

SOMOS A CEMIG, A SUA,  
A NOSSA ENERGIA,

**GESTÃO DE RESERVATÓRIOS NA CRISE HÍDRICA**  
**O Caso da UHE Três Marias**



SOMOS O MAIOR GRUPO  
INTEGRADO DE ENERGIA  
DO BRASIL.

# SUMÁRIO

**1- Caracterização**

**2- A abordagem adotada**

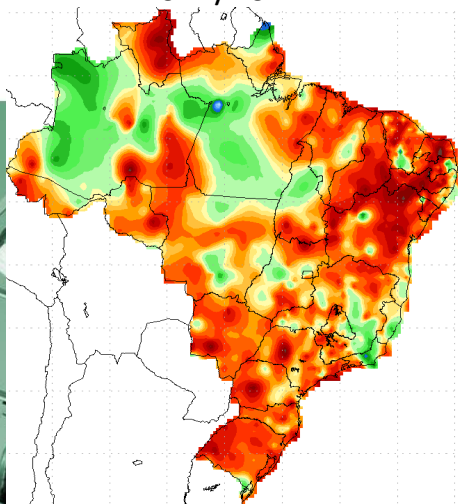
**3- Conclusões e Sugestões**

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.

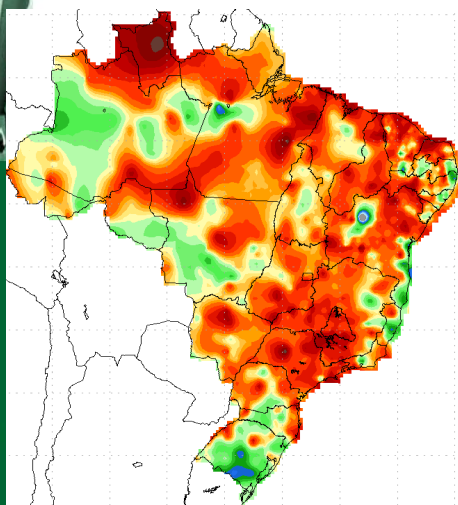
# Análise das últimas estações chuvosas



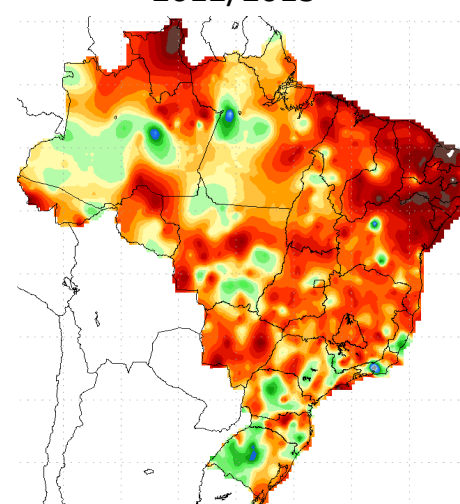
2011/2012



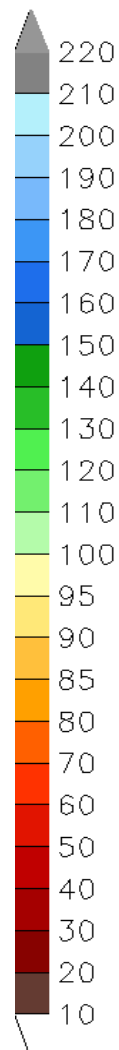
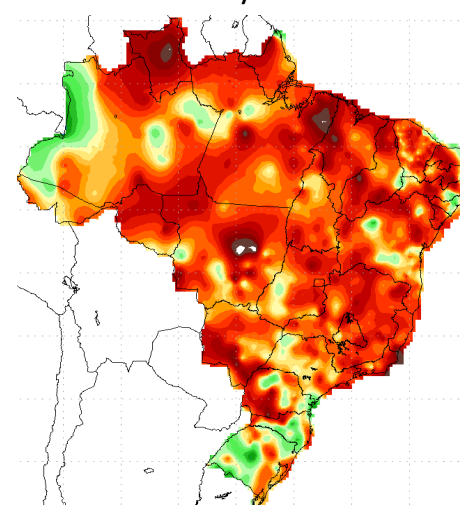
2013/2014



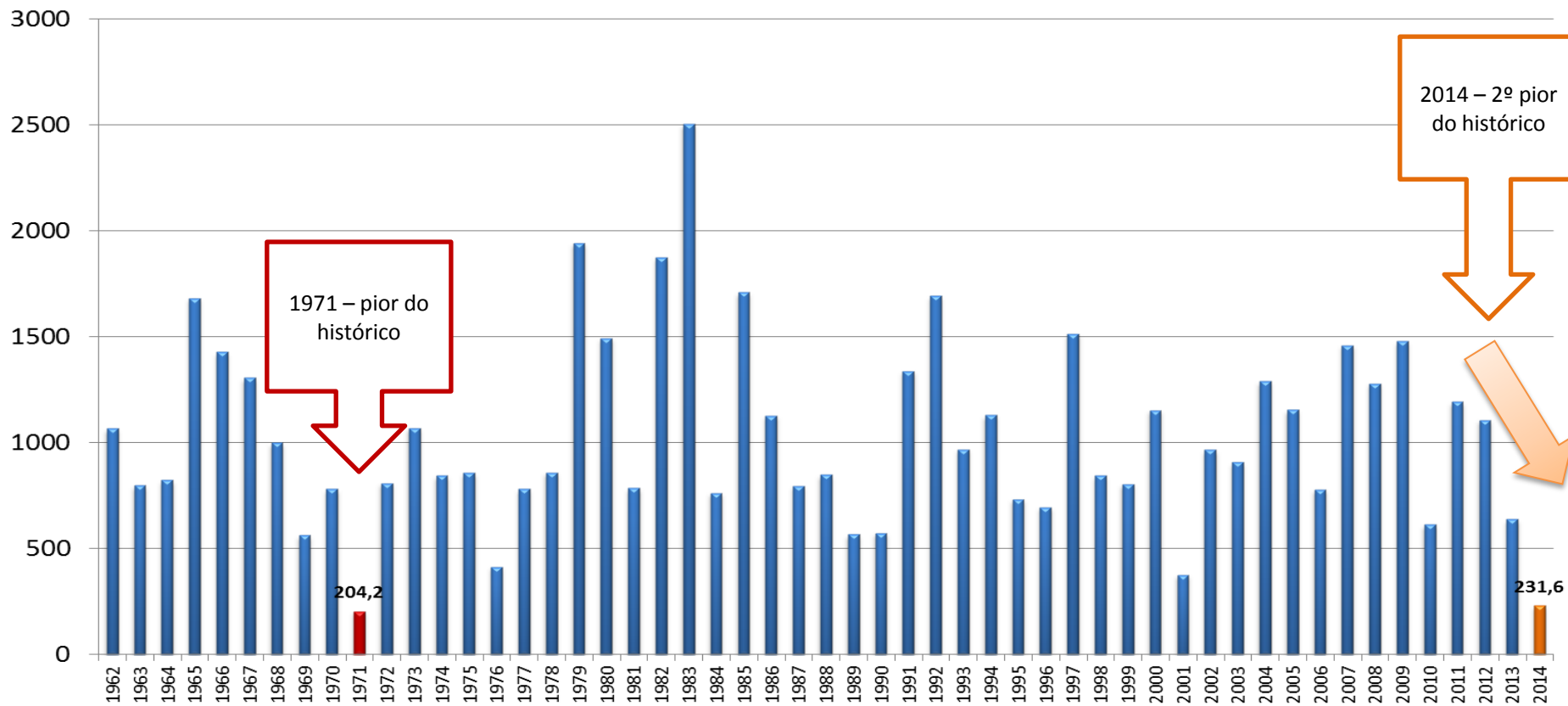
2012/2013



2014/2015

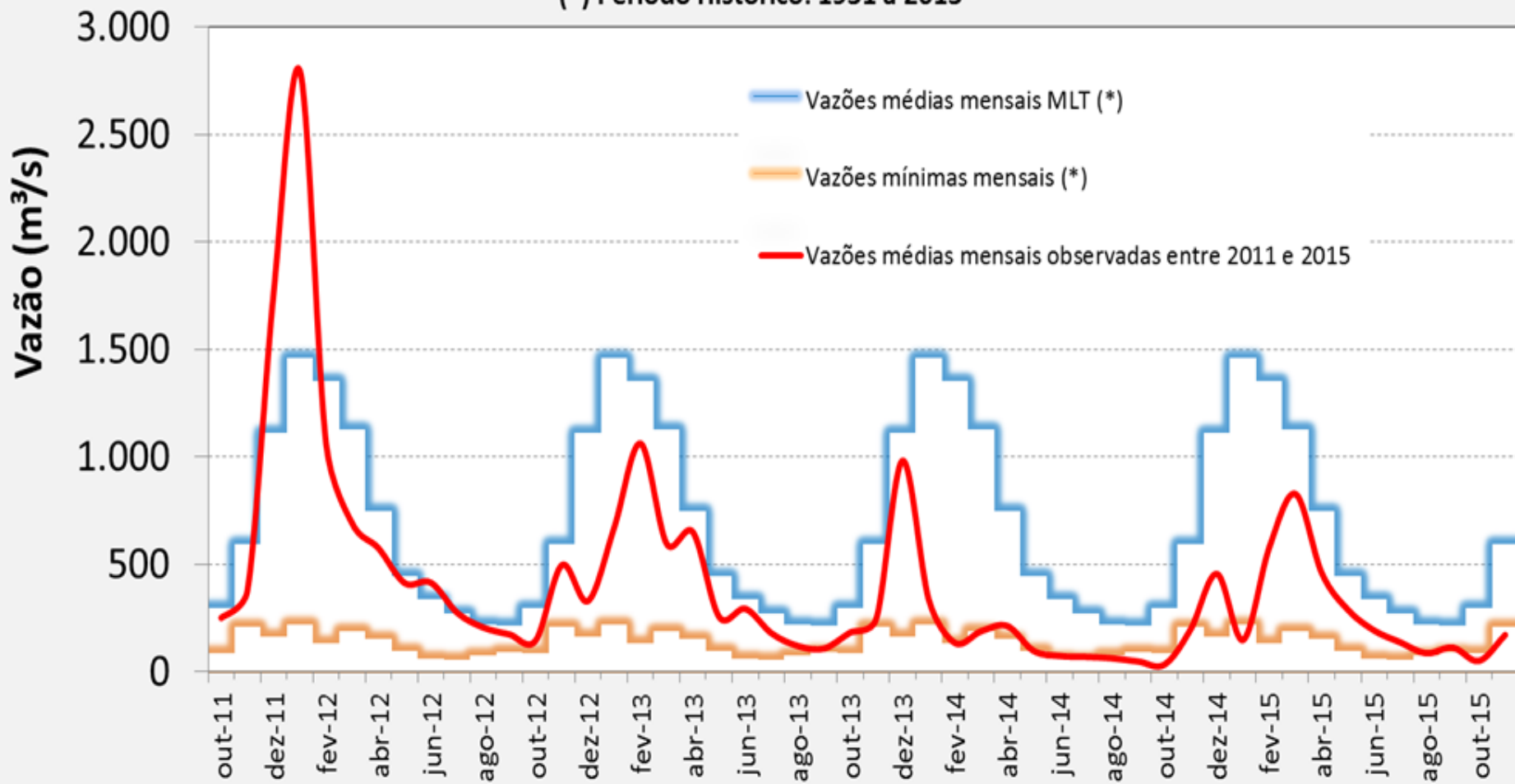


## Histórico de Afluências à UHE Três Marias - Período: Janeiro a Maio (desde o início de operação da usina - 1962)



# Vazões Médias Mensais Naturais do Rio São Francisco em Usina Hidrelétrica Três Marias

(\*) Período Histórico: 1931 a 2013



# O Reservatório de **Uso Múltiplo** da UHE Três Marias

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



**GERAÇÃO DE  
ENERGIA**

**IRRIGAÇÃO**

**AQUICULTURA**

**ABASTECIMENTO  
DOMESTICO E INDUSTRIAL**

**NAVEGAÇÃO**

**CONTROLE DE CHEIAS**

**LAZER E TURISMO**

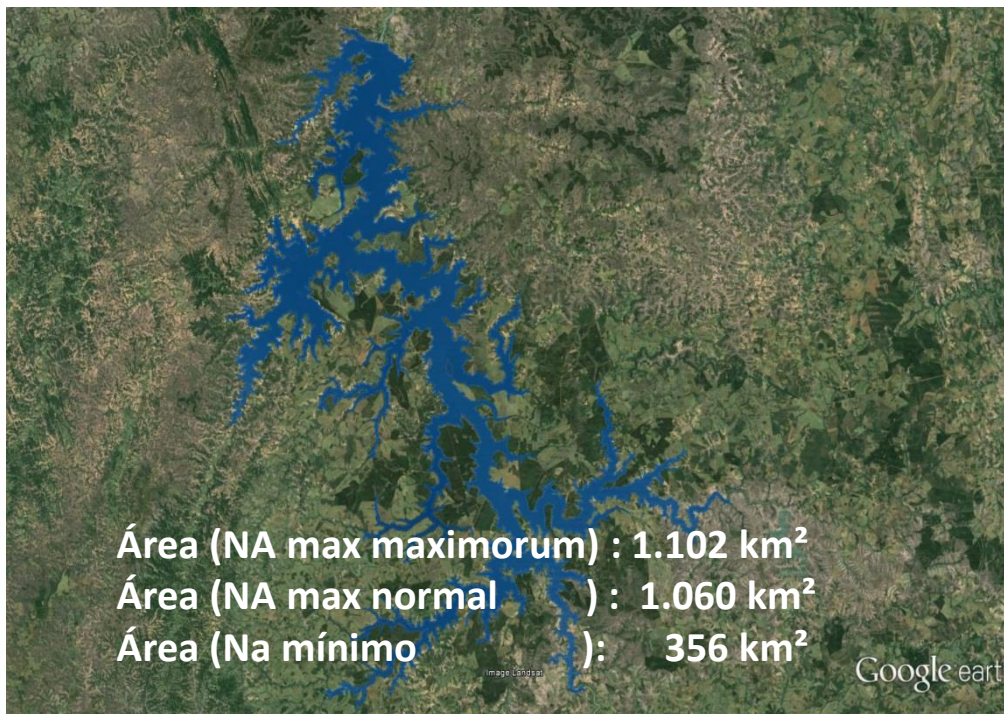
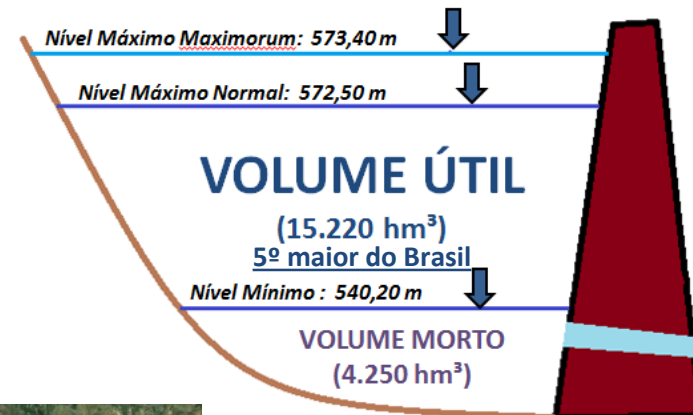
**CEMIG**

# Reservatório de Três Marias – Níveis Operativos, Áreas e Volumes

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.

Início de Operação: 1962

Potência declarada: 396 MW



Área (NA max maximorum) : 1.102 km<sup>2</sup>  
Área (NA max normal ) : 1.060 km<sup>2</sup>  
Área (Na mínimo ) : 356 km<sup>2</sup>

Google earth

Engolimento das máquinas:  
máximo: 900 m<sup>3</sup>/s  
Mínimo de projeto: 105 m<sup>3</sup>/s

Vertimento max. pelas  
comportas : 8700 m<sup>3</sup>/s

**CEMIG**

## LAZER E TURISMO A MONTANTE

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.

UHE Três Marias 5,8% VU – Dez/2014



CEMIG



## AQUICULTURA A MONTANTE

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



**CEMIG**

## ABASTECIMENTO

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.

**Pirapora:** Antes da crise dois sistemas: gravidade e flutuante.



**Outras Cidades:** captação por flutuantes.

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.

## Flexibilização de Defluências Mínimas

### Captação Abastecimento Pirapora



Limpeza do Canal de  
Captação



Est. Bombeamento  
Flutuante



Novo sistema de bombeamento  
por flutuante

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.

## NAVEGAÇÃO E TURISMO A JUSANTE



Navegação Benjamim Guimarães

Turismo cidade de Pirapora  
durante feriados e férias



SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.

## IRRIGAÇÃO À JUSANTE

**Projeto Pirapora (1979)** : a 12 km de Pirapora.

**Projeto Jaíba (1975)** :

Localização: Matias Cardoso-MG

Dimensões: sete quilômetros de extensão e capacidade de  $80\text{m}^3/\text{s}$ , irriga cerca de 28 mil hectares.

Requisito: vazão do rio São Francisco em Matias Cardoso superior a  $400\text{ m}^3/\text{s}$ .

Consumo atual :  $20\text{ m}^3/\text{s}$

**Outros Projetos Privados**: inúmeros.

Projeto Jaíba – Norte de MG



# Projeto de Irrigação Jaíba – Norte MG

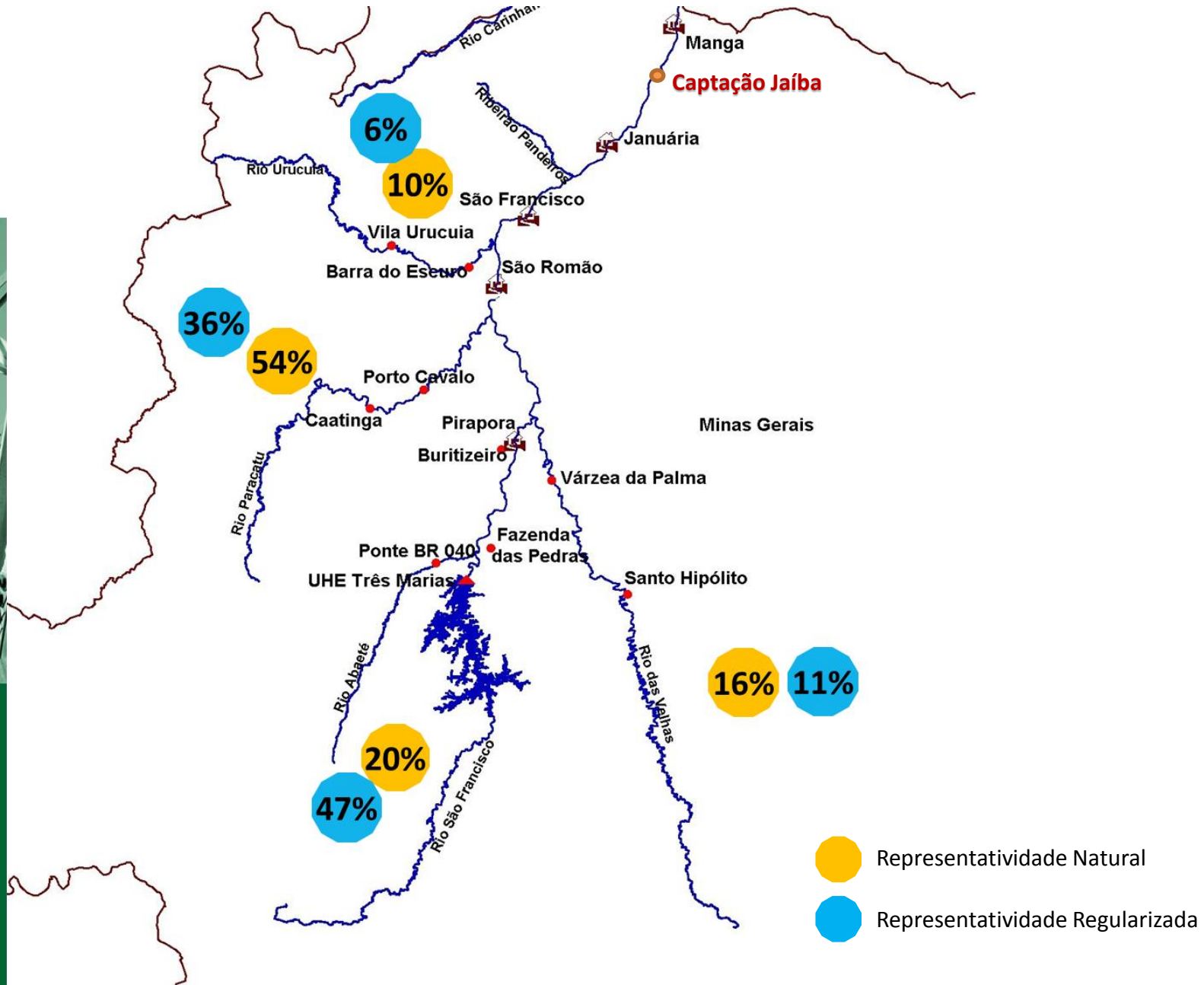


# Bacia Hidrográfica UHE Três Marias

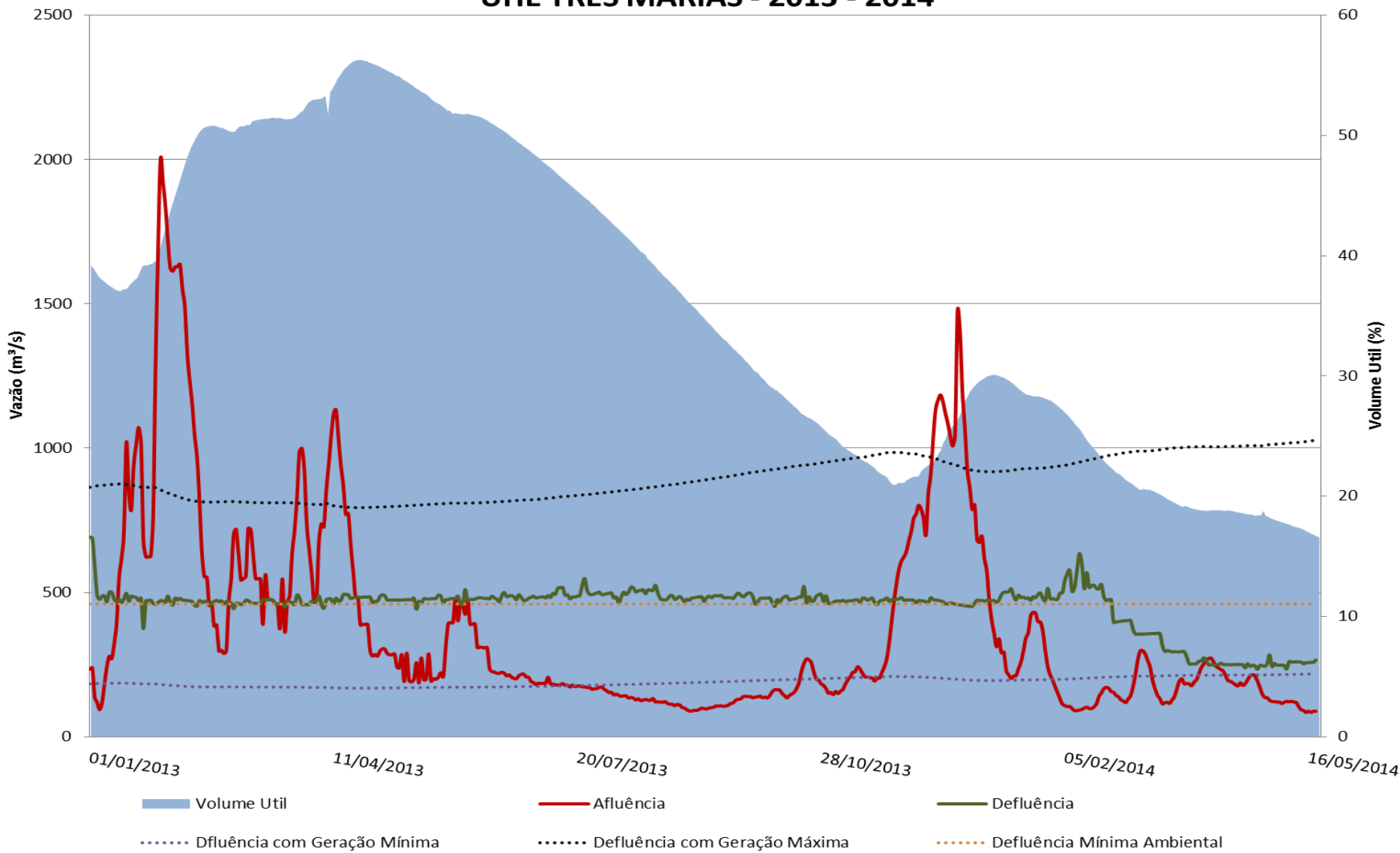
SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



CEMIG



# UHE TRES MARIAS - 2013 - 2014



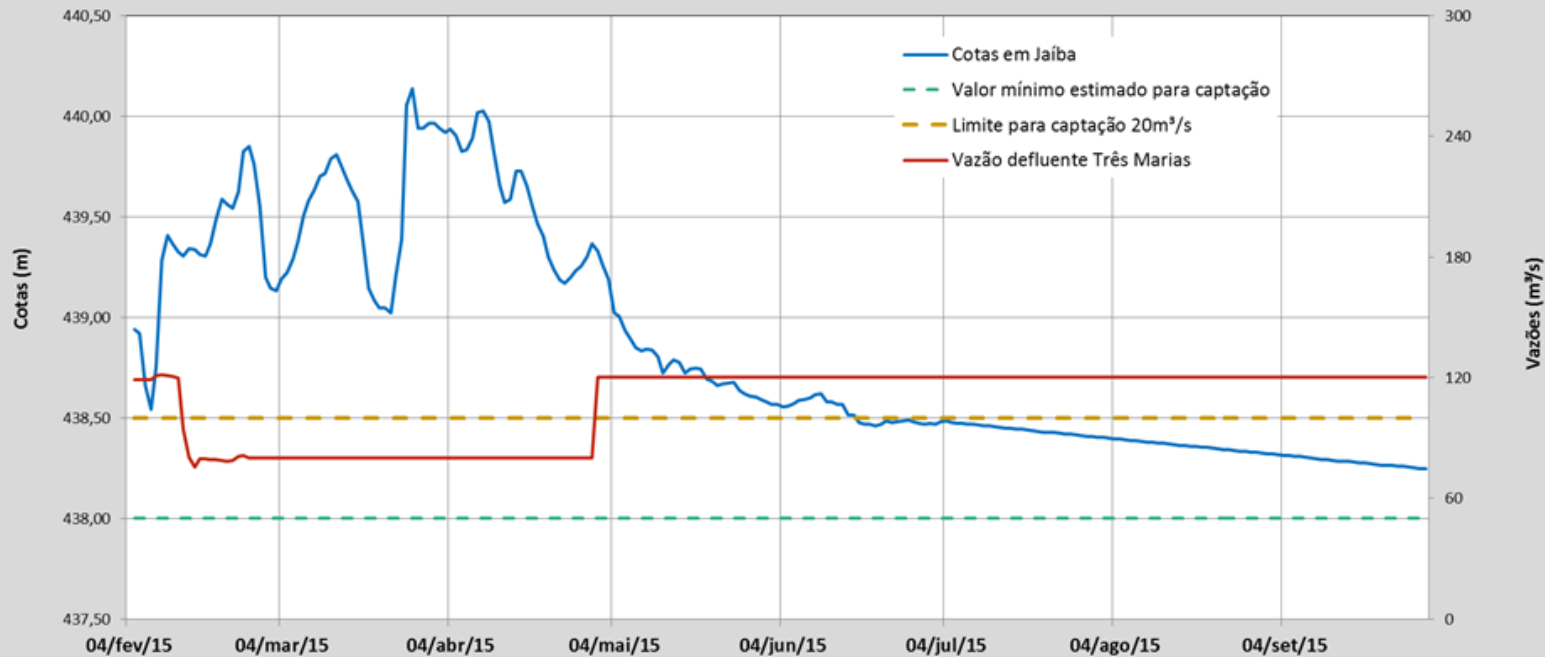


## Análises de cotas futuras na seção de captação do Projeto Jaíba

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.

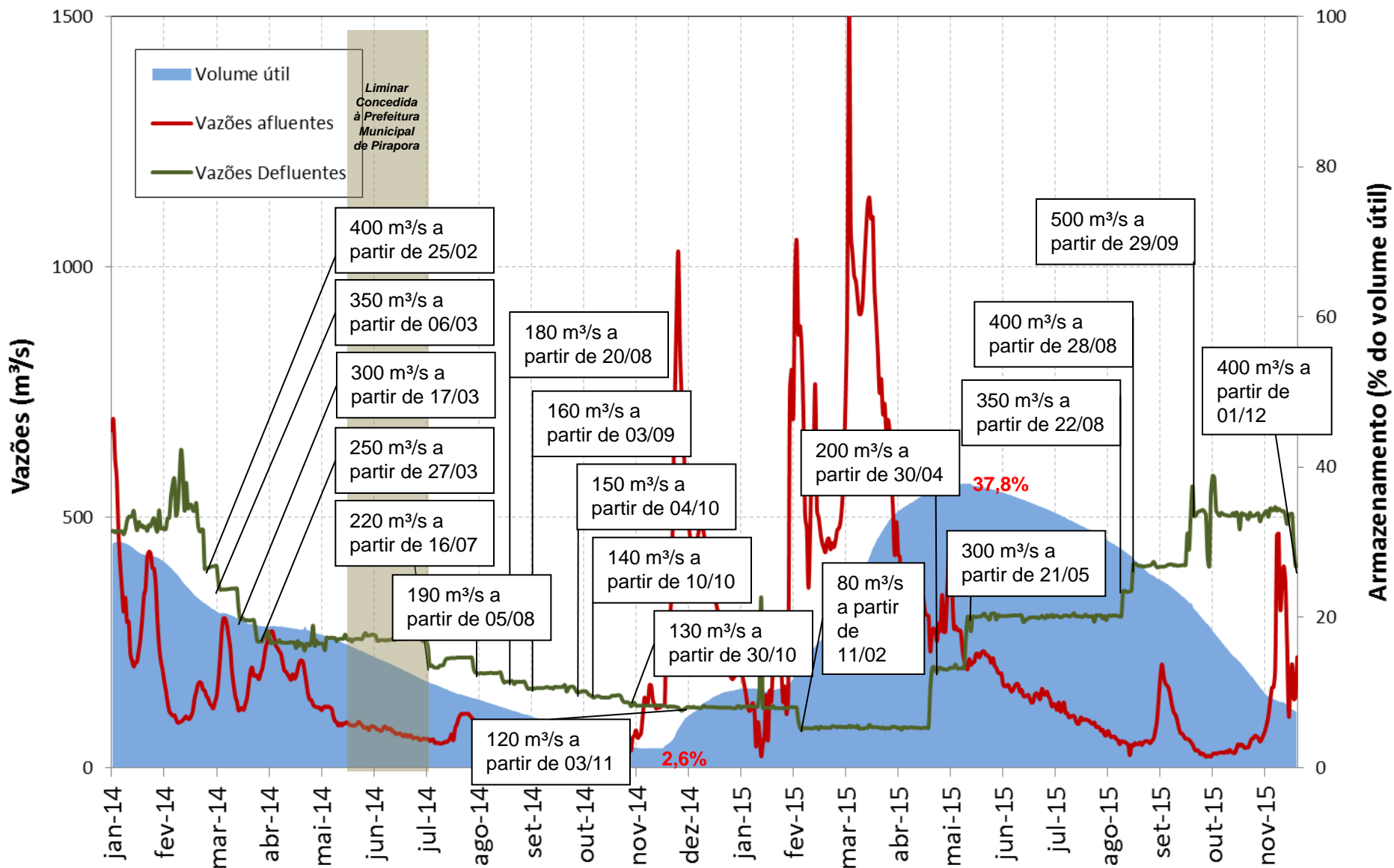


**Previsão de COTAS Projeto Jaíba**  
(defluência em Três Marias igual a 120 m<sup>3</sup>/s a partir de 01/05/2015 e 100% da incremental de 2014)



Simulações hidrológicas e análises da equipe de Engenharia Mecânica da CEMIG suportam a tomada decisão para a operação do Jaíba

# Operação da UHE Três Marias - Período: 01/Jan/2014 a 03/dez/2015



SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



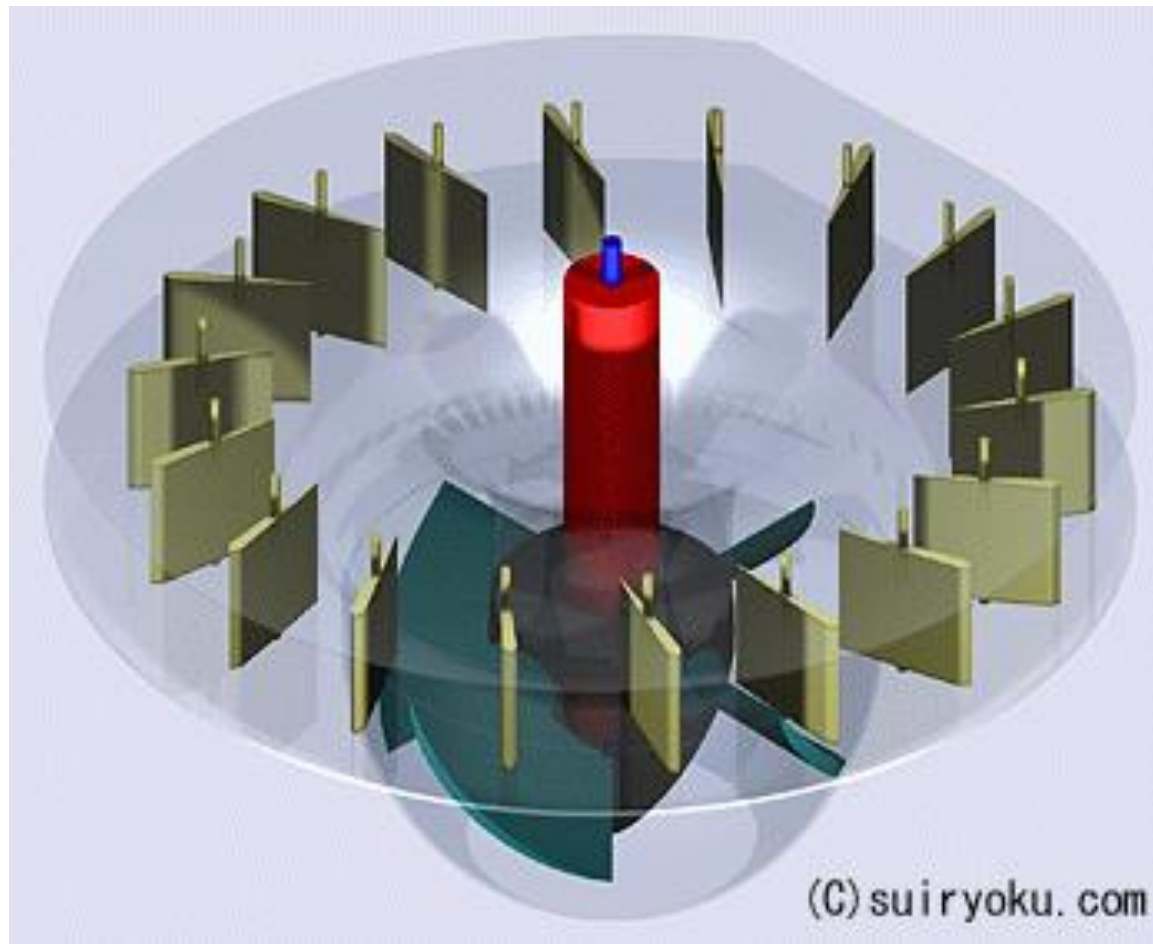
### Estudos para garantir vazão a jusante

- Operação das máquinas até limite do volume útil
- Operação em nível abaixo do projeto da máquina
- Operação estática da unidade geradora
- Operação de unidades geradoras a vazio (speed no load)
- Utilização de vazões através de sistemas periféricos
- Utilização das estruturas de expansão da usina

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



## Testes de Giro a Vazio e Operação Estática da Máquina



### UHE Três Marias

Engolimento Giro a Vazio  $\approx 17 \text{ m}^3/\text{s}$

Engolimento Operação Estática  $\approx 14 \text{ m}^3/\text{s}$

# Ensaio dinâmicos nas unidades geradoras

## Medições de Vazão à jusante

Três Marias Jusante

UHE Três Marias



SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



## Conclusões

**CEMIG**

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



## A Gestão em Momentos de Crise Hídrica

### COMO MINIMIZAR O CONFLITO NO FUTURO???

1) Definir, com os diversos **ATORES**, uma ou mais **CURVAS DE SEGURANÇA** para o **RESERVATÓRIO**, com indicação de:

- NA mínimo no final do período SECO
- QUANDO será o final do período SECO
- NA mínimo no final do período CHUVOSO
- QUANDO será o final do período CHUVOSO
- Para qual CENÁRIO (série de Vazões)
- Para qual Tempo de Retorno (risco) será definido o VOLUME DE ESPERA para controle de cheias
- Identificar e revisar todas as restrições

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



## COMO MINIMIZAR O CONFLITO NO FUTURO???

### 2) Tratar outras questões : PROBLEMA CERTO

**O PROBLEMA de restrições de jusante, muitas das vezes é de NÍVEL e não de VOLUME ! Devem-se prever sistemas de captação mais eficientes !**

### 3) Reavaliar e monitorar o LIMITE de OUTORGA DE USO DA ÁGUA na bacia.

### 4) Fortalecer fóruns legítimos de negociação.

### 5) Evitar a judicialização.

### 6) Trabalhar com o pior cenário

### 7) Definir vazão de entrega entre os estados



SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



**CEMIG**

Marcelo de Deus Melo  
[mdeus@cemig.com.br](mailto:mdeus@cemig.com.br)  
Gerência de Planejamento  
Energético – PO/PE

**OBRIGADO!**

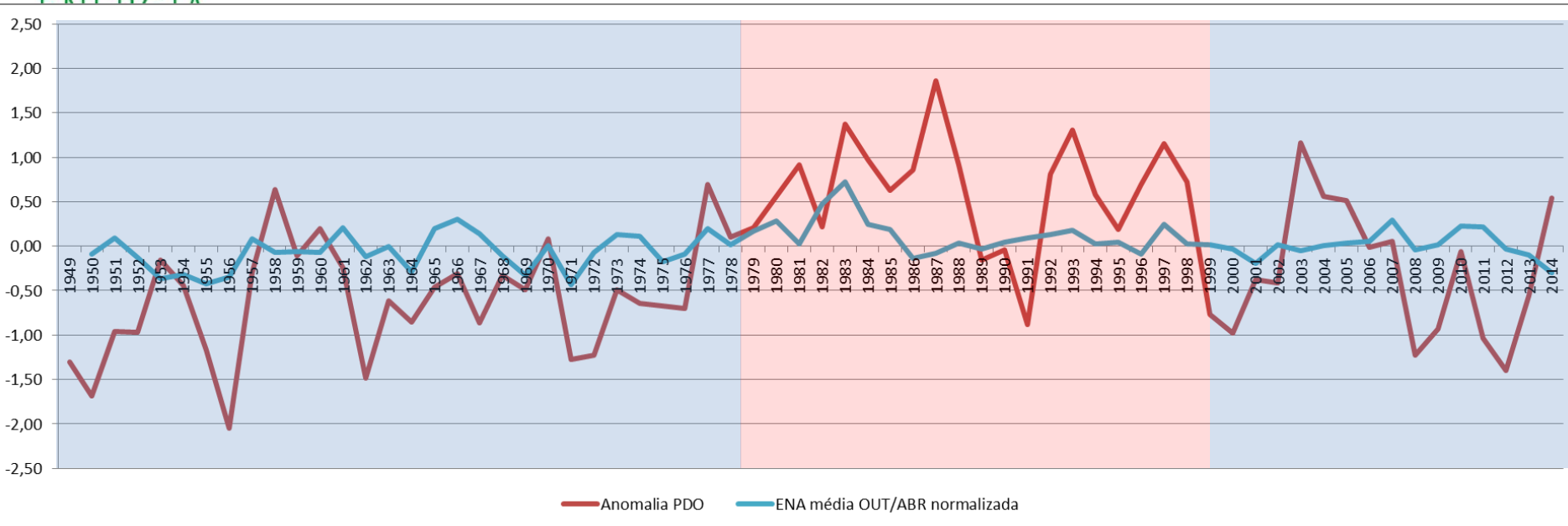
SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA

# Efeitos da ODP na ENA do SUDESTE

FASE FRIA

FASE QUENTE

FASE FRIA



Efeitos	Fase Fria 1	Fase Quente	Fase Fria Atual
Vazão do Período em relação à QMLT	-7%	13%	1%
% de anos abaixo da QMLT	62%	20%	41%
Eventos de cheia		Maiores Cheias	
Eventos de seca	Estiagens severas		Estiagens severas

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



## Principais Ações que Levaram ao Sucesso da Operação

**CEMIG**

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



# Principais Ações que Levaram ao Sucesso da Operação

## 1. Negociações com a Sociedade

- Prefeituras
- Comitês do São Francisco
- Comitê do entorno do lago
- Projeto de irrigação do Jaíba

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.

# Principais Ações que Levaram ao Sucesso da Operação

## 2. Negociações com os Agentes

- ONS – Operador Nacional do Sistema
- ANA – Agência Nacional da Água

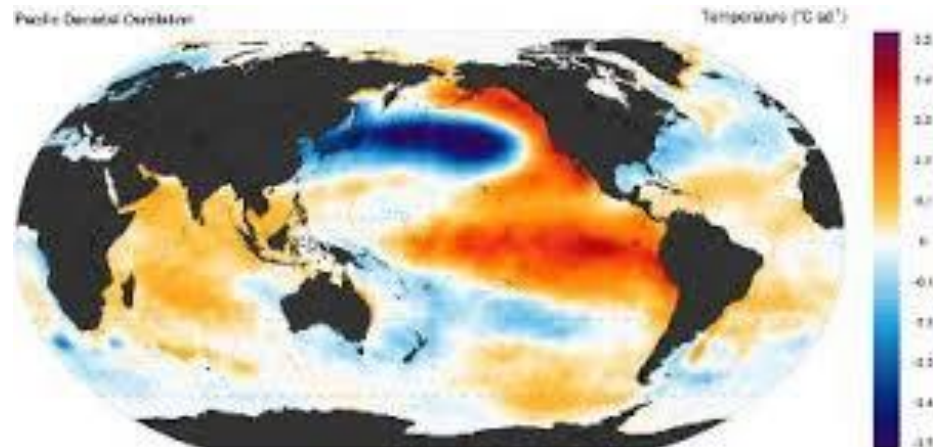


SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.

# Principais Ações que Levaram ao Sucesso da Operação

## 3. Previsões Climáticas

- Previsões de chuvas p/ vários meses
- Análise de tendências e
- Influência de teleconexões
- Trabalhar com pior cenário



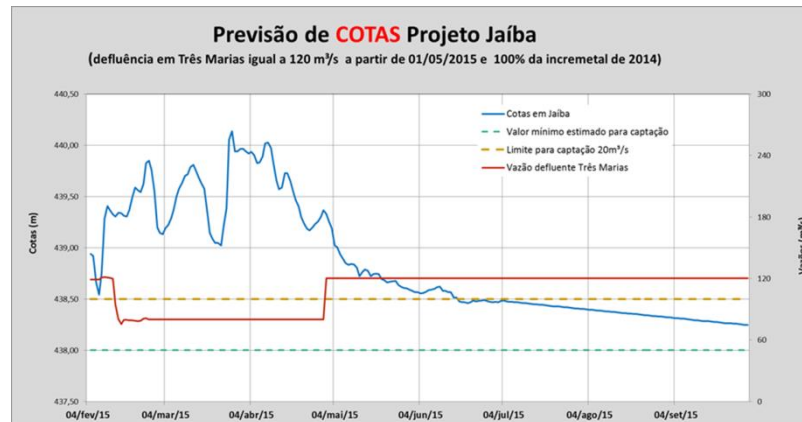
SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.

# Principais Ações que Levaram ao Sucesso da Operação



## 4. Previsões Hidrológicas e de Propagação de Vazões

- Análise hidrológica determinística
- Análise estatística
- Desenvolvimento de modelos de propagação hidráulica



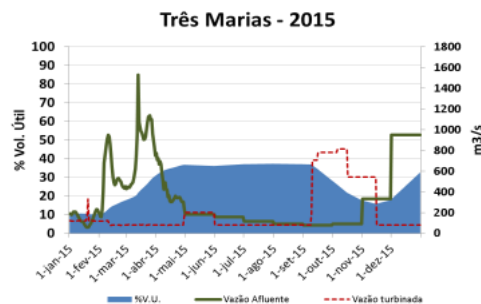
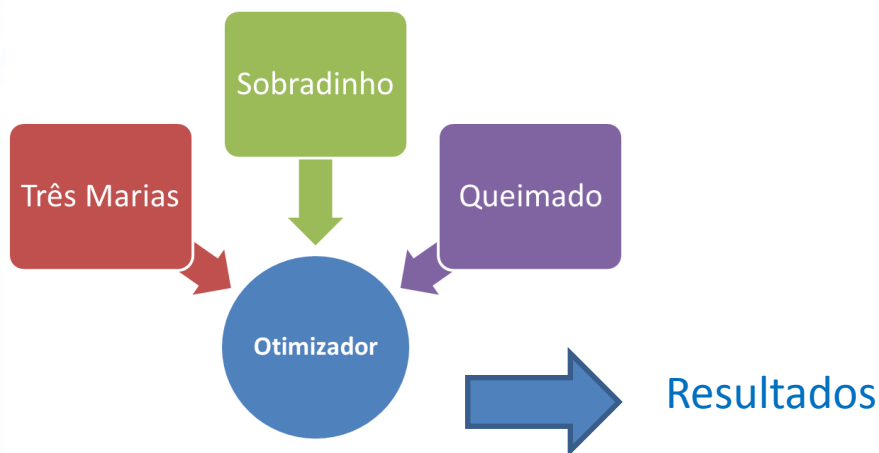
# Principais Ações que Levaram ao Sucesso da Operação

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



## 5. Otimizadores e Simuladores

- Simulação dos reservatórios p/ vários meses-longo prazo
- Proposição de políticas de operação
- Otimização da operação da cascata do São Francisco



Defluências,  
Armazenamentos,  
Evaporação, Infiltração, ...



SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



## Testes para medição de vazões

- Data: 14 a 16/10/14
- Ensaio de fluxo com máquina parada e medição do engolimento;
- Ensaio de operação a vazio e rotação nominal, com medição do engolimento;
- Ensaio dinâmico para definição de nova faixa operativa com queda bruta de 35m.

## A Crise Hídrica 2013/2014 – Ensaio dinâmico nas unidades geradoras

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.



**CEMIG**

# A Crise Hídrica 2013/2014 – Ensaios dinâmicos nas unidades geradoras

## Teste de fluxo c/ máquina parada - resultados

### Dados colhidos com a Kaplan na posição de 0°

CONDIÇÃO	VER	VEA	VTR	VTA	VEIX	VPR	VTT	VTS	PTS	OAE	KAPLAN	DISTRIBUIDOR	A0
	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(Mca)	(Um)	(%)	(%)	(mm)
PARADA	0,06	0,13	0,06	0,1	0,04	0,1	0,11	1,28	0,64	99	0	0	0
PARADA	0,3	0,58	0,31	0,54	0,24	0,26	0,43	5,01	2,48	100	0	2	9
PARADA	0,51	1,24	0,51	1,05	0,37	0,34	0,61	8,16	4,95	141	0	4	18
PARADA	0,55	1,1	0,54	1,03	0,39	0,32	0,65	7,99	5,48	110	0	6	26
PARADA	0,45	1,01	0,52	1,07	0,46	0,27	0,54	9,26	7,17	125	0	8	36
PARADA	0,56	0,94	0,59	0,99	0,56	0,28	0,54	7,5	6,71	107	0	9,5	41
PARADA	0,78	1,34	0,86	1,23	0,96	0,38	0,89	9,74	8,03	184	5	9,5	41

### Dados colhidos com a Kaplan na posição de 16°

CONDIÇÃO	VER	VEA	VTR	VTA	VEIX	VPR	VTT	VTS	PTS	OAE	KAPLAN	DISTRIBUIDOR	A0
	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(Mca)	(Um)	(%)	(%)	(mm)
PARADA	0,06	0,12	0,05	0,08	0,05	0,12	0,09	1,28	0,59	59	40	0	0
PARADA	0,46	0,63	0,39	0,57	0,45	0,27	0,46	4,22	2,16	90	40	2	9
PARADA	2,3	1,55	1,38	1,6	1,76	0,48	1,10	8,36	3,9	176	40	4	18
PARADA	2,19	2,96	2,00	2,41	1,92	0,57	1,75	12,32	5,47	289	40	6	26
PARADA	2,13	3,40	2,08	3,43	1,76	0,66	1,69	17,88	7,56	308	40	8	36
PARADA	2,22	1,90	2,33	3,45	2,06	0,65	1,80	17,99	7,67	353	40	9,5	41

### Dados colhidos com a Kaplan na posição de 32°

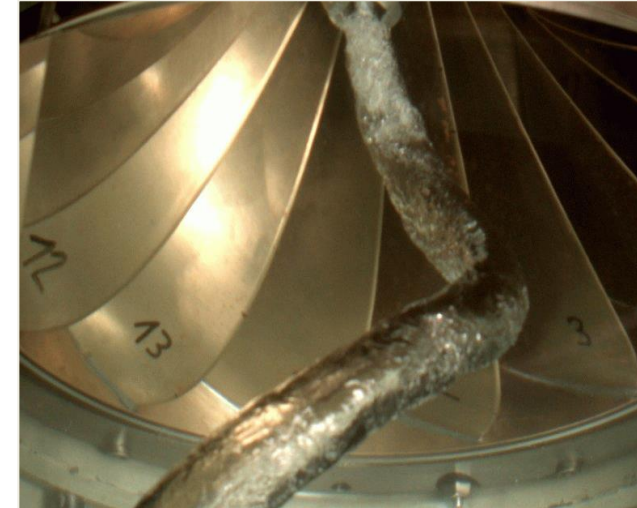
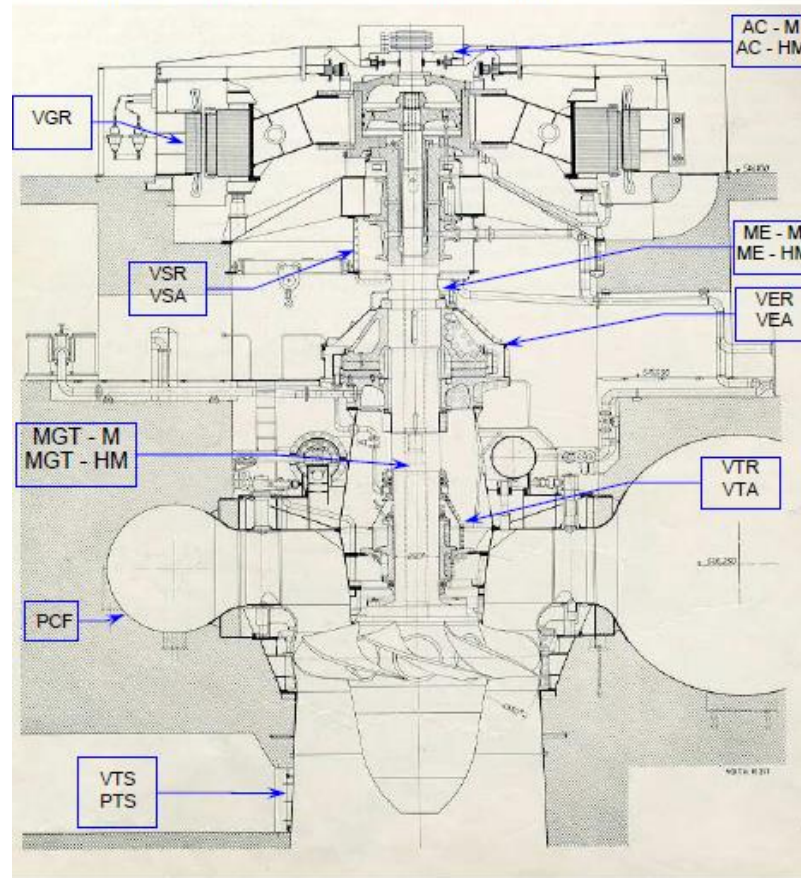
CONDIÇÃO	VER	VEA	VTR	VTA	VEIX	VPR	VTT	VTS	PTS	OAE	KAPLAN	DISTRIBUIDOR	A0
	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(mm/S RMS)	(Mca)	(Um)	(%)	(%)	(mm)
PARADA	0,05	0,12	0,05	0,08	0,05	0,1	0,1	1,31	0,46	66	100	0	0
PARADA	0,63	0,93	0,57	0,67	0,62	0,33	0,54	5,96	2,09	90	100	2	9
PARADA	1,42	1,99	1,28	2,27	1,7	0,53	1,07	10,03	4,1	227	100	4	18
PARADA	1,6	2,57	1,67	2,65	1,96	0,69	1,31	13,02	5,78	368	100	6	26
PARADA											100	8	36
PARADA											100	9,5	41

SOMOS  
A CEMIG,  
A SUA,  
A NOSSA  
ENERGIA.

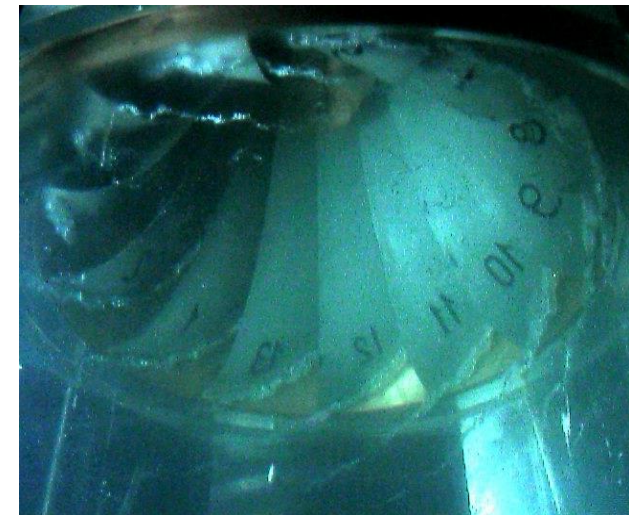


## Ensaios para determinação de novas Faixas Operativas

– DESENHO ILUSTRATIVO COM OS PONTOS MONITORADOS



Com vórtices



Sem vórtices

### UHE Três Marias

Engolimento Projeto =  $105 \text{ m}^3/\text{s}$

Engolimento Viabilizado pelos testes  $\approx 70 \text{ m}^3/\text{s}$