

**Alocação de Água**  
**Reservatório**  
**Salgueiro**  
**(Açude do Sítio**  
**Algodões)**  
**2019-2020**

Salgueiro - PE  
30/05/2019



## Pauta da Reunião

- I. Programa de Operação, Manutenção e Monitoramento de Barragens – geração fotovoltaica
- II. Alocação de Água 2018/2019 – compromissos e ações
- III. Batimetria do reservatório Salgueiro
- IV. Procedimentos para alteração da defluência do açude
- V. Comissão de Acompanhamento da Alocação

## **I. Programa de Operação, Manutenção e Monitoramento das Barragens - OMM**

**Sustentabilidade econômica da operação, manutenção preventiva, monitoramento e ações para segurança das barragens na infraestrutura hídrica instalada no semiárido**

# ATUAL SITUAÇÃO DO RESERVATÓRIO SALGUEIRO



## Gestão de Reservatórios

### NECESSIDADES

- Operação eficiente
- Monitoramento contínuo
- Manutenção preventiva
- Manutenção corretiva
- Segurança de barragens

### DESAFIOS

- Recuperação (corretiva)
- Capacidade técnica
- Instrumentação
- Serviços contínuos de OMM (preventiva)
- **Recursos financeiros suficientes**

# PESQUISA SOBRE USINAS FOTOVOLTAICAS FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO

Série  
RECURSOS ENERGÉTICOS

NOTA TÉCNICA PR 04/18

Potencial dos Recursos  
Energéticos no Horizonte 2050

Rio de Janeiro  
Setembro de 2018



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO

PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA  
2027



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



PROJETO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA  
BRA/IICA/13/001 – PROJETO DE  
DESENVOLVIMENTO DO SETOR DE  
ÁGUA - INTERÁGUAS - MINISTÉRIO  
DA INTEGRAÇÃO NACIONAL -MI

Estudo para determinar a Viabilidade  
Técnica, Econômica/Financeira e  
Ambiental - EVTEA para a utilização  
de Fontes de Energia Renovável  
Agregadas ao Projeto de Integração  
do Rio São Francisco – PISF



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



# Potencial de Energia Solar

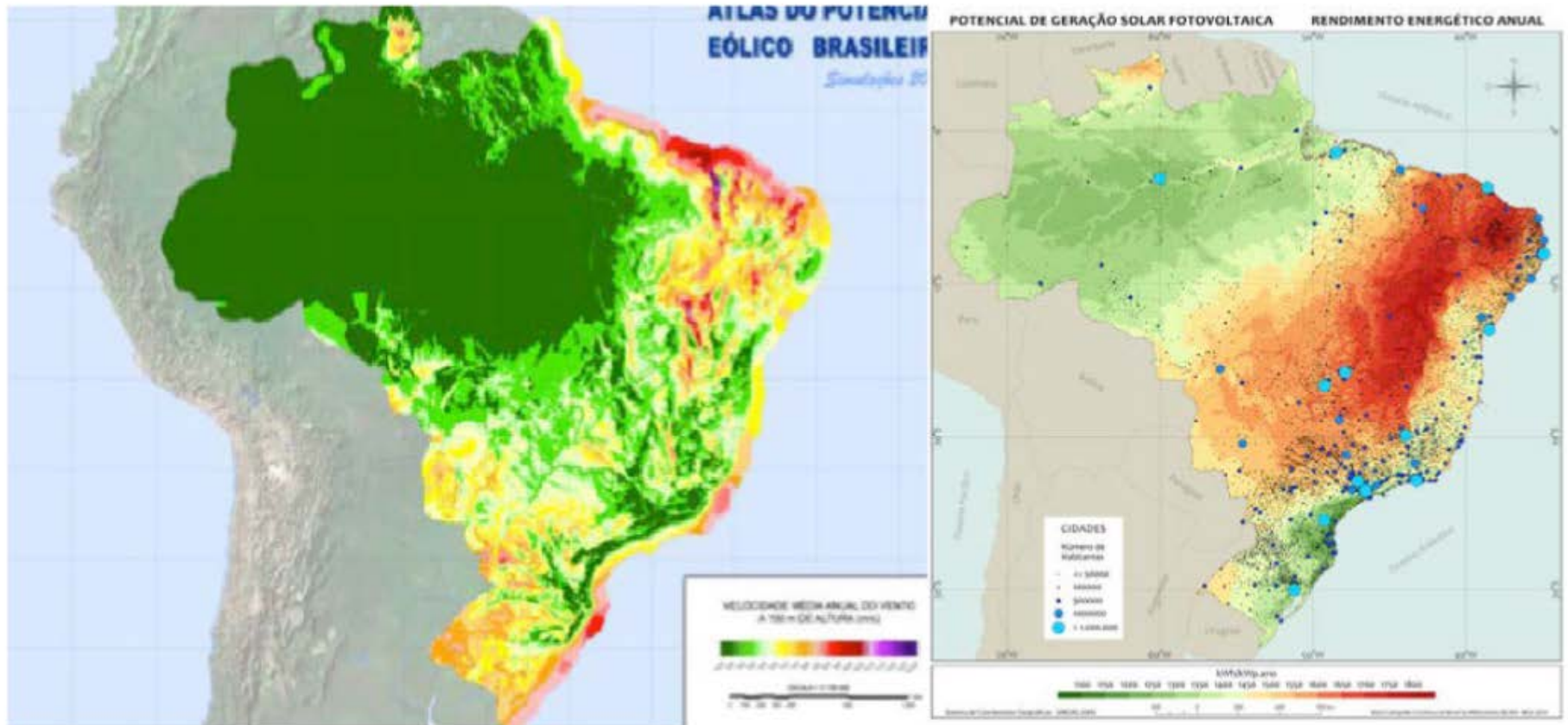
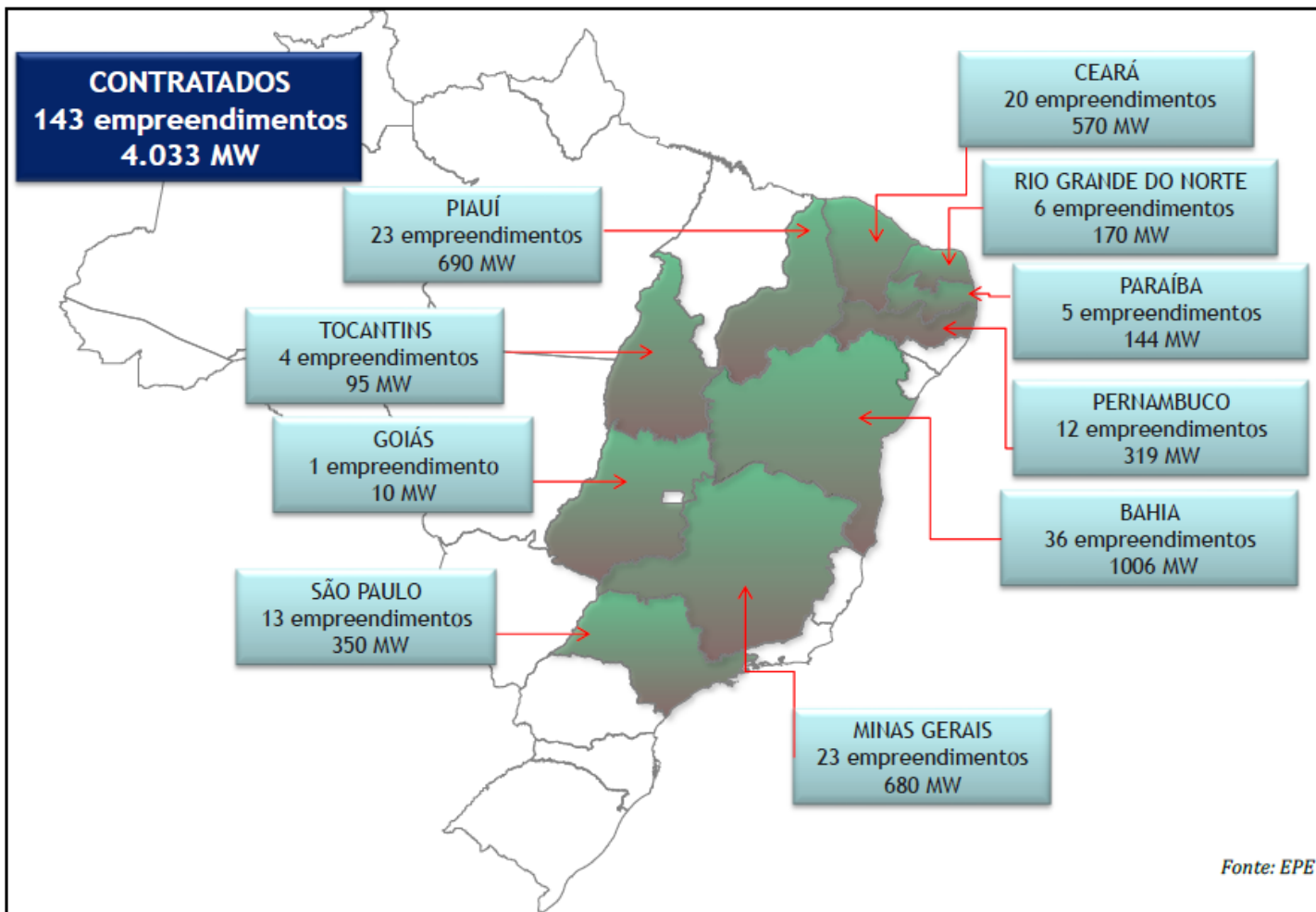


Figura 3.4 - Potencial Brasileiro de Energia Eólica e Solar..

# LOCALIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Figura 4-7 - Localização dos empreendimentos solares fotovoltaicos contratados nos leilões de energia

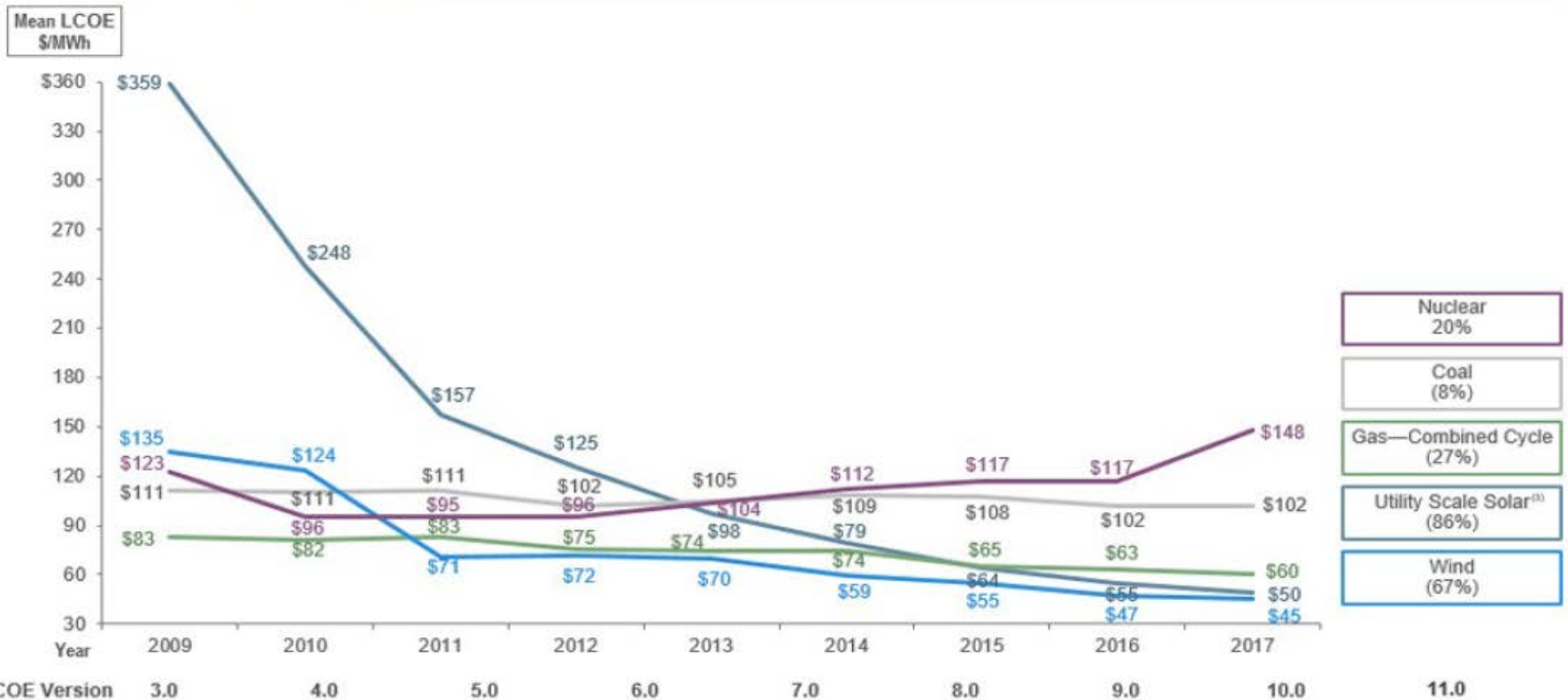




# REDUÇÃO DO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

## Summary Findings of Lazard's 2017 Levelized Cost of Energy Analysis<sup>(1)</sup>

Selected Historical Mean LCOE Values<sup>(2)</sup>



Source: Lazard estimates.

Note: Reflects average of unsubsidized high and low LCOE range for given version of LCOE study.

(1) Primarily relates to North American alternative energy landscape, but reflects broader/global cost declines.

(2) Reflects total decrease in mean LCOE since the later of Lazard's LCOE—Version 3.0 or the first year Lazard has tracked the relevant technology.

(3) Reflects mean of fixed-tilt (high end) and single-axis tracking (low end) crystalline PV installations.

# Usina Flutuante de Huainan (China) – 150 MWp

- Localização: Huainan
- Lago artificial formado em cava de antiga mina de carvão mineral
- Projeto de ancoragem e flutuadores da Sungrow
- Potência instalada: 150 MWp (maior do mundo)
- Sem alteração da qualidade da água devido a implantação da usina, comprovado por certificadores internacionais.



# Usina flutuante – UHE Sobradinho

- Localização: Sobradinho - BA
- Reservatório de UHE Sobradinho
- Projeto de ancoragem e flutuadores da Ciel et Terre
- Potência instalada: 5 MW
- P&D da Chesf e Eletronorte



# UNIDADE FOTOVOLTAICA FLUTUANTE EM PEQUENOS RESERVATÓRIOS



Figura 3.9 - Planta solar flutuante – Fazenda Figueiredo, em Cristalina – GO

# RESULTADOS DO ESTUDO DO PISF

## Geração Solar – Eixos Norte e Leste

- Entorno dos canais – R\$ 141 a R\$ 157 por MWh
- Flutuantes sobre os canais – R\$ 204 a R\$ 226 por MWh
- Reservatórios – R\$ 154 a R\$ 168 por MWh

**Considerando o preço teto do 27º LEN – Leilão de Energia Nova (solar R\$ 312/MWh e eólica R\$ 255/MWh), os arranjos estudados apresentaram viabilidade econômica.**

# VANTAGENS

- Possível facilidade de conexão nas subestações das usinas ou nas linhas próximas às mesmas;
- Facilidade no O&M das usinas flutuantes, devido a sinergia com o O&M de barragens existentes;
- Diminuição das perdas por sujidade (empoeiramento da superfície dos módulos);
- Melhora de desempenho dos módulos, quando comparados a usinas fixas em solo, devido a diminuição das perdas por temperatura;
- Custo evitado de investimento na compra/arrendamento de terrenos;
- Redução da evaporação de água nos reservatórios;
- Área para implantação sem comprometimento de área significativa do lago;
- Tecnologia com certificações internacionais que comprovam sua aplicabilidade em corpos d'água;
- Possibilidade de implantação em qualquer tipo de reservatório: estações de tratamento de água, barragens de acumulação; açudes de água, PCHs e UHEs, reservatórios artificiais para agricultura;
- Rapidez para implantação: até 400 kW com 15 profissionais;
- Preços dos componentes flutuantes em queda;
- Possibilidade de desenvolvimento de usinas híbridas.

# DESVANTAGENS

- Somente dois fornecedores em grande escala no mundo: Ciel et Terre e Sungrow.
- Preço ainda elevado dos flutuantes em relação a estrutura em solo;
- No Brasil, somente a Ciel et Terre está presente;
- Usinas de grande porte construídas apenas na Ásia, especialmente na China;
- Ancoragem das usinas em grandes reservatórios e com grande variação de nível d'água;
- Apenas a solução da Sungrow está adaptada para grandes reservatórios (inversores e transformadores em estruturas flutuantes);
- Necessidade de utilização de componentes especiais, por exemplo módulos com backsheet impermeável e cabos flutuantes ou submersos;
- Dificuldade de manutenção do ângulo azimutal devido a variações no corpo d'água, o que dificulta a obtenção de ganho ótimo;
- Incerteza regulatória quanto a utilização dos reservatórios para implantação das usinas;
- À luz da Resolução Normativa N° 738, de 27/09/2016, nos seus Anexos I e II, quais são os procedimentos específicos necessários ao Requerimento de Outorga e à obtenção da Outorga para uma usina solar fotovoltaica flutuante.
- Questões quanto aos estudos ambientais necessários para o licenciamento deste tipo de usina;

# PARÂMETROS PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE USINAS FOTOVOLTAICAS FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS

INSTALAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS SUSPENSAS NOS RESERVATÓRIOS	AREA M2	25%	50%	pot inst 25% (MW)	pot inst 50% (MW)	Potência instalável em 25% da área (MW)	Fator de carga médio	Investimento na geração R\$	Investimento em conexão R\$
<b>RESERVATÓRIOS PISF EIXO LESTE</b>	11.120.552	2.780.138	5.560.276	219,00	444,00	219,00	27,58%	878.190.000,00	102.030.888,00
Energia ano MWh/ano				529.148,50	1.061.168,20	529.145,00			
Horas / ano				2.416,20	2.390,02	2.416,19			
Horas / dia				6,62	6,55	6,62			
KW/M2				0,07877	0,07985	0,07877			
R\$/MW				4.010.000,00		4.010.000,00			
GHI (entre 5.9 e 6.1) Figura 3.11									
<b>RESERVATÓRIOS PISF EIXO NORTE</b>	61.239.814	15.309.954	30.619.907	1.231,00	2.470,00	719,00	26,51%	2.881.863.710,00	237.023.696,00
Energia ano MWh/ano				2.733.291,64	5.007.674,92	1.669.108,00			
Horas / ano				2.220,38		2.321,43			
Horas / dia				6,08		6,36			
KW/M2				0,08041		0,04696			
R\$/MW				2.341.075,31		4.008.155,37			
GHI (entre 5.8 e 6.1) Figura 3.11									

Página 80

**Perspectivas de redução do custo de implantação (EPE, Plano Decenal de Expansão de Energia – Horizonte 2027)**



Além de considerar a contribuição solar na restrição de capacidade, a sensibilidade 5.2 foi elaborada admitindo-se a hipótese de redução expressiva no investimento da opção fotovoltaica, de 40% a partir de 2024, de modo que seu custo de implantação cairia para aproximadamente R\$ 2.400/kW.



# EXEMPLO - ESTIMATIVA PARA O RESERVATÓRIO ENTREMONTES (viabilidade depende do PISF para o açude não secar)

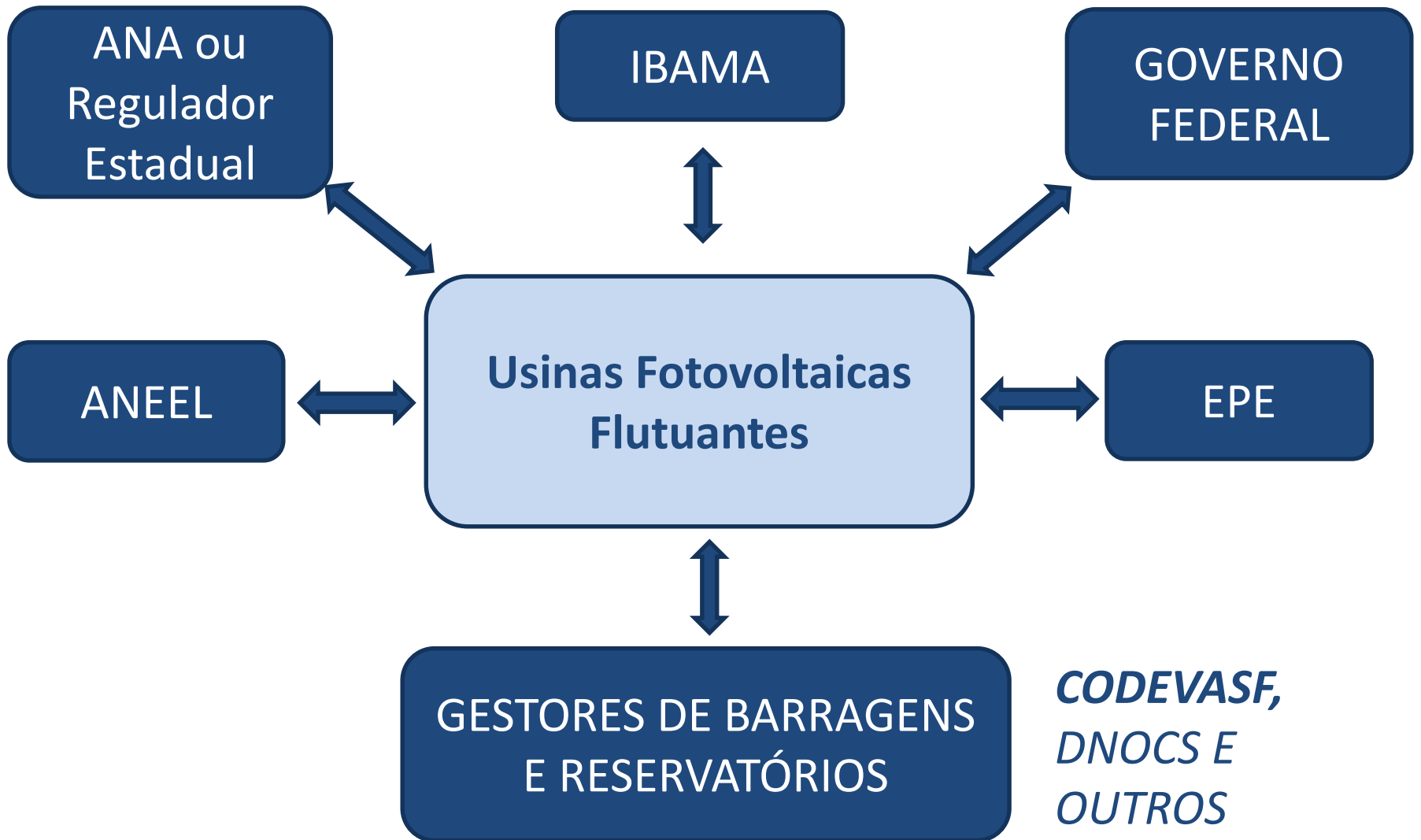
Horas sol dia	MW / km2	R\$ / MWh	Pot MW 25%	MWh ano	R\$/ano	R\$/MW	Custo Implant. R\$	Custo manutenção açude	Pay back
6,62	78,70	200,00	92,24	222.871	44.574.163	3.000.000	276.709.200	200.000	8,00

Cota	Área (km2)	Volume (hm3)	Observação
364,000	0,000	0,000	
365,000	0,035	0,018	
366,000	0,087	0,079	
367,000	0,098	0,221	
368,000	0,440	0,540	
369,000	0,668	1,094	
370,000	1,108	1,982	
371,000	1,679	3,376	
372,000	2,621	5,526	
373,000	3,764	8,717	
374,000	4,688	12,941	Mín. Operacional - Descarga
375,000	6,112	18,341	
376,000	7,922	28,358	
377,000	9,785	34,210	Mín. Operacional - Tomada
378,000	11,854	45,029	
379,000	14,385	58,149	
380,000	16,527	73,604	
381,000	18,755	91,246	
382,000	20,906	111,576	
383,000			
	25,032	135,044	
384,000	28,480	161,800	
385,000	31,832	191,956	
386,000	35,291	225,518	
387,000	38,938	262,632	
388,000	42,755	303,478	
388,800	46,017	339,334	Máximo
389,000	46,833	348,298	
390,000	51,295	397,386	
393,500			Cota de coroamento



*Considerando 25% do espelho d'água mínimo operacional*

# PRÓXIMOS PASSOS: DEFINIÇÕES REGULATÓRIAS



# II. Alocação de Água 2018/2019 – Compromissos e Ações



## BOLETIM DE ACOMPANHAMENTO DA ALOCAÇÃO DE ÁGUA 2018/2019 - AÇUDE SALGUEIRO

ABRIL / 2019

Alocação de Água -  
28/08/2018 - Verdejante  
(PE).

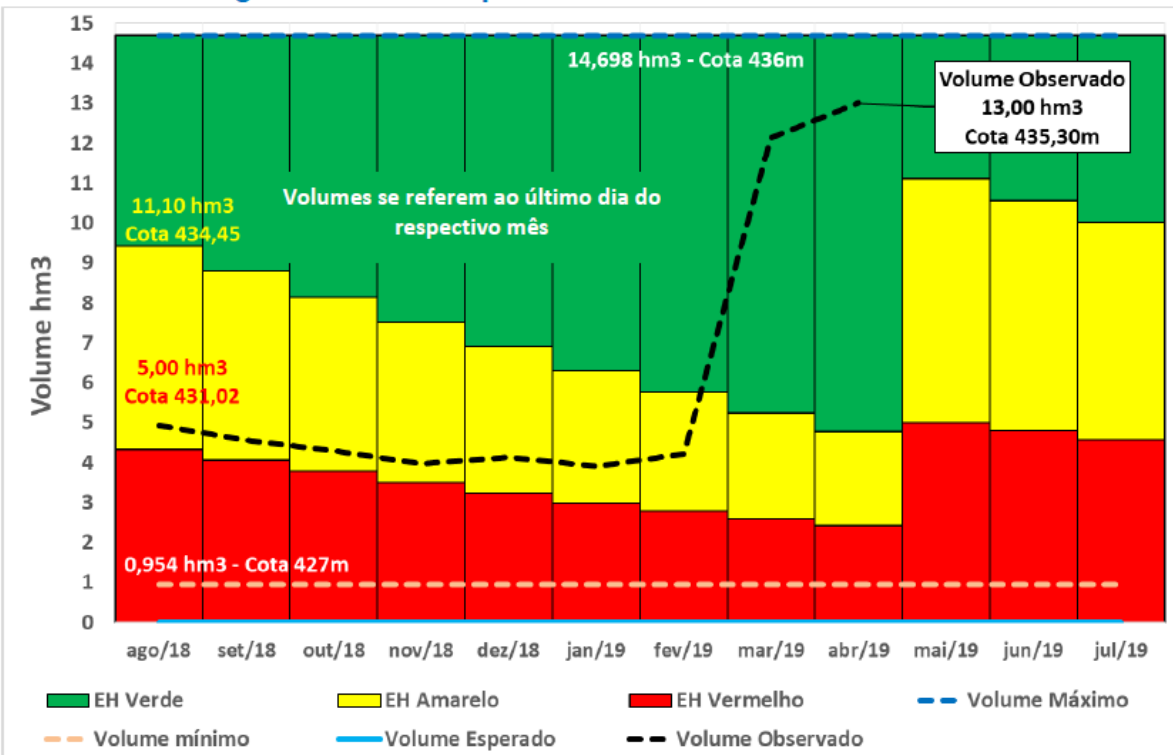
ANA – Coordenação de  
Marcos Regulatórios e  
Alocação de Água – (61)  
2109-5566

Sérgio Ricardo Nunes de  
Almeida - CONSU Salgueiro -  
(83) 9871 - 8463

Magno da Silva - APAC  
(81) 9183 -1033

O MONITORAMENTO DAS  
CONDIÇÕES DA  
ALOCAÇÃO SERÁ  
REALIZADO PELA  
COMISSÃO GESTORA DA  
BARRAGEM SALGUEIRO

Estados Hidrológicos / Volume Esperado / Volume Observado



Mês	Volume Esperado (hm³)	Volume Observado (hm³)	Mês	Volume Esperado (hm³)	Volume Observado (hm³)	Mês	Volume Esperado (hm³)	Volume Observado (hm³)
ago/18	-	4,92	dez/18	-	4,13	abr/19	-	13,00
set/18	-	4,56	jan/19	-	3,92	mai/19	-	
out/18	-	4,29	fev/19	-	4,21	jun/19	-	
nov/18	-	3,98	mar/19	-	12,13	jul/19	-	

# BOLETIM DE ACOMPANHAMENTO DA ALOCAÇÃO DE ÁGUA 2018/2019 - AÇUDE SALGUEIRO

**ABRIL / 2019**

## Usos Esperados

Usos (l/s)	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	média
Reservatório	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
Jusante	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>0</b>

## Usos Observados

Usos (l/s)	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	média
Reservatório	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI				SI
Jusante	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0
<b>TOTAL</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>				

SI - Sem Informações

SR - Sem Restrição

NA - Não se Aplica

## OBSERVAÇÕES RELEVANTES

- 1) Será apresentadas na próxima reunião de alocação.
- 2) Orçamento não foi encaminhado à ANA até a presente data.
- 3) Não foram identificadas unidades consumidoras de energia (tarifa verde) no entorno do reservatório ou a jusante.
- 4) Não consta registro de realização desta atividade.
- 5) Depende da atividade 4.1.
- 6) Atividade adiada até ser verificada "in loco" a questão da batimetria do açude, para possibilitar a formulação da proposta.

O Termo de Alocação e os Boletins de Acompanhamento estão disponíveis na página da ANA:

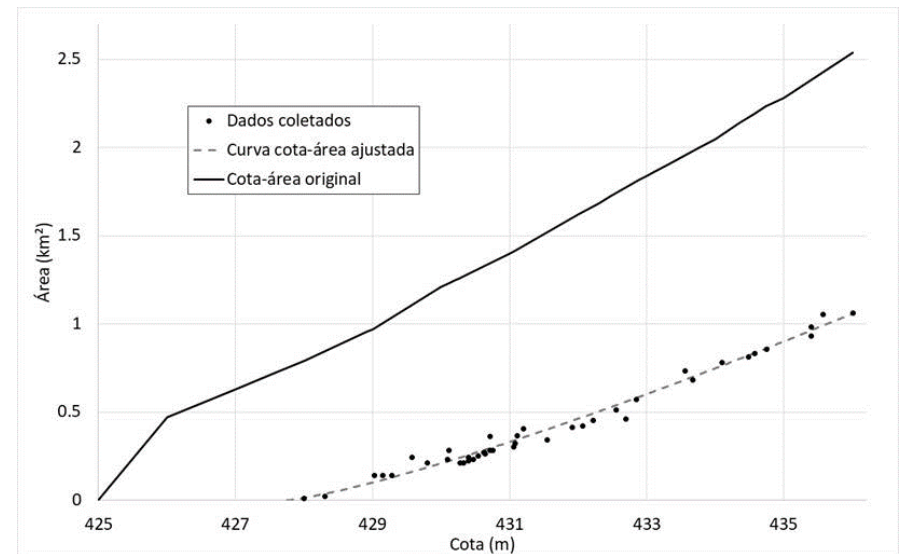
Regulação >>> Resoluções e Normativos >>> Regras especiais - Alocação de Água.

**Encaminhamentos da Alocação de Água**

Atividade	Responsável	Prazo / Periodicidade	ATENDIDA	ATENÇÃO	NÃO ATENDIDA
<b>1</b>	<b>Monitoramento</b>				
1.1	Medição de cotas do açude	CONSU / DNOCS	Semanal		
1.2	Monitoramento das vazões a jusante	APAC	Contínuo		
<b>2</b>	<b>Instrumentação</b>				
2.1	Instalação de régua que faltam	ANA / APAC	2018		
2.2	Batimetria açude	ANA	Setembro/2018	OBS 1	
<b>3</b>	<b>Regulação de usos</b>				
3.1	Estudo e proposta de Marco Regulatório para o açude e o trecho perenizável do riacho Pitombeira	ANA / APAC	2018	OBS 6	
3.2	Cadastro dos moradores e dos agricultores no entorno do açude (nome, coordenadas, cultura e área irrigada)	PM de Verdejante	Dezembro/2018		OBS 4
3.3	Cadastro dos moradores e dos agricultores a jusante do açude (nome, coordenadas, cultura e área irrigada, inclusive dos barramentos)	PM Salgueiro	Dezembro/2018		OBS 4
<b>4</b>	<b>Outras ações</b>				
4.1	Projeto e orçamento de recuperação do registro de descarga, inclusive Proteção das estruturas (casa de manobras)	DNOCS	Imediato		OBS 2
4.2	Recuperação do registro de descarga	ANA / DNOCS	2018	OBS 5	
4.3	Avaliação da viabilidade de implantação de dispositivo de controle de montante	DNOCS	Dezembro/2018		OBS 4
4.4	Articulação institucional para estruturação do escritório do DNOCS em Salgueiro	ANA	Imediato		
4.5	Dados de consumo de energia elétrica a jusante	ANA	Setembro	OBS 3	

# III. Batimetria do Reservatório Salgueiro

Redução de 74% da capacidade de armazenamento à cota 436,00 m

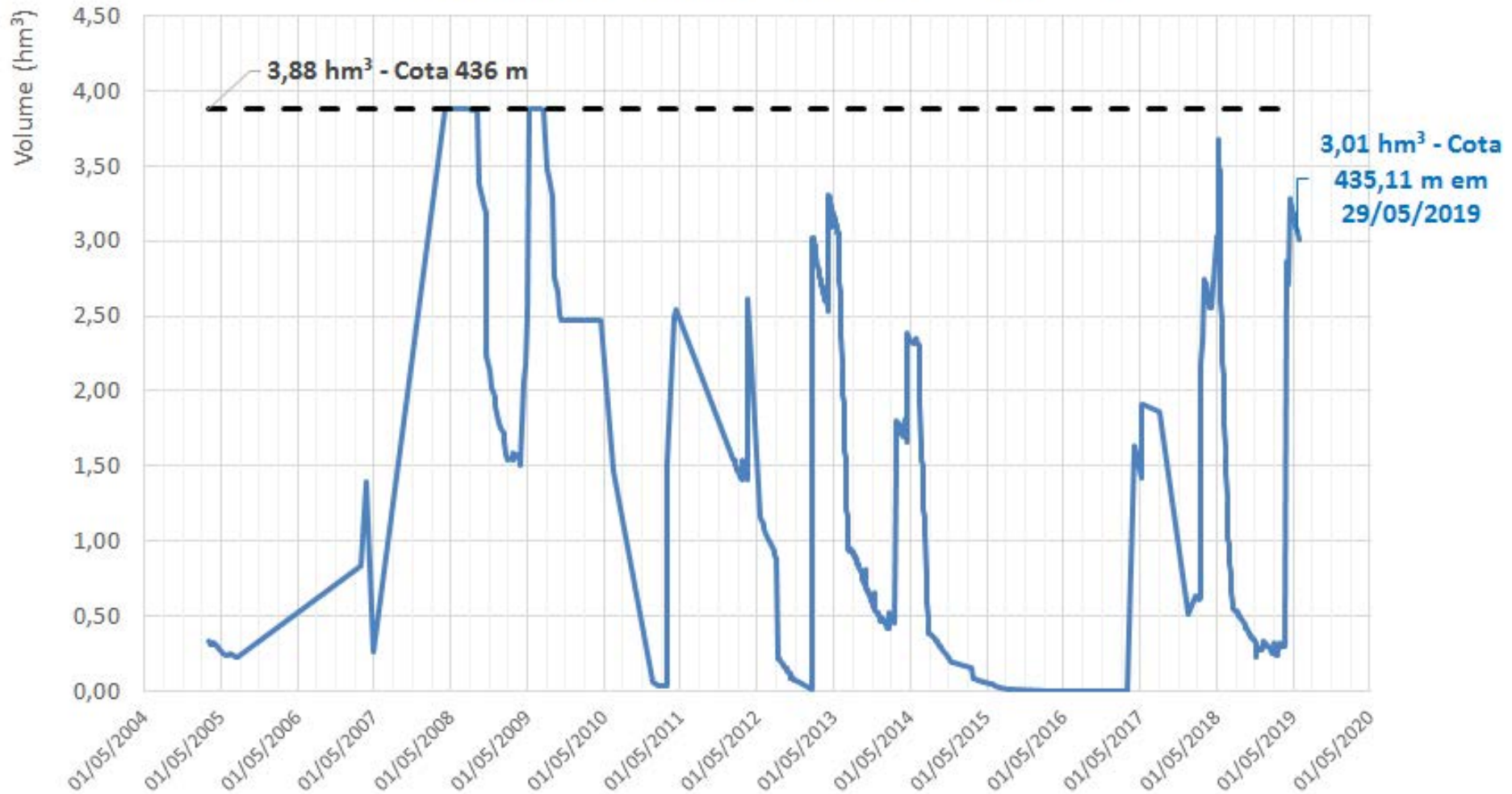


CAV Original (1984)			
Cota (m)	Área (km2)	Volume (hm3)	Volumes notáveis
425,00	0,000	0,000	
426,00	0,470	0,404	
<b>427,00</b>	<b>0,630</b>	<b>0,954</b>	<b>Mínimo</b>
428,00	0,790	1,664	
429,00	0,970	2,544	
430,00	1,209	3,633	
431,00	1,400	4,938	
432,00	1,620	6,448	
433,00	1,840	8,178	
434,00	2,050	10,123	
435,00	2,280	12,288	
<b>436,00</b>	<b>2,540</b>	<b>14,698</b>	<b>Máximo</b>
437,00	2,770	17,353	

CAV 2019			
Cota (m)	Área (km2)	Volume (hm3)	Volumes notáveis
425,00	0,000	0,000	
426,00	0,000	0,000	
<b>427,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>Mínimo</b>
428,00	0,013	0,002	
429,00	0,101	0,056	
430,00	0,209	0,209	
431,00	0,331	0,479	
432,00	0,463	0,875	
433,00	0,602	1,407	
434,00	0,748	2,081	
435,00	0,901	2,906	
<b>436,00</b>	<b>1,06</b>	<b>3,88</b>	<b>Máximo</b>
437,00	1,058	3,885	

## IV. Alocação de Água 2019/2020 e Procedimentos de defluência

Histórico de Volumes do Reservatório Salgueiro  
Referência: batimetria realizada em 2019



# Qual é o Sistema Hídrico Salgueiro? Quais as demandas associadas?

Usos no reservatório: 50 famílias  
+ 10 ha irrigados ???

Cadastro de usuários a jusante:  
137 ha ???

Barragens a jusante ???

Contribuição do reservatório Boa  
Vista ???

Açude Salgueiro  
(Sítio Algodões)

≈ 4 km

Açude Boa  
Vista

Salgueiro

Image © 2019 DigitalGlobe,  
Image © 2019 CNES / Airbus  
Image © 2019 DigitalGlobe

Google Earth



## Estimativa de demanda a partir do deplecionamento na estiagem 2018

Período de estiagem 2018			
	Cota (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )
15/05/2018	435,60	0,99	3,47
01/06/2018	434,02	0,75	2,10
02/07/2018	431,98	0,46	0,87
01/08/2018	431,16	0,35	0,53
28/08/2019	430,98	0,33	0,47
01/10/2018	430,72	0,30	0,39
01/11/2018	430,52	0,27	0,33
Vazão bruta contínua (m <sup>3</sup> /s)			0,214
Admitindo que não choveu no período			
Evap média - mai-out (m/mês)	0,179		
Evap média - mai-out (m/dia)	0,006		
Área média (km <sup>2</sup> )	0,63		
Qevap (m <sup>3</sup> /s)	0,044		
Demanda líquida (m <sup>3</sup> /s) - estiagem	0,170		
Supondo irrigação por 8 meses (m <sup>3</sup> /s anual)	0,113		
<b>Demanda anual contínua - jusante (L/s)</b>	<b>113,4</b>		

mês	Vazão (L/s)
jan	130,3
fev	113,3
mar	117,0
abr	103,3
mai	95,0
jun	86,3
jul	92,3
ago	106,5
set	119,2
out	134,4
nov	130,7
dez	132,0
<b>média</b>	<b>113,4</b>

**Demanda média anual considerada: 120 L/s** (6,3 L/s para o entorno e 113,4 L/s a jusante, incluídas perdas em trânsito)

## Exercício: Marco Regulatório

Estado Hidrológico	Volume hm <sup>3</sup> (maio)	Cota m (maio)	Uso	Condição de uso	
				l/s	%
Verde	sangrando	>= 436,00 m	Todos	120	100%
Amarelo	Entre 1,85 e 3,88 hm <sup>3</sup>	Entre 433,68 e 436,00 m	Reservatório	Entre 1,5 e 6,0	Entre 25 e 100%
			Jusante	Entre 28 e 113	<= 100%
Curva-guia EHA Amarelo	2,58 hm <sup>3</sup>	434,62 m	Reservatório	3	50%
			Jusante	60	50%
Vermelho	<= 1,85 hm <sup>3</sup>	<= 433,68 m	Reservatório	<= 1,5	<= 25%
			Jusante	<= 30	<= 25%

### Alguns números

120 L/s em média anual = 3,8 hm<sup>3</sup> (capacidade de armazenamento do açude!) – fora a evaporação!

Volume deplecionado no período de estiagem de 2018: 3,14 hm<sup>3</sup> (inclui a evaporação)

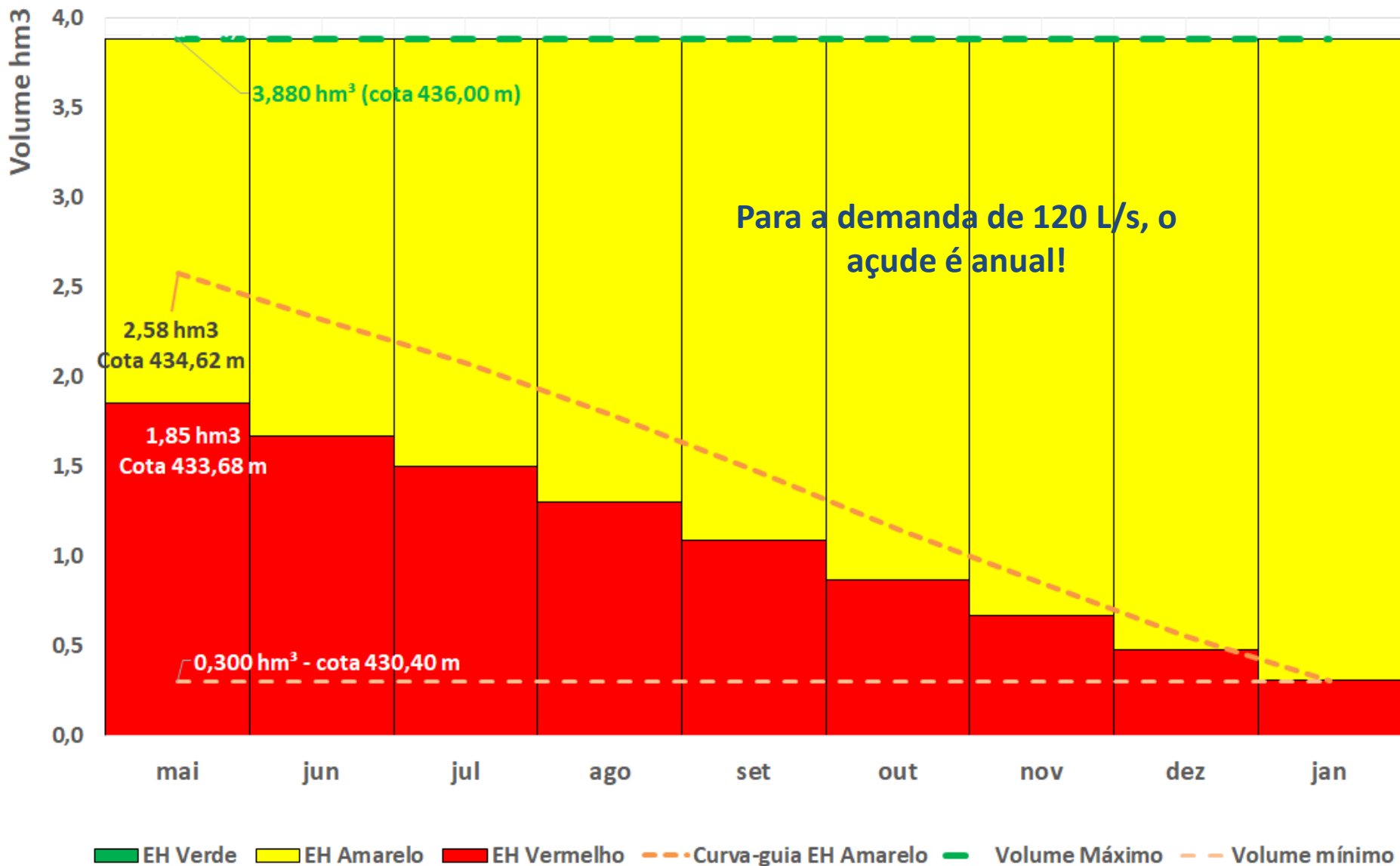
**NECESSIDADE DE  
REFINAR AS  
INFORMAÇÕES**



Cadastro da  
demanda e das  
barragens no rio

# Exercício: Marco Regulatório

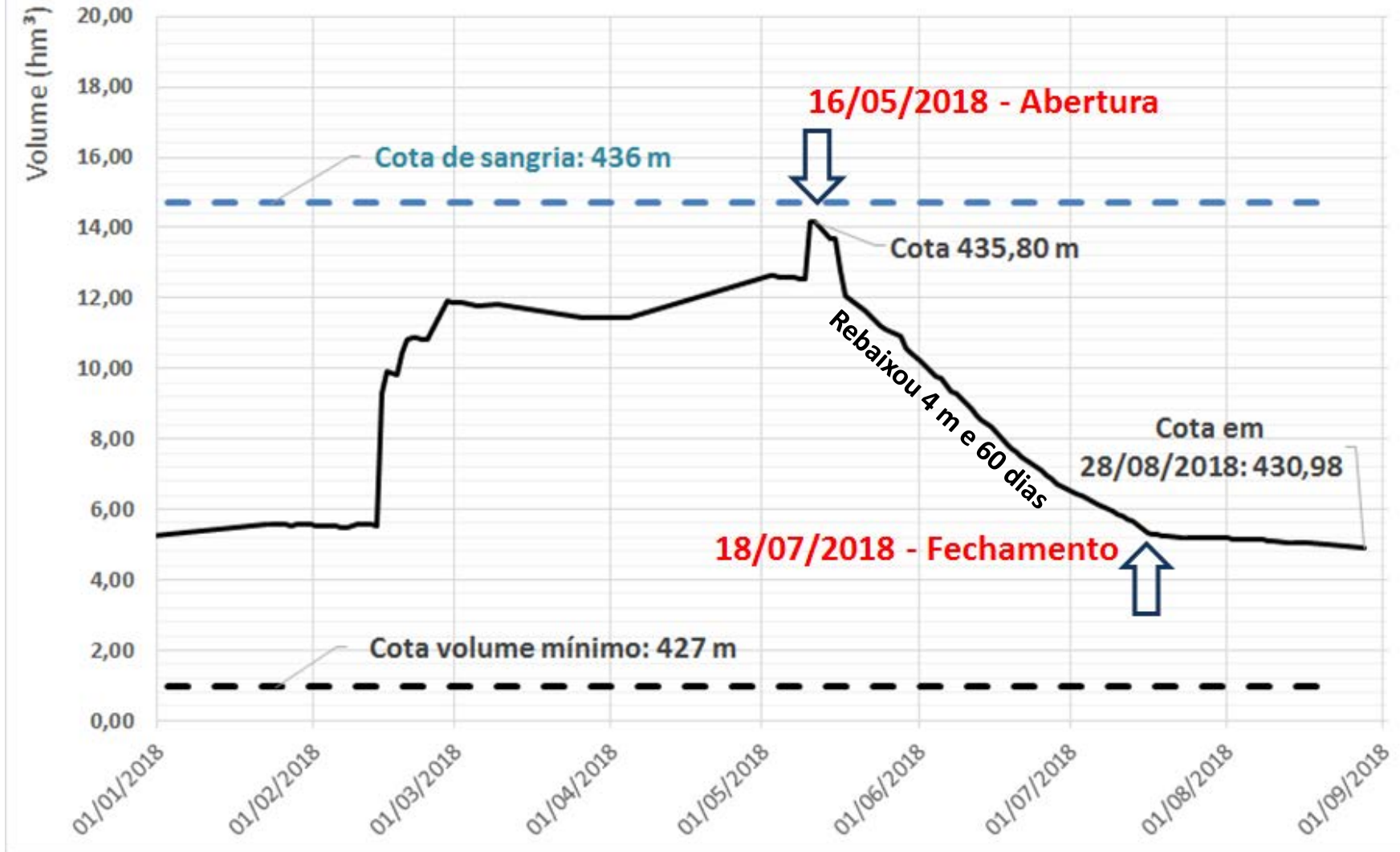
## Estados Hidrológicos - Reservatório Salgueiro



# Cenário 01 – Baseado na operação 2018/2019

## Açude Salgueiro Histórico de Volumes

*Referência: batimetria  
de projeto (1984)*



# Cenário 02 – Baseado na operação 2017/2018



CONSELHO DE USUÁRIOS  
- CONSU DO AÇUDE SALGUEIRO

## 1º ADITIVO

### TERMO DE ALOCAÇÃO DE ÁGUA 2017 / 2018

RESERVATÓRIO SALGUEIRO  
Bacia Hidrográfica do rio Terra Nova

Objetivo: Pré-Alocação de Água do açude Salgueiro - maio e junho de 2018.

Motivação: Ata da 1ª Reunião do Conselho Gestor do açude Salgueiro (Anexo I).

Volume em 16 de maio de 2018: Cota 435,20m = 10,57hm<sup>3</sup>

Volume mínimo operacional: Cota 428,00m = 1,664 hm<sup>3</sup>

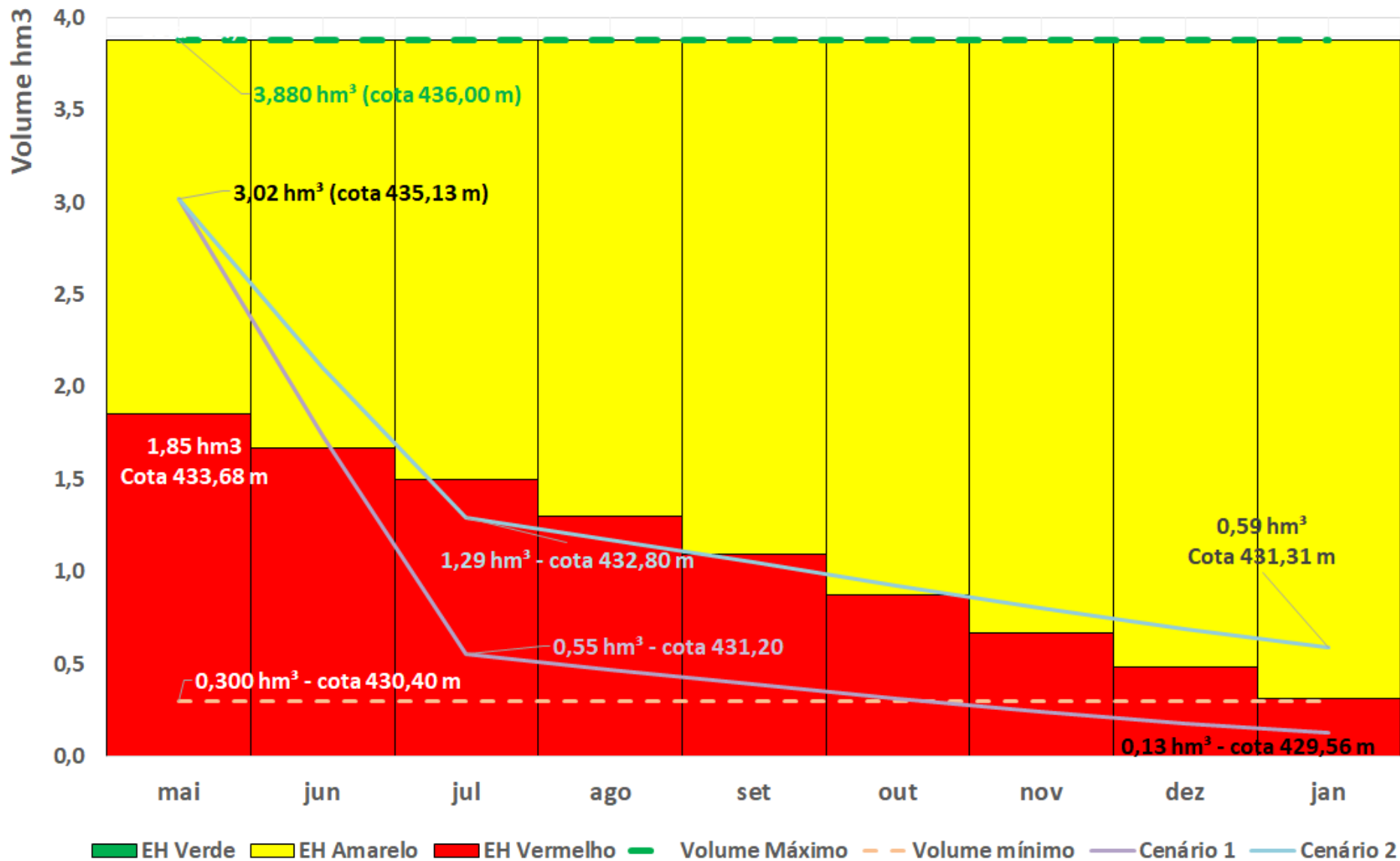
#### Reservatório Salgueiro – Limites de Uso

1º ADITIVO - ALOCAÇÃO DE ÁGUA 2017/2018 – RESERVATÓRIO SALGUEIRO		
Uso	Volume (milhão de m <sup>3</sup> )	Condição de uso
Jusante (riacho Pitombeira)	Liberação de 4,453 hm <sup>3</sup> a partir de 16/05/2018	Rebaixamento do açude até 432,80m
	Fechamento total	Atingida a cota 432,80m
No açude	Sem restrição	Sem restrição

## Cenários de Alocação 2019/2020

- Premissa: descarga por pulso (reservação em barragens a jusante)
- Controle: nível de água do reservatório
- Cenário 01 → deplecionamento até a cota 431,20 m ou 0,55 hm<sup>3</sup> (como feito em 2018) pelo período de até 60 dias.
- Cenário 02 → deplecionamento até a cota 432,80 m ou 1,29 hm<sup>3</sup> (como constante do 1º Termo Aditivo à Alocação 2017/2018) pelo período de até 60 dias.
- **Cenário 03 (Adotado) → deplecionamento até a cota 432,11 m o quando até que a água chegue ao Sítio Pau Ferro (o que ocorrer primeiro).**

## Estados Hidrológicos - Reservatório Salgueiro



## Encaminhamentos propostos

- Cadastro de usuários no entorno do açude (nome, coordenadas da propriedade, área irrigada, cultura e método de irrigação);
- Cadastro de usuários no riacho Salgueiro a jusante (nome, coordenadas da propriedade / barragem, área irrigada, cultura e método de irrigação);
- Recuperação do reservatório.



## V. Comissão de Acompanhamento

**O CONSU Salgueiro** fica designado para desempenhar as atribuições da Comissão de Acompanhamento da Alocação, abaixo relacionadas:

- 1) Propor à COMAR/ANA a alteração da defluência do reservatório, respeitados os limites estabelecidos no presente Termo de Alocação;
- 2) Receber, avaliar e difundir os Boletins de Acompanhamento da Alocação;
- 3) Acompanhar e cobrar o cumprimento dos compromissos para efetivação da Alocação; e
- 4) Propor à COMAR ajustes na Alocação a partir do final da estiagem.

# COMAR – Coordenação de Marcos Regulatórios e Alocação de Água

**comar@ana.gov.br | (+55) (61) 2109–5566**

**www.ana.gov.br**



[www.twitter.com/anagovbr](http://www.twitter.com/anagovbr)

The Facebook logo, consisting of the word "facebook" in white lowercase letters on a dark blue rectangular background.

[www.facebook.com/anagovbr](http://www.facebook.com/anagovbr)



[www.youtube.com/anagovbr](http://www.youtube.com/anagovbr)