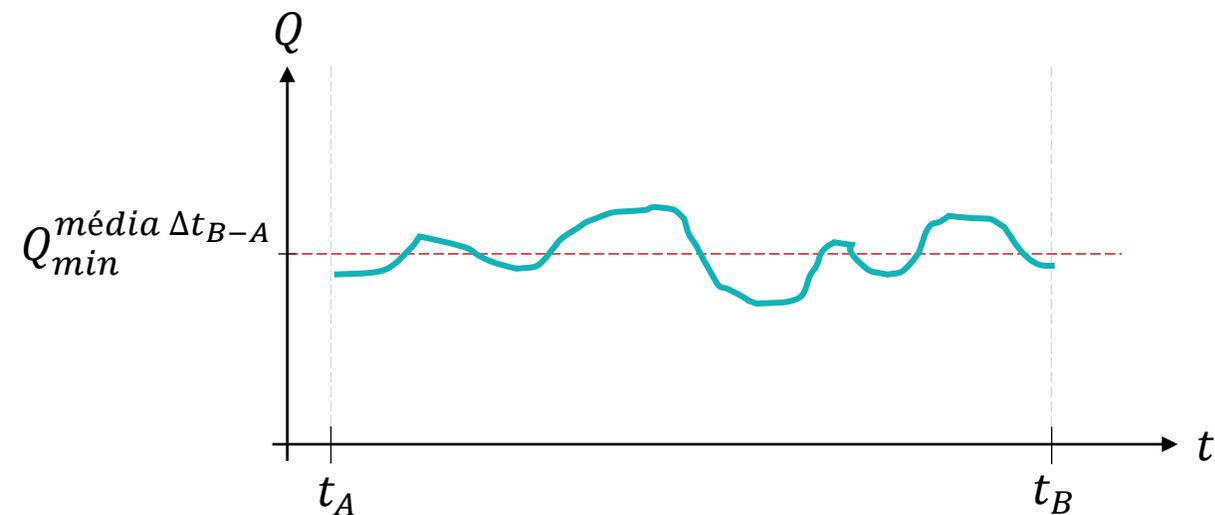
- Restrições médias
- Restrições condicionadas

## Restrições médias: vazão mínima média diária e vazão máxima média mensal

Ex.:

- Restrição de defluência mínima deve ser atendida em média durante um intervalo de tempo.

Atualmente, os modelos energéticos não permitem representar restrições de valores mínimos e/ou máximos médios em uma janela maior do que a discretização do modelo (ex: restrição de vazão mínima média diária no modelo semi-horário DESSEM). É modelado atualmente de forma instantânea.



## Restrições condicionadas (ou restrições disjuntivas)

Restrições de defluência mínima e máxima de acordo com o estado de volume armazenado no início de cada mês.

Restrições do tipo “se, então”:

- São ativadas ou desativadas de acordo com o estado do reservatório. Ex. Sobradinho abr/21:

se  $V_t \leq 20\%$ , então  $Q_{min,t} = 700m^3/s$

se  $V_t > 20\%$ , então  $Q_{min,t} = 800m^3/s$

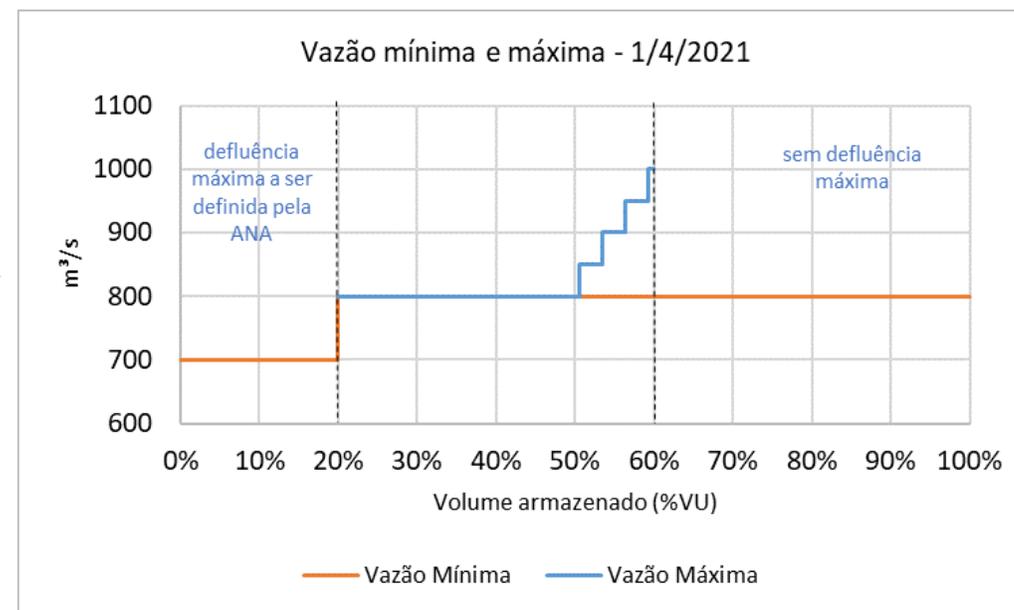
se  $20.0\% \leq V_t \leq 50.6\%$ , então  $Q_{max,t} = 800m^3/s$

se  $50.6\% \leq V_t \leq 53.5\%$ , então  $Q_{max,t} = 850m^3/s$

se  $56.3\% \leq V_t \leq 59.2\%$ , então  $Q_{max,t} = 900m^3/s$

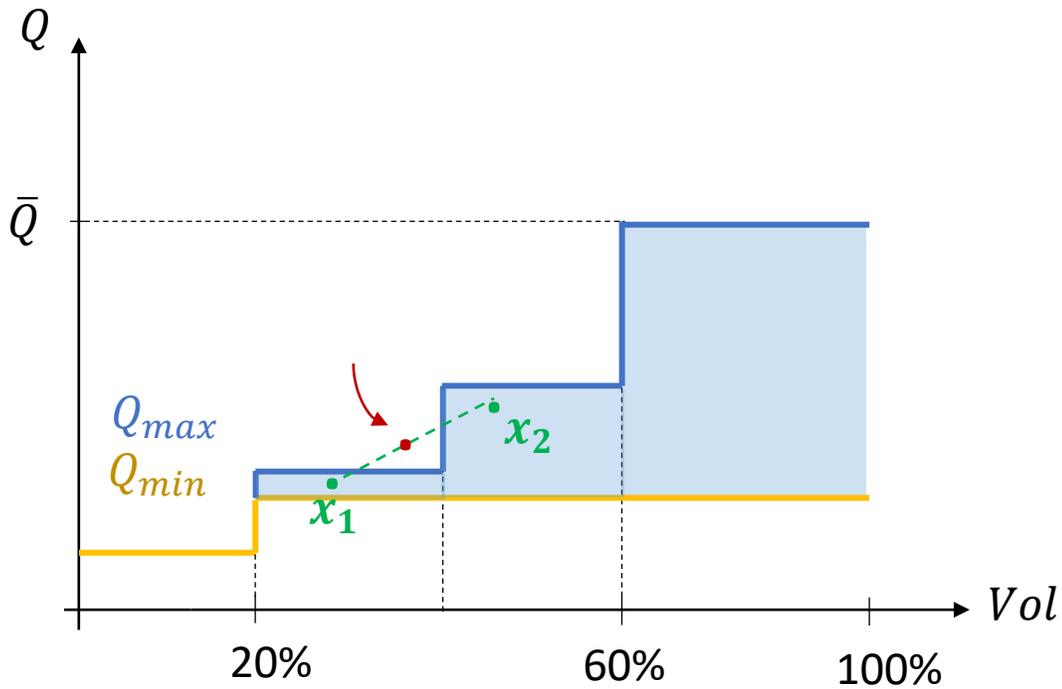
se  $59.2\% \leq V_t \leq 60.0\%$ , então  $Q_{max,t} = 1000m^3/s$

Ref.: Resolução ANA nº 2.081/2017



## Restrições condicionadas (ou restrições disjuntivas)

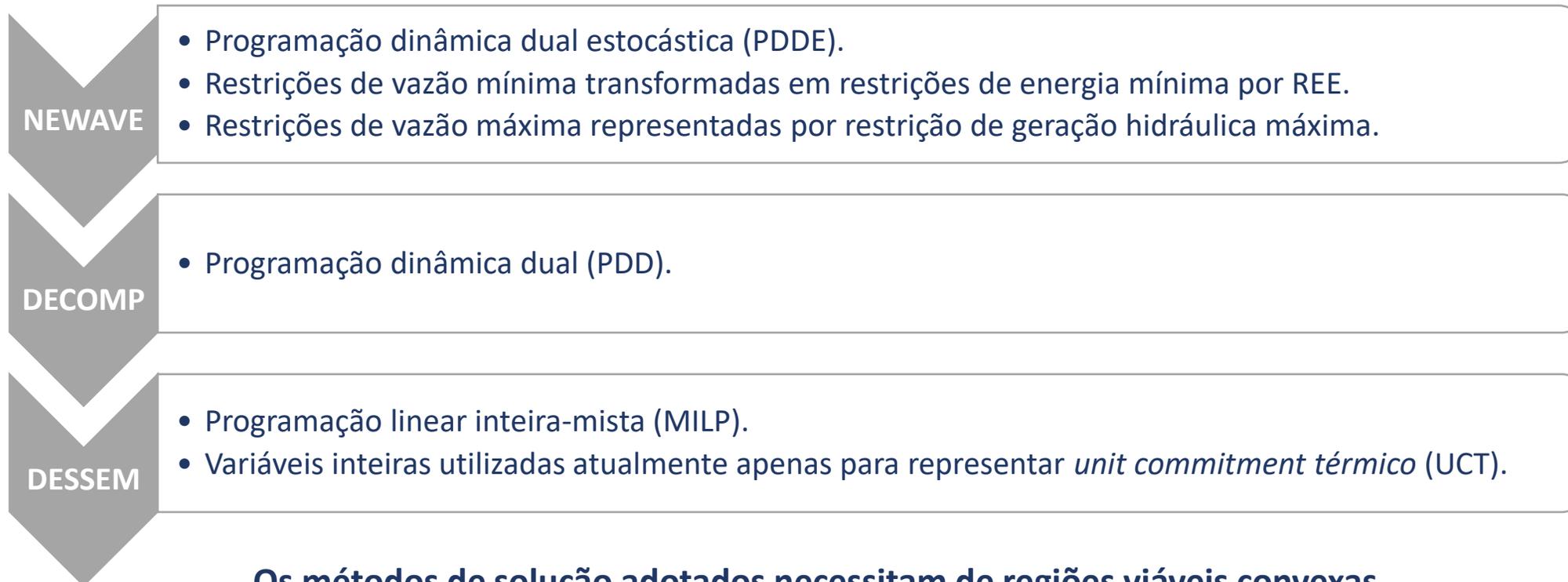
Restrições de defluência mínima e máxima de acordo com o estado de volume armazenado no início de cada mês.



Região viável do problema de otimização  
 ↓  
 Região não-convexa  
 ↓  
 Programação inteira-mista: variáveis binárias.

## Restrições condicionadas (ou restrições disjuntivas)

Características e métodos de solução atuais dos modelos da cadeia de otimização energética.



## 1º reunião com os Agentes

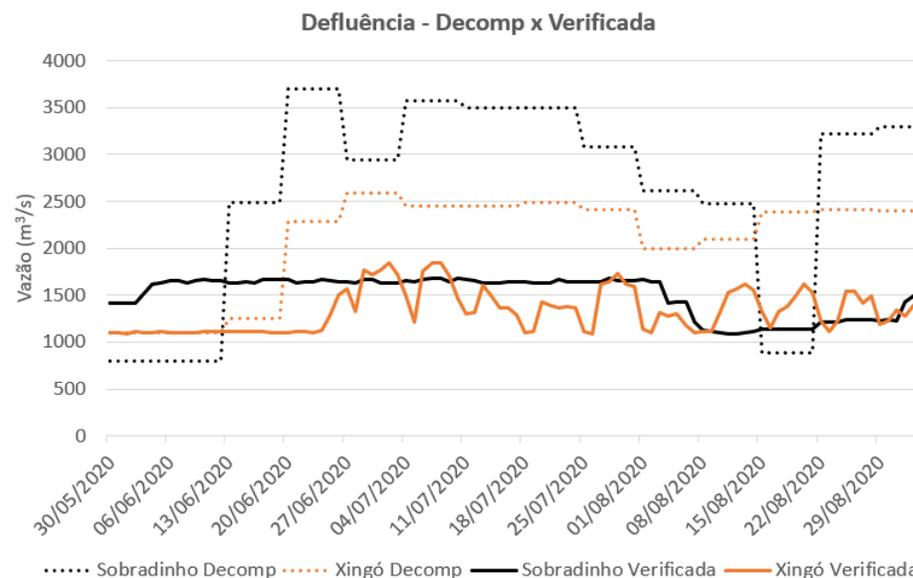
- a) Apresentação da resolução 2.081/2017 – ONS;
- b) Limitações de utilização dessa resolução nos modelos DESSEM, DECOMP e NEWAVE – ONS;
- c) Mecanismos usados atualmente pelo ONS;
- d) Apresentação dos agentes (a confirmar).

## Operação hidráulica dos reservatórios da bacia do rio São Francisco

Apesar da Resolução ANA Nº 2081/2017 ter sido promulgada em 04/12/2017, foi apenas a partir de maio/2019 que foi oficializada a sua utilização para a operação dos reservatórios da bacia do rio São Francisco. No período anterior a maio/2019, a política operativa da bacia era definida no âmbito das reuniões da Sala de Crise do São Francisco, coordenadas pela ANA, e com a participação do ONS, ANEEL e outros usuários de recursos hídricos da bacia.

## Operação hidráulica dos reservatórios da bacia do rio São Francisco

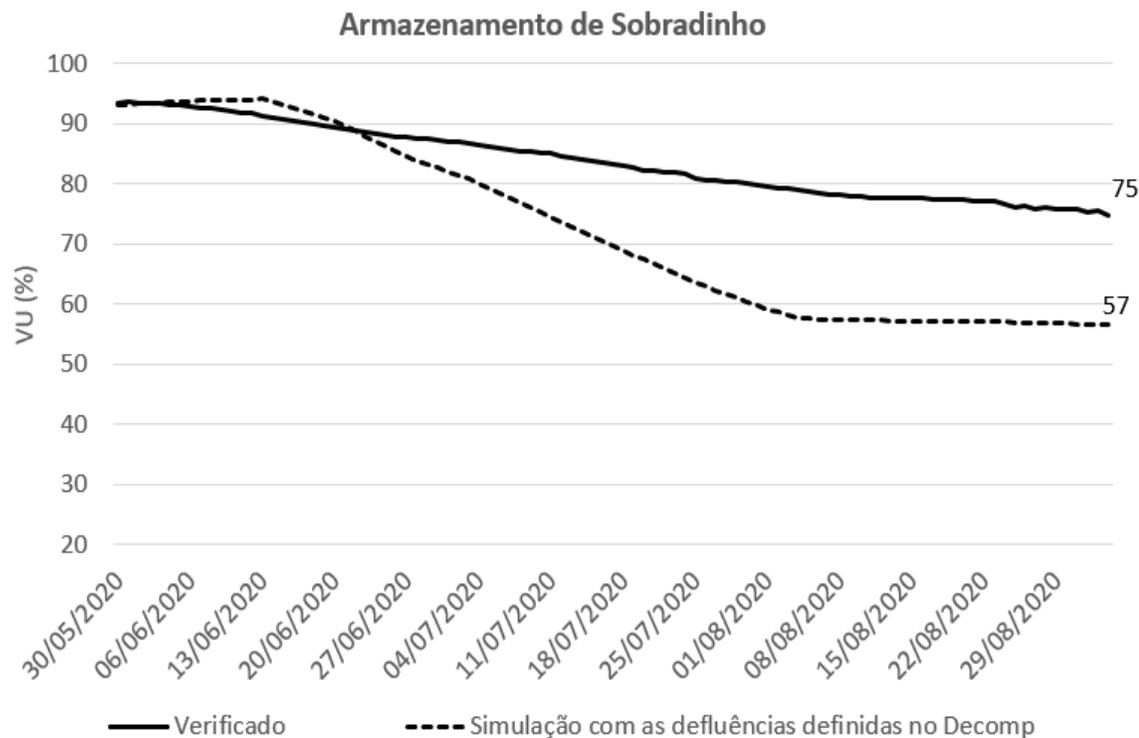
A partir da revisão 2 do PMO de junho/2020 foi observada a intensificação do despacho das usinas situadas no trecho médio e baixo do rio São Francisco. Tal utilização reduziria rapidamente os armazenamentos do reservatório de Sobradinho, levando-o a níveis abaixo de 60% de armazenamento, ou seja, atingindo a faixa de operação de atenção, reduzindo a flexibilidade operativa da cascata e impactando a operação do SIN. Na figura abaixo são apresentadas as defluências definidas pelo modelo DECOMP e as defluências praticadas para os reservatórios de Sobradinho e Xingó, no período de 30/05/2020 a 04/09/2020.



Add deflu de nov e dezembro ...  
Necessidade de ter uma  
liberdade operativa

## Operação hidráulica dos reservatórios da bacia do rio São Francisco

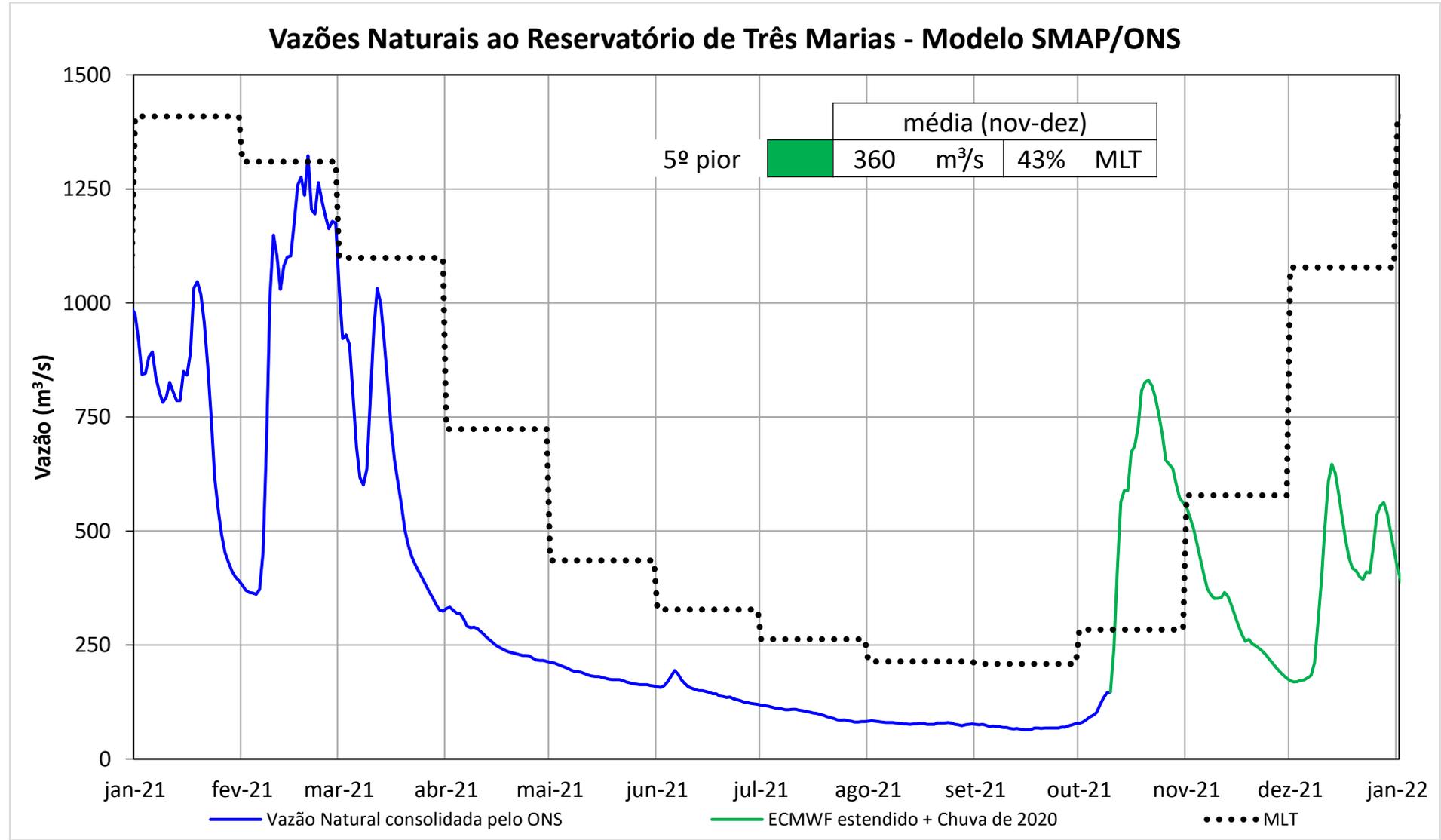
O reflexo da adoção das defluências definidas pelo modelo DECOMP no deplecionamento do armazenamento do reservatório de Sobradinho, nesse período, é apresentado na figura abaixo, na qual consta a evolução dos níveis do reservatório de Sobradinho para as defluências definidas pelo Decomp e as praticadas.



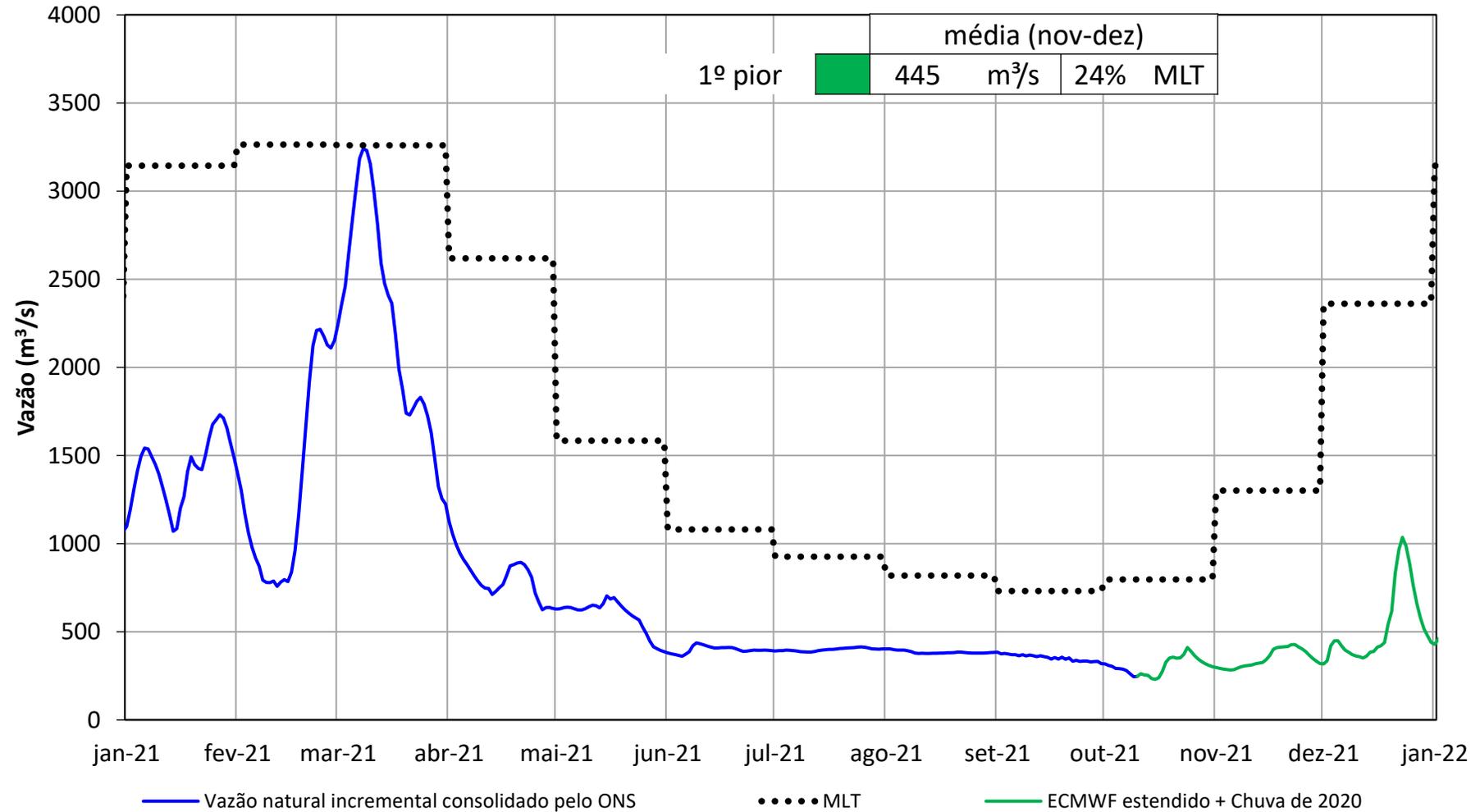
## Mecanismos usados atualmente pelo ONS para modelagem do São Francisco nos modelos energéticos

- ✓ As restrições do São Francisco atualmente são modeladas a partir do Informe;
- ✓ Para elaboração da mesma são utilizadas as seguintes premissas:
  - Cenários de vazões elaborados pelo ONS e utilizados nos seus estudos prospectivos;
  - Níveis de partida;
  - Expectativa de defluência;
  - Usos consuntivos e taxas de evaporação adotados oficialmente.
- ✓ As simulações são efetuadas com o apoio do simulador hidráulico disponível no ONS – Hydroexpert;
- ✓ São observados todos os condicionantes declarados pelos agentes de geração, bem como os indicados na resolução ANA nº2081/2017, exceto se flexibilizados pela própria ANA;
- ✓ Como estabelecido nesta mesma resolução, o dia base para definição das defluências mensais é fechamento do dia anterior ao primeiro dia útil de cada mês. Caso os armazenamentos verificados levem a enquadramentos diferentes dos estimados é necessário emitir revisão do informe.

Cenário de Vazão



Vazões Incrementais ao Reservatório de Sobradinho - Previsões a partir de dados de chuva



## INFORME SOBRE O PLANEJAMENTO E A PROGRAMAÇÃO DA OPERAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS HIDROELÉTRICOS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO NO PMO DE DEZEMBRO DE 2021

O acompanhamento da operação hidráulica da bacia do rio São Francisco é realizado através de grupo de trabalho, coordenado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), com participação do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS); CHESF; CEMIG; IBAMA; ANEEL; MME; CEMADEN; CODEVASF; Comitê de Bacia do rio São Francisco - CBHSF; órgãos estaduais de meio ambiente e de gestão de recursos hídricos de Minas Gerais, da Bahia, de Pernambuco, de Sergipe e de Alagoas; do Ministério Público Federal; da CCEE; e de outros usuários da água na bacia do rio São Francisco.

Considerando as definições da Resolução ANA 2.081 / 2017, que passou a vigorar em maio/2019, as necessidades eletroenergéticas do Sistema Interligado Nacional – SIN, as simulações feitas pelo ONS, os armazenamentos verificados, as declarações de restrições hidráulicas e as decisões desta sala de acompanhamento, serão adotadas as seguintes condições operativas para os aproveitamentos hidroelétricos da bacia do rio São Francisco pelos modelos DESSEM, DECOMP e NEWAVE.

### 1. Condições operativas adotadas nos modelos DECOMP e DESSEM

#### I. Três Marias – Consideração das seguintes vazões defluentes (\*):

- mínima média diária de 150 m³/s (\*\*) de 00:00 horas do dia 27/11/2021 até 23:59 horas do dia 31/01/2022;
- máxima média mensal de 250 m³/s (\*\*) de 0 horas do dia 27/11/2021 até 23:59 horas do dia 31/12/2021 e 350 m³/s (\*\*) de 0 horas do dia 01/01/2022 até 23:59 horas do dia 31/01/2022.

(\*) No âmbito da consolidação da programação diária, as vazões indicadas poderão ser alteradas conforme necessidades eletroenergéticas ou para o atendimento à demanda de usos múltiplos da água.

(\*\*) Por estar, atualmente, com armazenamento inferior a 60% e superior a 30% de volume útil, o reservatório de Três Marias está posicionado na faixa de operação de ATENÇÃO. Simulações efetuadas pelo ONS indicam que este reservatório permanecerá nesta faixa de operação no início de dezembro de 2021 e janeiro de 2022. Nessa faixa de operação, a defluência mínima média diária é de 150 m³/s, conforme estabelece a resolução 2.081/2017 da ANA e declaração do FSAR-H 2.339/2021. Essa mesma resolução estabelece que o valor da defluência máxima média mensal a ser praticada deve ser estabelecida através de consulta às curvas de segurança vigentes para o período hidrológico 2021-2022 (ONS NT 0120/2021). Simulações realizadas pelo ONS apontam para armazenamentos que permitirão a prática das defluências máximas médias mensais apresentadas, conforme curvas de segurança vigentes.

II. Sobradinho – opera para atender aos usos consuntivos e à evaporação dos reservatórios a jusante, bem como à manutenção dos níveis de armazenamento mínimo da UHE Itaparica definidos a seguir, praticando defluência mínima média diária de 800 m³/s (\*).

(\*) Conforme definido na resolução 2.081/2017 e declaração de restrição hidráulica indicada no FSAR-H 680/2019

III. Itaparica – opera para atender aos usos consuntivos e evaporação dos reservatórios a jusante mantendo seu armazenamento no mínimo em 30% (\*).

(\*) Conforme definido na resolução 2.081/2017 e declaração de restrição hidráulica indicada no FSAR-H 1.727/2021

IV. Xingó – Consideração das seguintes vazões defluentes (\*):

- mínima média diária de 800 m³/s (\*\*) e máxima média mensal de 1.000 m³/s (\*\*) de 00:00 horas do dia 27/11/2021 até 23:59 horas do dia 31/12/2021.
- mínima média diária de 800 m³/s (\*\*) e máxima média mensal de 900 m³/s (\*\*) de 00:00 horas do dia 01/01/2022 até 23:59 horas do dia 31/01/2022.

(\*) No âmbito da consolidação da programação diária, as vazões indicadas poderão ser alteradas conforme necessidades eletroenergéticas ou para o atendimento à demanda de usos múltiplos da água.

(\*\*) Por estar, atualmente, com armazenamento inferior a 60% e superior a 20% de volume útil, o reservatório de Sobradinho posiciona-se na faixa de operação de ATENÇÃO. Simulações efetuadas pelo ONS indicam que este reservatório permanecerá nesta faixa de operação no início de dezembro de 2021 e janeiro de 2022. Nessa condição, conforme estabelece a resolução 2.081/2017 da ANA, a defluência mínima média diária da UHE Xingó é de 800 m³/s. Essa mesma resolução estabelece que o valor da defluência máxima média mensal a ser praticada deve ser estabelecida através de consulta às curvas de segurança vigentes para o período hidrológico 2021-2022 (ONS NT 0120/2021). Simulações realizadas pelo ONS apontam para armazenamentos que permitirão a prática das defluências máximas médias mensais apresentadas, conforme curvas de segurança vigentes.

### 2. Condições operativas adotadas no modelo NEWAVE

I. Três Marias – Consideração das defluências mensais relacionadas na tabela a seguir:

Mês	Defluência (m³/s)	
	Mínima	Máxima
Dezembro/2021 <sup>1</sup>	150	250
Janeiro/2022 <sup>1</sup>	150	350
Fev/2022 a Dez/2025 <sup>2</sup>	150	-

<sup>1</sup> Compatibilização com os modelos de curto prazo.

<sup>2</sup> Conforme informação divulgada na reunião do PMO de abril/2019, em razão da entrada em vigor da Res. ANA 2.081/2017.

II. Sobradinho – opera para atender aos usos consuntivos e à evaporação dos reservatórios a jusante, bem como à manutenção dos níveis de armazenamento mínimo da UHE Itaparica definidos a seguir, praticando defluência mínima média diária de 800 m³/s.

III. Itaparica – opera para atender aos usos consuntivos e evaporação dos reservatórios a jusante mantendo seu armazenamento no mínimo em 30% (\*).

(\*) Conforme definido na resolução 2.081/2017 e declaração de restrição hidráulica indicada no FSAR-H 1.727/2021

IV. Xingó – Consideração das seguintes vazões defluentes mensais:

Mês	Defluência (m³/s)	
	Mínima	Máxima
Dezembro/2021 <sup>1</sup>	800	1.000
Janeiro/2022 <sup>1</sup>	800	900
Fev/2022 a Dez/2025 <sup>2</sup>	800	-

<sup>1</sup> Compatibilização com os modelos de curto prazo.

<sup>2</sup> Conforme informação divulgada na reunião do PMO de abril/2019, em razão da entrada em vigor da Res. ANA 2.081/2017.

## Status

Os modelos de planejamento e programação da operação atualmente adotados pelo ONS não representam em seu processo de otimização as limitações operativas impostas por faixas de armazenamento ou por curvas de segurança, como é o caso na bacia do rio São Francisco, quando das limitações impostas pela Resolução ANA 2.081/2017 ao evoluir nos estágios de otimização e atingir níveis de armazenamentos abaixo de 60% nos reservatórios das UHE Três Marias e Sobradinho.

Como consequência dessa não representatividade e **das incertezas das vazões geradas**, ocorre o deplecionamento dos reservatórios de forma acelerada, levando-os a faixas operativas com restrições de defluências e impactando a operação do SIN.

De forma a minimizar esse impacto na definição da política operativa, é necessário o estabelecimento de diretrizes para definição de melhor metodologia a ser aplicada para utilização nos modelos energéticos.





## 1º reunião com os Agentes

- a) Apresentação da resolução 2.081/2017 – ONS;
- b) Limitações de utilização dessa resolução nos modelos DESSEM, DECOMP e NEWAVE – ONS;
- c) Mecanismos usados atualmente pelo ONS;
- d) Apresentação agente.