

## Relatório da Situação Atual e Projeção Hidrológica para o Sistema Cantareira

### SUMÁRIO

A precipitação média espacial, acumulada no mês de novembro de 2015, baseada nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (6 pluviômetros do DAEE e 30 pluviômetros do CEMADEN), foi de 70,6 mm (74,4<sup>1</sup> mm), o que representa 44,0% (46,4%<sup>1</sup>) da média climatológica do mês (160,4<sup>1</sup> mm). A vazão média afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) no mês de novembro de 2015, foi 25,97 m<sup>3</sup>/s. Para o mesmo período, a extração média de água do Sistema Cantareira foi de 13,86 m<sup>3</sup>/s. O Sistema opera hoje, 11 de novembro de 2015, com 13,3% do volume total autorizado (1269,5 hm<sup>3</sup>), correspondente ao volume útil mais as duas reservas técnicas (volume morto 1 + volume morto 2). As previsões baseadas no modelo ETA/CPTEC/INPE, no modo de conjunto, indicam alta probabilidade de ocorrência de chuva na região do Cantareira nos próximos dias. Da análise da evolução hipotética das chuvas até 31 de março de 2016, usando as simulações do modelo hidrológico PDM/CEMADEN<sup>2</sup> e considerando a extração total do Sistema Cantareira igual a 17,0 m<sup>3</sup>/s para novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 249) e, 17,0 m<sup>3</sup>/s para o período de dezembro de 2015 a março de 2016, para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 não seria utilizado novamente antes de 31 de março de 2016. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 1 seria recuperado em 97 dias. Para um cenário de precipitações pluviométricas na média climatológica, o chamado volume morto 1 seria recuperado em 67 dias. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 58 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 49 dias (vide tabela resumo).

*Resumo das previsões para o período de 12/novembro/2015 a 31/março/2016 para os cinco cenários de precipitação, considerando a extração total (Qesi + Qjus) constante igual a 17,0 m<sup>3</sup>/s para novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 249) e, 17,0 m<sup>3</sup>/s para o período de dezembro de 2015 a março de 2016.*

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Dias de uso do volume morto 1	>142	-	-	-	-
Dias para <b>recuperar</b> o vol. morto 1	-	97	67	58	49
% do volume total autorizado (1269,5 hm <sup>3</sup> ) em 01/dez/2015	14,1%	14,3%	14,6%	14,8 %	15,1%
% do volume total autorizado (1269,5 hm <sup>3</sup> ) em 31/mar/2016	19,3%	28,3%	39,8%	52,1%	66,6%

<sup>1</sup> De acordo com o site da SABESP, <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/>.

<sup>2</sup> PDM/CEMADEN é um modelo hidrológico implementado no CEMADEN para calcular a vazão afluente na bacia de captação do Sistema Cantareira. Utiliza dados diários de precipitação e evapotranspiração potencial para calcular vazão afluente.

## 1) Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação média espacial, acumulada durante a estação chuvosa de outubro de 2014 a março de 2015, baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (6 pluviômetros do DAEE e 30 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi de 879 mm ( $1020^3$  mm), equivalente a 73,5% ( $83,7\%^3$ ) de 1161<sup>3</sup> mm, média climatológica para o período. A precipitação acumulada durante a estação seca de abril a setembro de 2015 foi de 405,0 mm ( $389,3^3$  mm), 101,9% ( $97,9\%^3$ ) da média climatológica do período de 397,5<sup>3</sup> mm (Figura 1).

A precipitação média espacial, acumulada no mês de novembro de 2015, baseada nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (6 pluviômetros do DAEE e 30 pluviômetros do CEMADEN), foi de 70,6 mm ( $74,4^3$ mm), o que representa 44,0% ( $46,4\%^3$ ) da média climatológica do mês (160,41<sup>3</sup>mm).

A vazão média afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) no mês de novembro de 2015, foi 25,97 m<sup>3</sup>/s (Figura 2), 25,4% abaixo da vazão média mensal de 34,82 m<sup>3</sup>/s para o período 1930-2013, segundo dados da SABESP e do GTAG-Cantareira: situação dos reservatórios / ANA.

Na Tabela 1 são apresentados os valores do armazenamento do Sistema Cantareira até 11 de novembro de 2015.

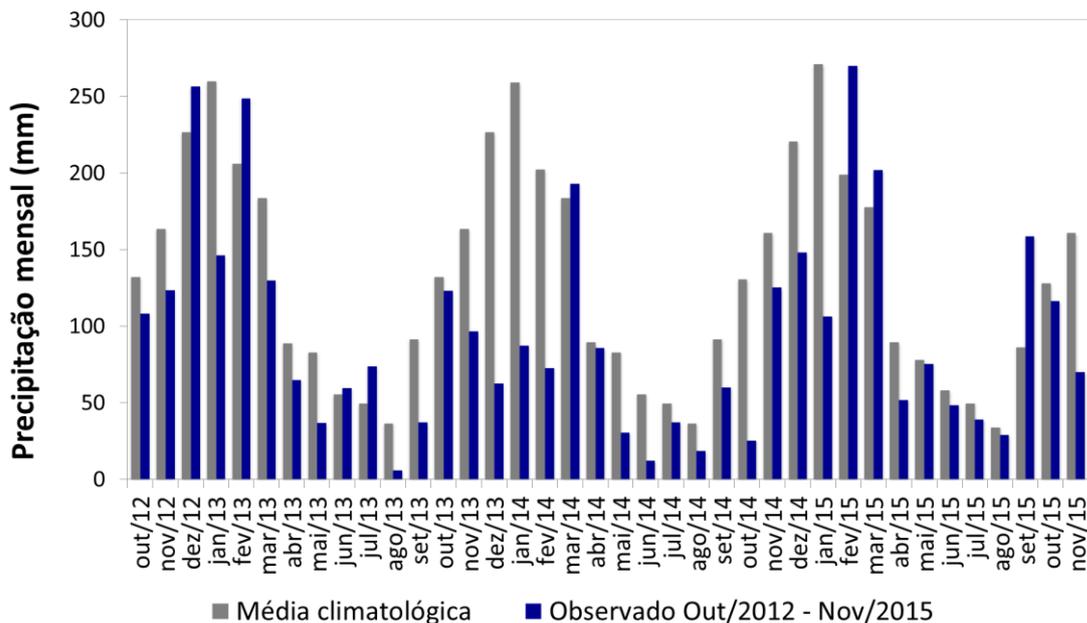


Figura 1. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (ano hidrológico out-set).

<sup>3</sup> De acordo com o site da SABESP, <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>.

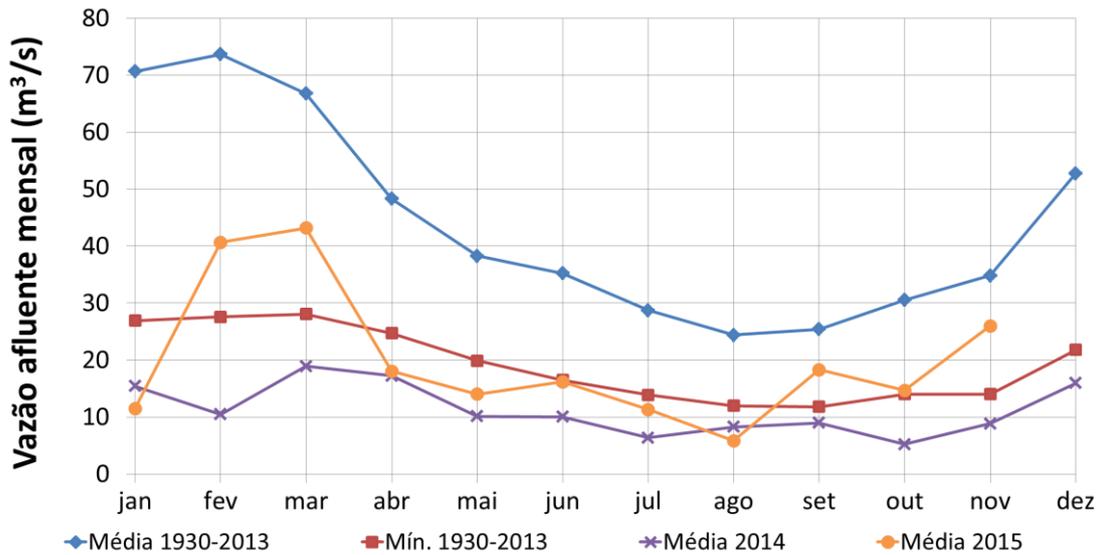


Figura 2. Vazão afluente (em  $m^3/s$ ) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). A linha laranja refere-se à vazão média mensal até 11 de novembro de 2015 e a roxa à vazão média mensal de 2014. As linhas em azul e vermelho correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais para o período 1930 – 2013 e aos mínimos absolutos da série histórica mensal no período 1930 – 2013.

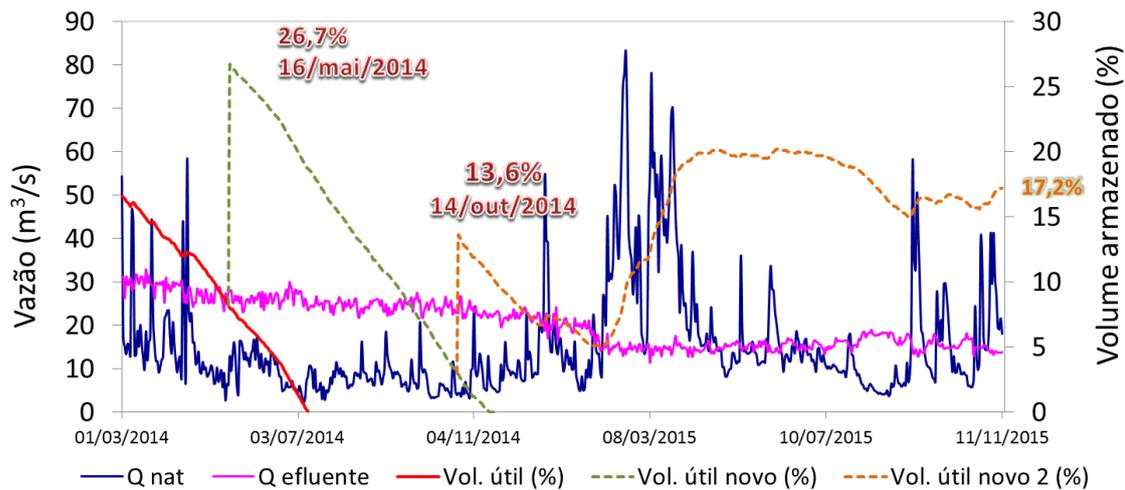


Figura 3. Evolução da vazão afluente ( $Q_{nat}$ ) do Sistema Cantareira (linha azul), da vazão efluente ( $Q_{efluente}$ = vazão para atendimento da demanda Região Metropolitana de São Paulo e Região de Campinas + vazão a jusante (linha magenta), e do volume útil (em porcentagem) do Sistema Cantareira (linha vermelha), do novo volume útil 1 (linha verde) e do novo volume útil 2 (linha laranja). As porcentagens correspondem ao volume útil de  $982,0 \text{ hm}^3$  (Fonte: SABESP – Situação dos mananciais).

Tabela 1. Resumo da situação do armazenamento do Sistema Cantareira (Fonte: SABESP – Situação dos mananciais).

Situação em 11/novembro/2015					
Volume útil ( $\text{hm}^3$ )	Vol. útil armazenado ( $\text{hm}^3$ )	Vol. total autorizado ( $\text{hm}^3$ )	Vol. total armazenado ( $\text{hm}^3$ )	% do volume total autorizado	% do volume útil
982,0	0,0	1269,5	169,0	13,3	17,2

## 2) Análise e Previsão de Chuva para o Sistema Cantareira.

### 2.1) Precipitação observada acumulada do mês de novembro de 2015.

A chuva no Sistema Cantareira é monitorada por seis (6) pluviômetros do DAEE/SAISP e trinta (30) pluviômetros do CEMADEN instalados entre o final de abril de 2014 e início de maio de 2014. Na Figura 4 são apresentados os dados acumulados do mês.

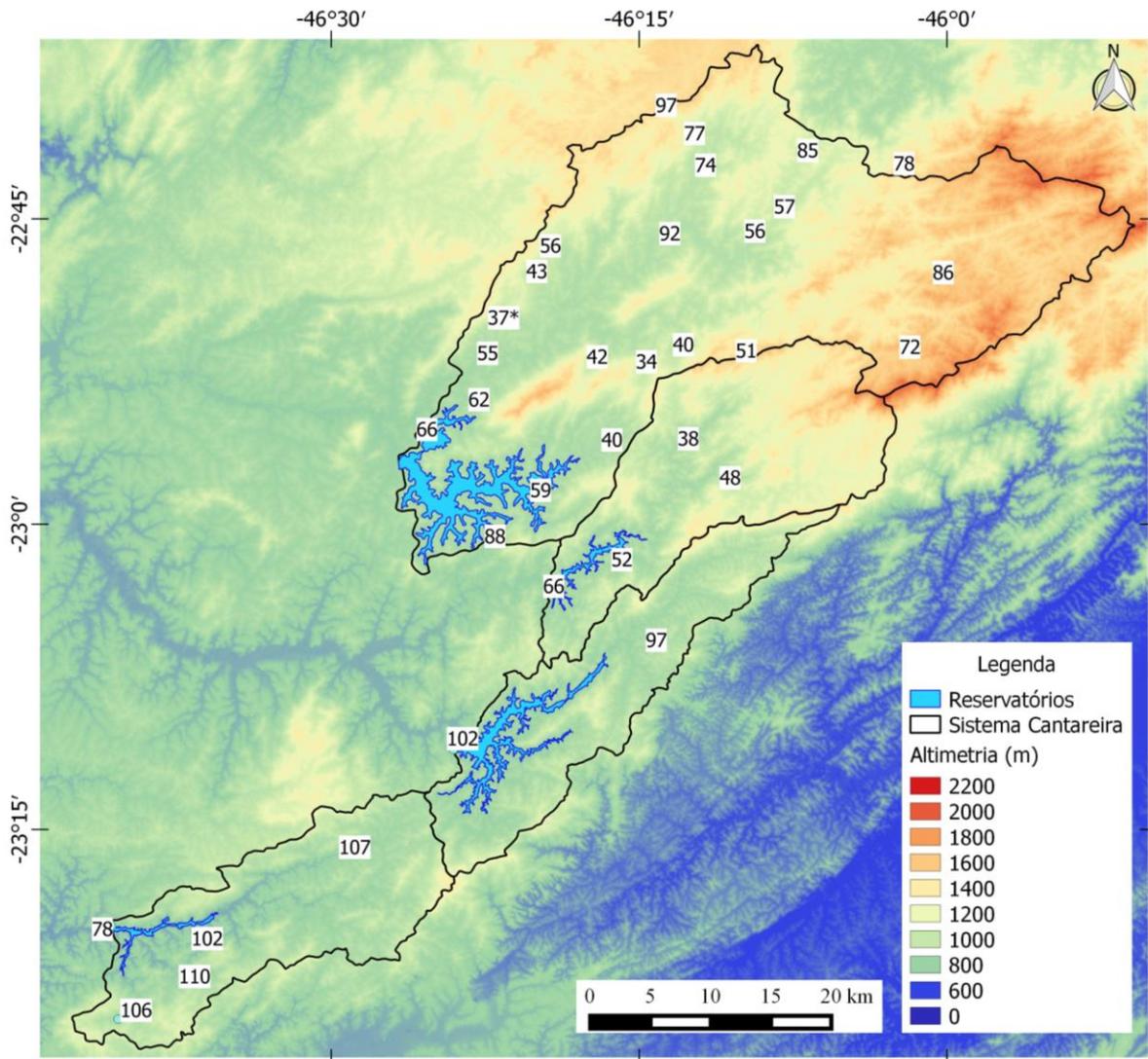


Figura 4. Precipitação observada acumulada (em mm) nos pluviômetros do CEMADEN e DAEE/SAISP nas sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (contornos em preto). As cores representam alturas topográficas com relação ao nível do mar de acordo com a escala da direita. (\*) pluviômetros sem dados em alguns dias.

### 2.2) Previsão de Chuva para o Período de 12 a 18 de novembro de 2015

A Figura 5 mostra a previsão numérica de precipitação acumulada para os próximos 3 (três) dias, segundo o modelo numérico ETA/CPTEC/INPE de alta resolução (ETA 5x5km), que é a média de cinco membros, onde são combinadas diferentes condições de contorno e de parametrização física. A Figura 6 mostra a previsão por conjuntos (média de 7 previsões paralelas, modificando as condições iniciais) de chuva acumulada para os próximos 3 (três) e 7 (sete) dias, segundo o modelo numérico ETA/CPTEC/INPE. As previsões denominadas "média 7 membros" são a média de seis membros do modelo ETA 40x40 km, que combinam diferentes condições de contorno e de parametrização física, e do modelo ETA 15x15 km

determinístico. As previsões baseadas no modelo ETA/CPTEC/INPE, no modo de conjunto, para a região de abrangência da bacia de captação do Sistema Cantareira indicam alta possibilidade de ocorrência de chuva nos próximos dias, principalmente em forma de pancadas, com acumulados totais que estarão próximos à média histórica da época.

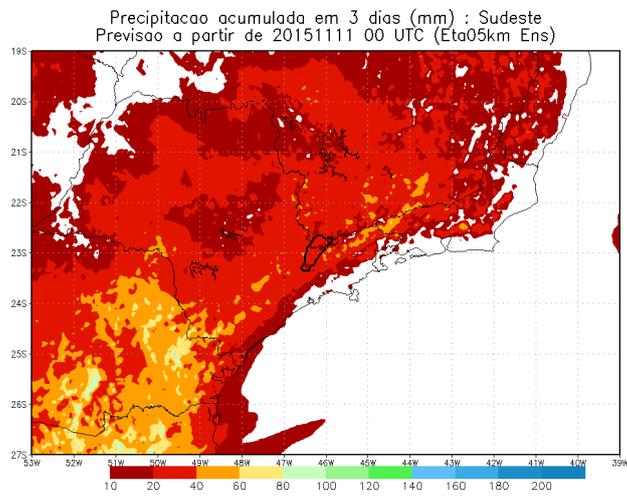


Figura 5. Previsão de precipitação acumulada em mm para os próximos 3 dias segundo a previsão do modelo numérico ETA/CPTEC/INPE de alta resolução (5x5km). A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

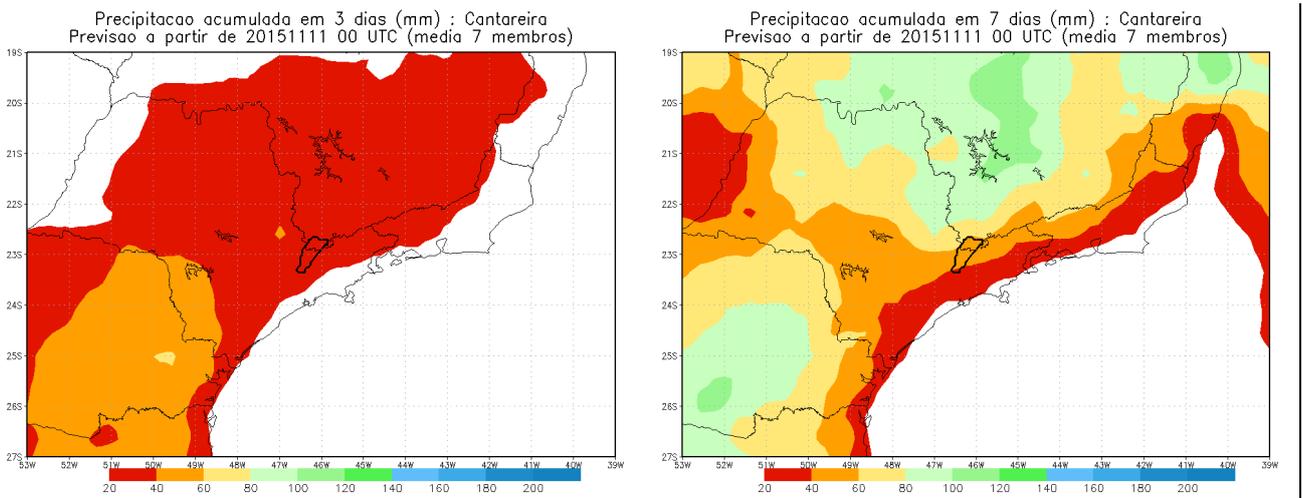


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em mm nos próximos 3 e 7 dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão por conjuntos (média de 7 previsões semelhantes em que a cada previsão é iniciada com o estado da atmosfera ligeiramente diferente) do modelo numérico ETA/CPTEC/INPE. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

### 3) Estimativa da provável evolução do armazenamento do Sistema Cantareira

A Figura 7 apresenta as precipitações e vazões diárias observadas de 03 a 11 de novembro de 2015 e previstas de 12 a 18 de novembro de 2015. A previsão média da precipitação do modelo ETA/CPTEC/INPE, média de 7 previsões paralelas, é de, aproximadamente, 44,5 mm, enquanto a *previsão da vazão média afluente é, aproximadamente, de 26,9 m<sup>3</sup>/s*. Considerando uma extração total igual a 17,0 m<sup>3</sup>/s para os próximos sete dias, o volume armazenado no Sistema Cantareira aumentará 0,4 ponto percentual.

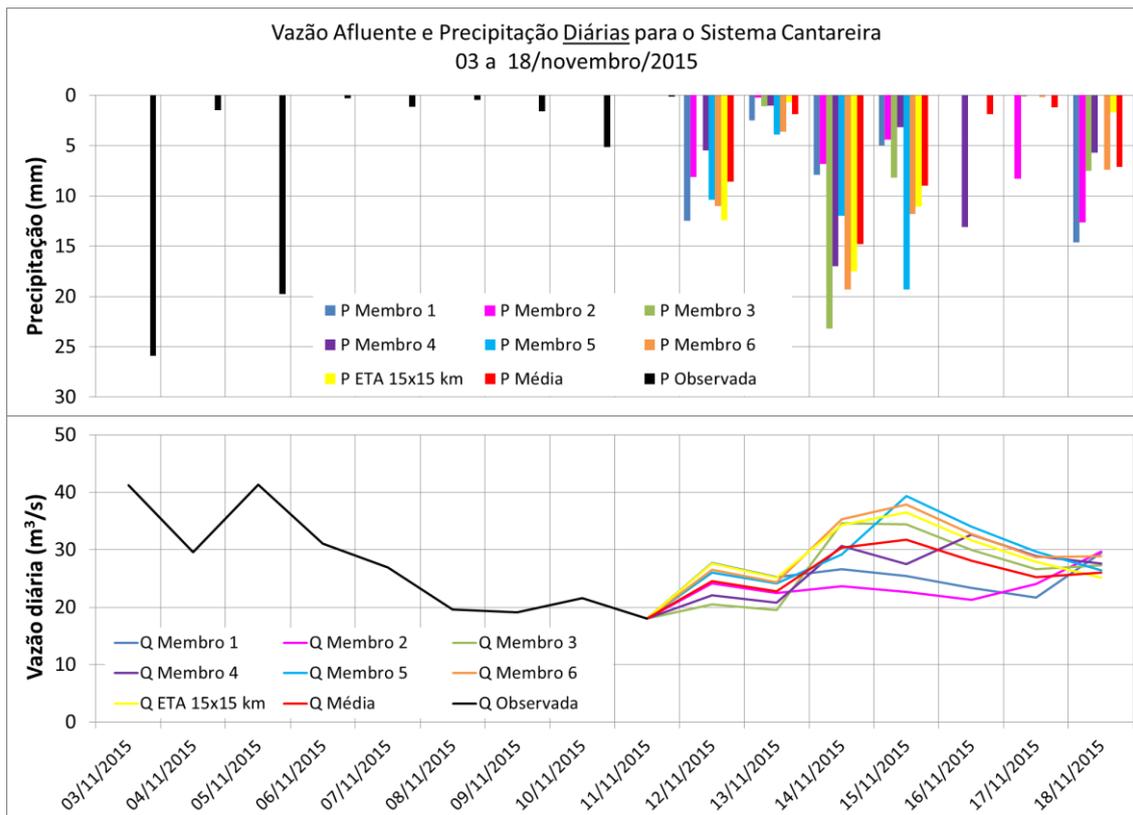


Figura 7. (P) Corresponde às precipitações diárias observadas (barra preta), a média das previsões (barra vermelha) e as previsões dos 6 membros do ETA/CPTEC/INPE 40x40km e do ETA/CPTEC/INPE 15x15km (demais barras). (Q) Corresponde às vazões diárias observadas e as demais as vazões projetadas a partir das diferentes previsões de precipitação.

A Figura 8 mostra a projeção da vazão média mensal afluente, em  $m^3/s$ , do modelo hidrológico PDM/CEMADEN (Probability-Distributed Model/CEMADEN), usando a previsão de precipitação do modelo ETA/CPTEC/INPE para os próximos 7 dias (Figura 7) e, na sequência, considerando 5 cenários de precipitação: média climatológica, 25% e 50% abaixo, 25% e 50% acima da média climatológica até 31 de março de 2016. Nesta nova simulação foram incluídos cenários de temperaturas máximas e mínimas.

A Figura 9 mostra a evolução do volume acumulado nos reservatórios do Sistema Cantareira usando as previsões de vazão das Figuras 7 e 8, e considerando a extração total do Sistema Cantareira igual a  $17,0 m^3/s$  para novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 249) e  $17,0 m^3/s$  para o período de dezembro de 2015 a março de 2016. Para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 não seria utilizado novamente antes de 31 de março de 2016. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 1 seria recuperado em 97 dias. Para um cenário de precipitações pluviométricas na média climatológica, o chamado volume morto 1 seria recuperado em 67 dias. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 58 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 49 dias (Tabela 2).

No cenário de precipitações pluviométricas na média climatológica, no dia 1º de dezembro de 2015 o volume armazenado seria de  $185,31 hm^3$  (14,6% de  $1269,5 hm^3$ ), aproximadamente. E no final da próxima estação chuvosa, 31 de março de 2016, seria de  $505,22 hm^3$  (39,8% de  $1269,5 hm^3$ ).

### Projeção da Vazão Média Mensal Afluyente Sistema Cantareira: 12/novembro/2015 - 31/março/2016

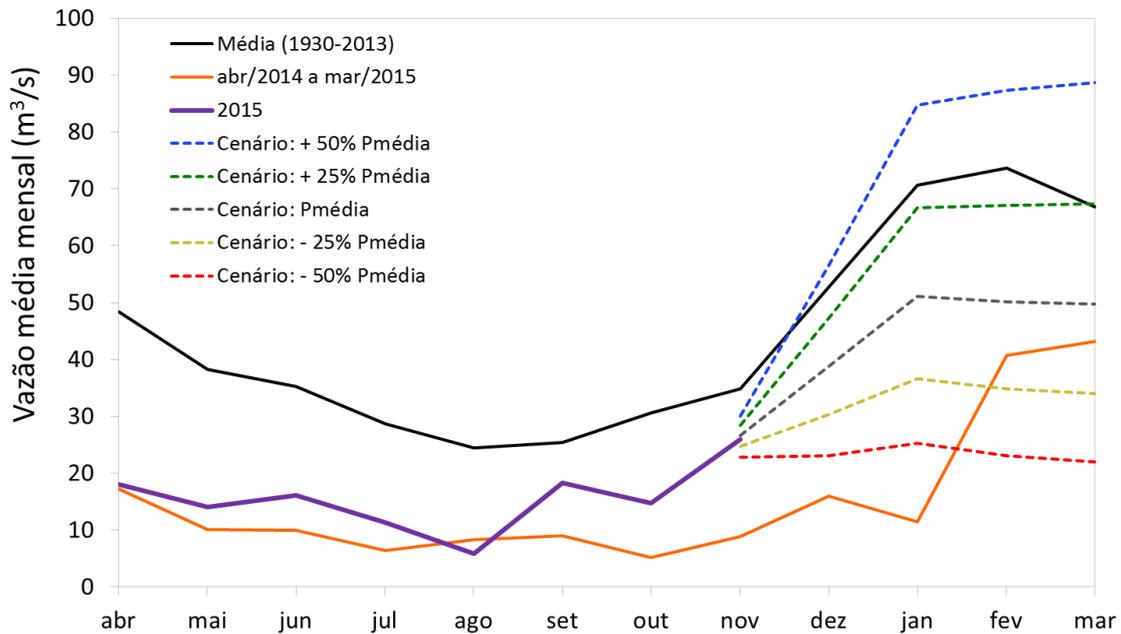


Figura 8. As linhas tracejadas apresentam cinco projeções de vazão média mensal afluyente, em  $m^3/s$ , ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) com a previsão do ETA/CPTEC/INPE para os próximos 7 dias e, na sequência, para os cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha amarela), na média climatológica (linha cinza), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima da média climatológica (linha azul). O início das projeções corresponde à vazão média prevista para os próximos 7 dias e na sequência para a vazão projetada para cada cenário. A linha preta corresponde à vazão média mensal climatológica para o período 1930-2013, em laranja à vazão média mensal de abr/2014 a mar/2015 e em roxo de abril a 11 de novembro de 2015.

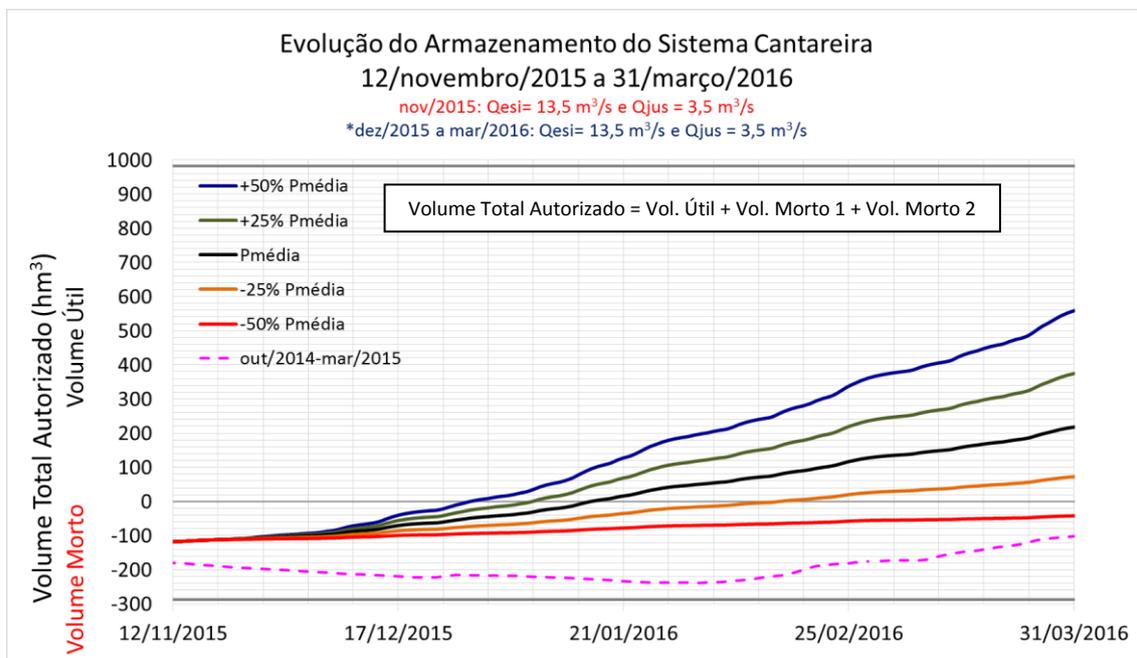


Figura 9. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha laranja), na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima da média climatológica, considerando o Volume Total Autorizado (volume útil + volume morto1 + volume morto2 =  $982,0 \text{ hm}^3 + 182,5 \text{ hm}^3 + 105,0 \text{ hm}^3$ ) da água que está sendo bombeada do volume morto dos reservatórios Jaguari-Jacareí e Atibainha. Nesta nova simulação foram incluídos cenários de temperaturas máximas e mínimas. A linha magenta tracejada mostra a evolução do armazenamento do Sistema Cantareira de out/2014 a mar/2015.

Tabela 2. Resumo das previsões para o período de 12/novembro/2015 a 31/março/2016 para os cinco cenários de precipitação, considerando a extração total ( $Q_{esi} + Q_{jus}$ ) constante igual a  $17,0 \text{ m}^3/\text{s}$  para novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 249) e  $17,0 \text{ m}^3/\text{s}$  para o período de dezembro de 2015 a março de 2016.

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Dias de uso do volume morto 1	>142	-	-	-	-
Dias para <b>recuperar</b> o vol. morto 1	-	97	67	58	49
% do volume total autorizado ( $1269,5 \text{ hm}^3$ ) em 01/dez/2015	14,1%	14,3%	14,6%	14,8 %	15,1%
% do volume total autorizado ( $1269,5 \text{ hm}^3$ ) em 31/mar/2016	19,3%	28,3%	39,8%	52,1%	66,6%

#### 4) Verificação das Previsões de Chuvas e Vazão do período de 03 a 10 de novembro de 2015.

A Figura 10 mostra nos três painéis, respectivamente, a previsão do período anterior (painel da esquerda), as observações de chuva (painel central) e a diferença entre as previsões e as observações (painel da direita). O painel à direita mostra que o modelo superestimou significativamente a previsão de chuvas, ou seja, choveu muito menos do que foi previsto.

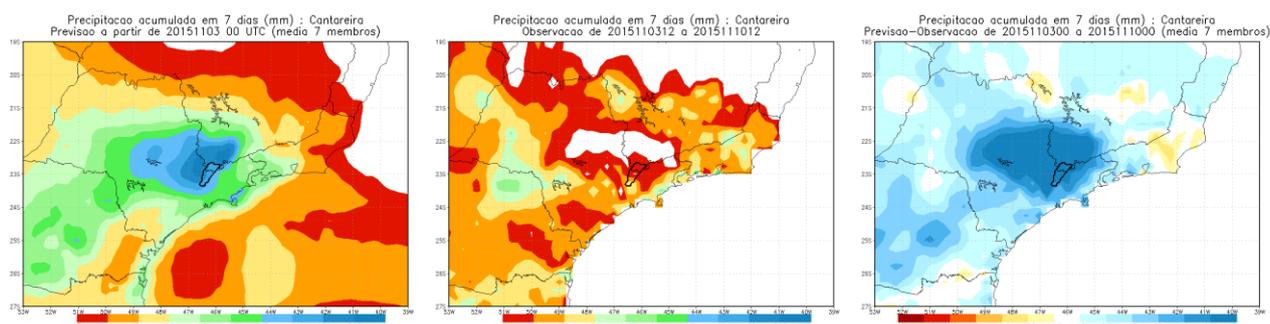


Figura 10. Esquerda: Previsão de precipitação acumulada em mm dos últimos 7 dias, segundo o modelo numérico ETA/CPTEC/INPE (previsão por conjuntos). Centro: precipitação observada no mesmo período (em mm). Direita: diferença entre a previsão prevista e observada (em mm). Os valores positivos (cores em azul) indicam que os valores previstos foram superiores ao observados e os valores negativos (cores avermelhados) indicam os valores previstos foram ligeiramente inferiores aos observados. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

A vazão média afluente observada no período de 03 a 10 de dezembro de 2015 foi igual a  $28,79 \text{ m}^3/\text{s}$ , segundo o site da SABESP (<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>). A vazão média afluente prevista para o mesmo período foi de  $52,16 \text{ m}^3/\text{s}$ .