

Relatório da Situação Atual e Projeção Hidrológica para o Sistema Cantareira

SUMÁRIO

A precipitação média espacial, acumulada no mês, até 10 de junho 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 22,9 mm (11,3¹ mm), o que representa 39,1% (19,3%¹) da média climatológica do mês (58,5¹ mm). Para o mesmo período, a extração média de água do Sistema Cantareira foi de 14,41 m³/s. O Sistema opera hoje, 10 de junho de 2015, com 15,6% do seu volume total autorizado (1269,5 hm³), 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 escassa chance de ocorrência de chuva nos próximos dias. Da análise de evolução hipotética das chuvas até 31 de dezembro de 2015, usando as simulações do modelo hidrológico PDM/CEMADEN² e considerando a extração total do Sistema Cantareira igual a 17,0 m³/s para o período de 1º de junho a 31 de agosto e dezembro de 2015 e igual a 13,5 m³/s para o período de 1º de setembro a 30 de novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 247), para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 seria utilizado novamente em 171 dias a partir de hoje, aproximadamente. Em 1º de dezembro de 2015, para um cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica, seria recuperado, aproximadamente, 10,5% da água do chamado volume morto 1. Para um cenário de precipitações pluviométricas iguais à média climatológica, seria recuperado, aproximadamente, 33,1% da água do chamado volume morto 1. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 197 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 174 dias (vide tabela resumo).

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

² 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 pluviométrica das redes do DAEE e CEMADEN (36 pluviômetros distribuídos por toda a bacia) e evapotranspiração potencial para calcular vazão afluente em base diária e mensal. Neste relatório foi considerada uma nova calibração do modelo.

Resumo das previsões para o período de 10/junho/2015 a 31/dezembro/2015 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 o período de 1º de junho a 31 de agosto de 2015 e igual a $13,5 \text{ m}^3/\text{s}$ para o período de 1º de setembro a 30 de novembro de 2015, segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 247.

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Dias para esgotamento do volume útil	Esgotou em 11/julho/2014				
Dias para esgotamento do volume morto 1	Esgotou em 15/novembro/2014				
Dias para recuperar o volume morto 2	Recuperado em 24/fevereiro/2015				
Dias de uso do volume morto 1	170	>205	-	-	-
Dias para recuperar o volume morto 1	-	-	>205	197	174
% do Vol. total autorizado ($1269,5 \text{ hm}^3$) em 30/set/2015	10,8%	11,6%	12,7%	14,0%	15,5%
% do Vol. total autorizado ($1269,5 \text{ hm}^3$) em 01/dez/2015	8,1%	9,8%	13,0%	17,5%	23,3%

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 1161^3 mm , média climatológica para o período. A precipitação média espacial acumulada de abril a maio de 2015 foi 128,1 mm ($119,7^3 \text{ mm}$), 76,3% ($71,3\%^3$) da média climatológica do período de $168,0^3 \text{ mm}$.

A precipitação média espacial acumulada no mês, até 10 de junho de 2015, baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (6 pluviômetros do DAEE e 30 pluviômetros do CEMADEN), foi de 22,9 mm ($11,3^3 \text{ mm}$), o que representa 39,1% ($19,3\%^3$) da média climatológica do mês ($58,5^3 \text{ mm}$) (Figura 1).

A vazão média afluyente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) no mês de junho de 2015 foi $20,40 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 2), 42,1% abaixo da vazão média mensal de $35,23 \text{ m}^3/\text{s}$, mas acima (23,6%) da vazão mínima histórica de $16,50 \text{ m}^3/\text{s}$ para o período 1930-2013, segundo dados da SABESP e do GTAG-Cantareira: situação dos reservatórios / ANA.

A Figura 3 mostra a variação média mensal do armazenamento d'água no solo nas sub-bacias do Sistema Cantareira, a partir de outubro de 2013. Observa-se que para a estação chuvosa 2014-2015 houve excedente de água no solo, contudo os meses de abril e maio de 2015 apresentaram déficit de água no solo.

No dia 16 de maio de 2014, o chamado volume morto (volume morto 1) começou a ser bombeado, adicionando um volume de $182,5 \text{ hm}^3$. O volume útil do Sistema Cantareira ($982,0 \text{ hm}^3$) se esgotou no dia 11 de julho de 2014 (Figura 4). No dia 24 de outubro de 2014 um volume adicional de $105,0 \text{ hm}^3$, o chamado volume morto 2, tornou-se utilizável. O chamado volume morto 1 se esgotou no dia 15 de novembro de 2014. Na Tabela 1 são apresentados os valores do armazenamento do Sistema Cantareira até 10 de junho de 2015.

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

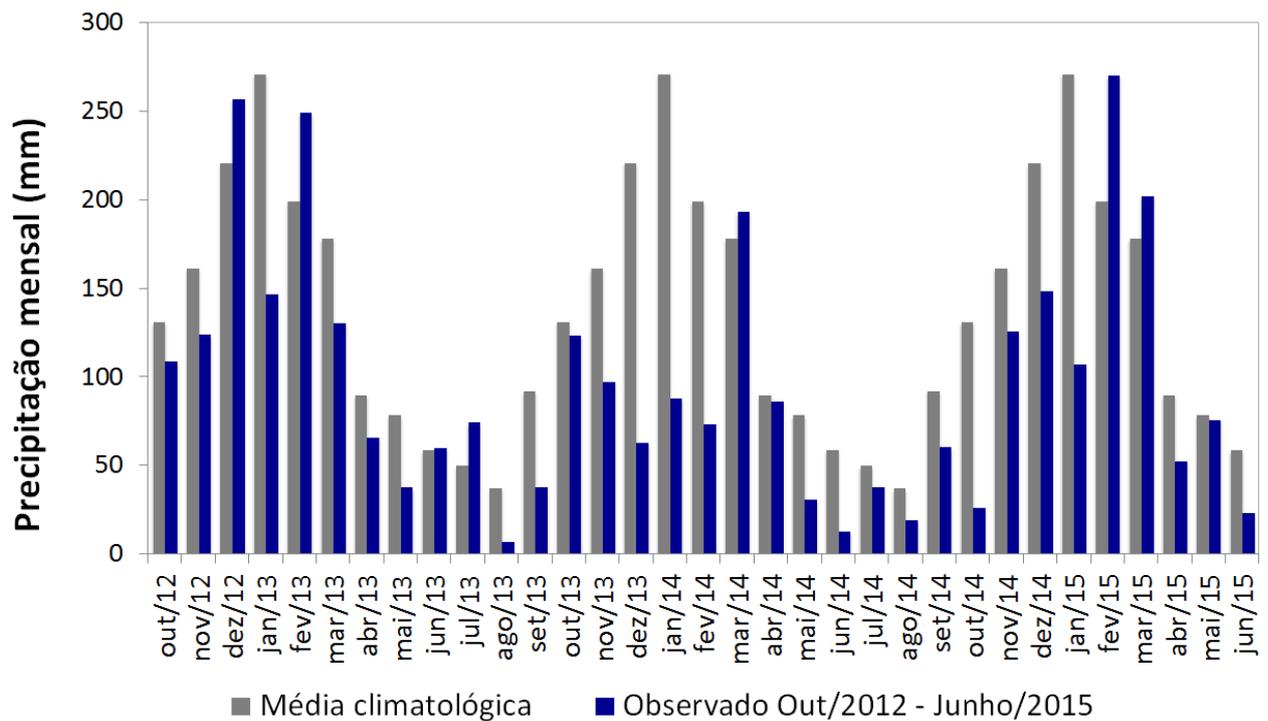


Figura 1. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (ano hidrológico out-set).

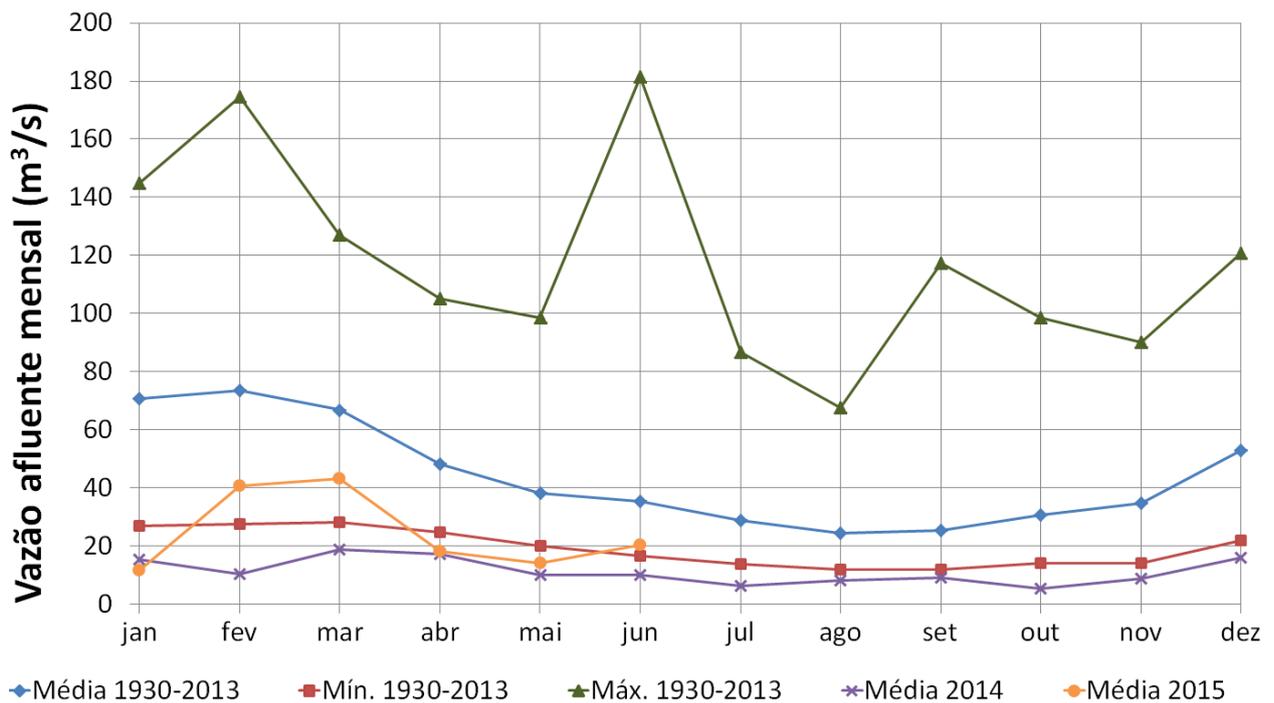


Figura 2. Vazão afluente (em m^3/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). A linha laranja refere-se à vazão média mensal até 10 de junho de 2015 e a roxa à vazão média mensal de 2014. A linha em azul corresponde às vazões médias mensais para o período 1930 – 2013. As linhas verde e vermelha referem-se, respectivamente, aos máximos e mínimos absolutos da série histórica mensal no período 1930 – 2013.

Varição do Armazenamento Médio d'água no solo nas sub-bacias do Sistema Cantareira Out/2013 - Junho/2015

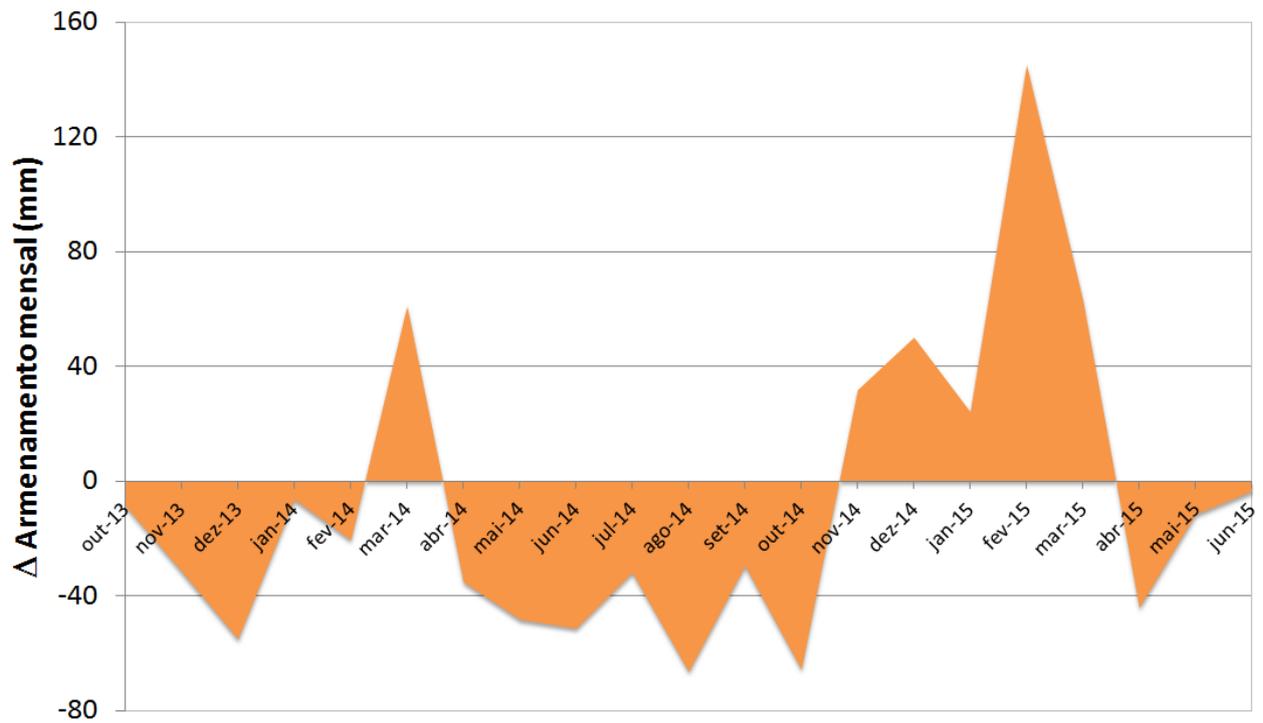


Figura 3. Variação média mensal do armazenamento de água no solo (em mm) para as sub-bacias do Sistema Cantareira. Os valores negativos indicam déficit de água no solo.

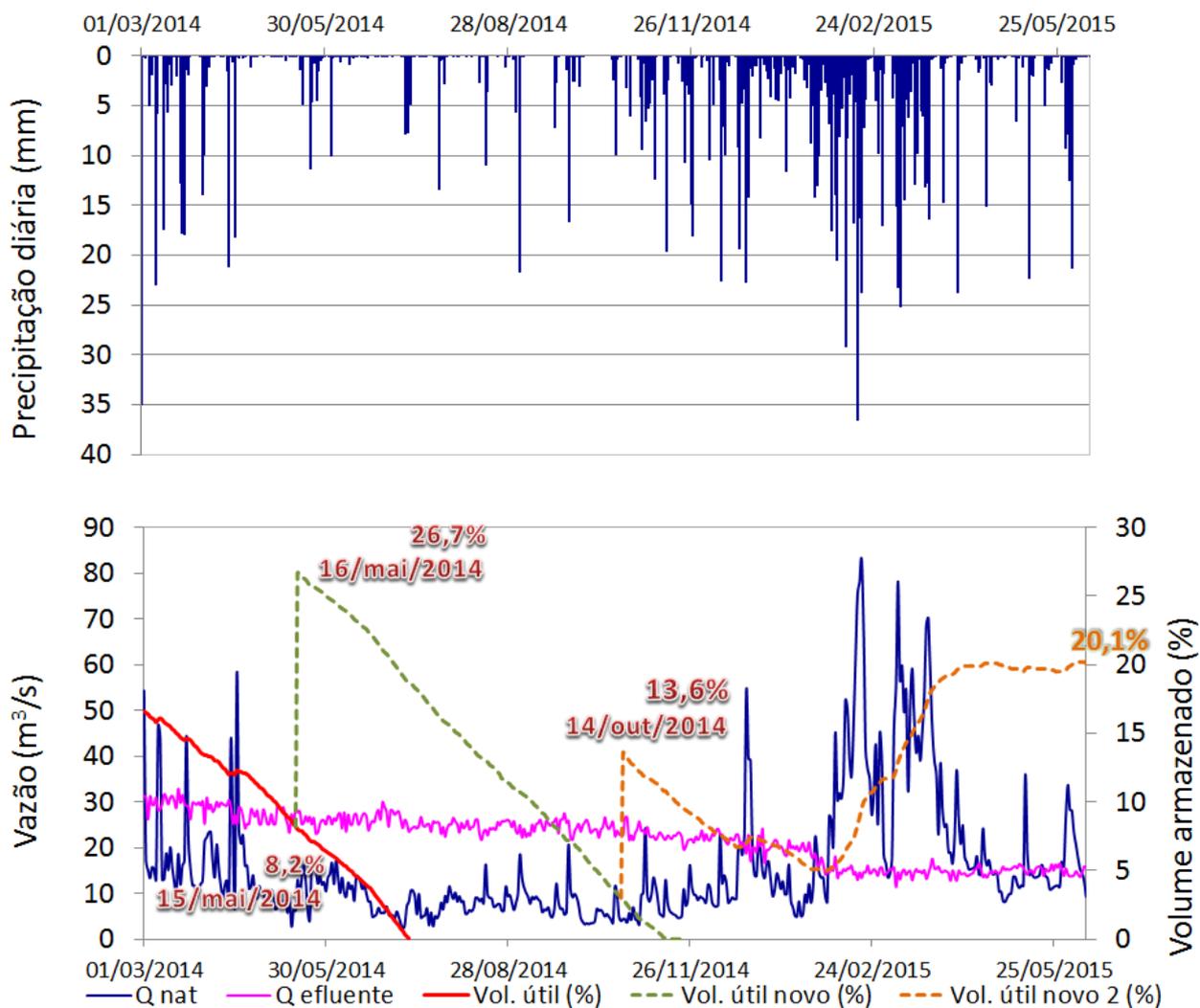


Figura 4. a) Precipitação média diária nas bacias do Sistema Cantareira (Dados do CEMADEN e DAEE) e b) Evolução da vazão afluente (Q_{nat}) do Sistema Cantareira (linha azul), da vazão efluente ($Q_{efluente}$ = vazão para atendimento da demanda Região Metropolitana de São Paulo e Região de Campinas + 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 10/junho/2015					
Volume útil (hm^3)	Vol. útil armazenado (hm^3)	Vol. total autorizado (hm^3)	Vol. total armazenado (hm^3)	% do volume total autorizado	% do volume útil
982,0	0,0	1269,5	197,5	15,6	20,1

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

2.1) Precipitação observada nas últimas 24 e 72 horas e acumulados do mês de junho de 2015.

A chuva no Sistema Cantareira é monitorada por seis (6) pluviômetros do DAEE e trinta (30) pluviômetros do CEMADEN instalados entre o final de abril de 2014 e início de maio de 2014 (Figura 5). Na tabela 2 são apresentados os dados nas últimas 24 e 72 horas e acumulados de todo o mês.

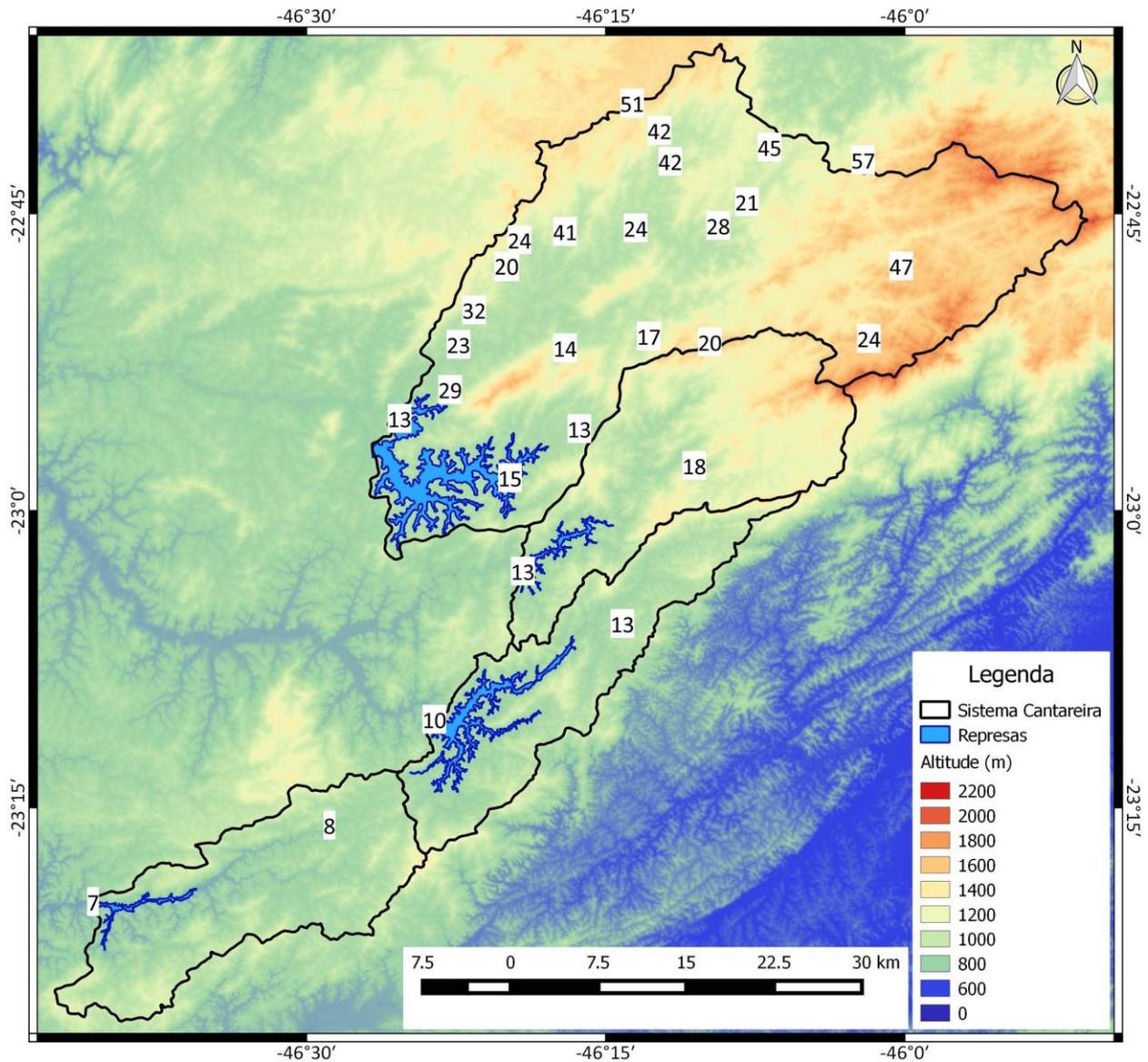


Figura 5. Precipitação observada acumulada (em mm) nos pluviômetros do CEMADEN e DAEE/SAISP nas sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (contornos em preto). As cores representam alturas topográficas com relação ao nível do mar de acordo com a escala da direita.

Tabela 2. Precipitação (em mm) nas últimas 24 e 72 horas (10/06/2015 às 7:00h) e acumulado do mês.

Estações # Fonte: DAEE ** Fonte: CEMADEN	Precipitação acumulada (mm) Últimas 24h	Precipitação acumulada (mm) Últimas 72h	Precipitação acumulada (mm) Mês de Junho
# Barragem Jacareí	0,2	0,4	15,4
# Barragem Jaguari-Vargem	0,0	0,0	13,4
# Barragem Cachoeira	0,4	0,8	12,6
# Barragem Atibainha	0,2	0,4	9,8
# Desemboque do Tunel 5	0,0	0,0	8,0
# Barragem Paiva Castro	0,4	0,8	7,4
**Av, Targino Vargas/Camanducaia	0,0	0,0	21,0
**camanducaia04/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**camanducaia06/Camanducaia	0,0	0,0	47,0
**camanducainha/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**COPASA/Camanducaia	0,0	0,0	24,0
**Cruzeiro/Camanducaia	0,0	0,0	28,0
**Fernão Dias km910/Camanducaia	0,0	0,0	45,0
**Ponte Nova/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**Santa Terezinha/Camanducaia	0,0	0,0	20,0
**São Mateus/Camanducaia	0,0	0,0	57,0
**Estrada das Posses/Extrema	s/d	s/d	s/d
**extrema01/Extrema	0,0	0,0	17,0
**extrema02/Extrema	0,0	0,0	41,0
**extrema07/Extrema	0,0	0,0	20,0
**Forjos/Extrema	0,0	0,0	14,0
**PSF Furnas/Extrema	0,0	0,0	24,0
**PSF Matão/Extrema	0,0	0,0	32,0
**COPASA/Itapeva	0,0	0,0	24,0
**Córrego dos Negros/Itapeva	0,0	0,0	42,0
**Distrito de Areias/Itapeva	0,0	0,0	42,0
**Tropical Flores/Itapeva	0,0	0,0	51,0
**Cachoeira/Joanópolis	0,0	0,0	18,0
**Centro/Joanópolis	0,0	0,0	13,0
**joanopolis02/Joanópolis	s/d	s/d	s/d
**joanopolis03/Joanópolis	s/d	s/d	s/d
**Caras/Piracaia	s/d	s/d	s/d
**Dobrada/Piracaia	s/d	s/d	s/d
**Pião/Piracaia	0,0	0,0	13,0
**Bairro dos Cardosos/Vargem	0,0	0,0	23,0
**SP036/Vargem	0,0	0,0	29,0

(s/d) Indica que houve falta de dados em algum período.

2.2) Previsão de Chuva para o Período de 10 a 17 de junho de 2015

A Figura 6 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 7 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 ETA 40x40 km, que combinam diferentes condições de contorno e de parametrização física, e do 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 escassa chance de chuva nos próximos 7 dias, em função de não haver previsão de passagem de frentes frias na região. A ocorrência de precipitação durante a estação seca depende quase exclusivamente da passagem de sistemas frontais pela região. Contudo, alguns modelos consultados indicam uma pequena chance de precipitação na próxima semana.

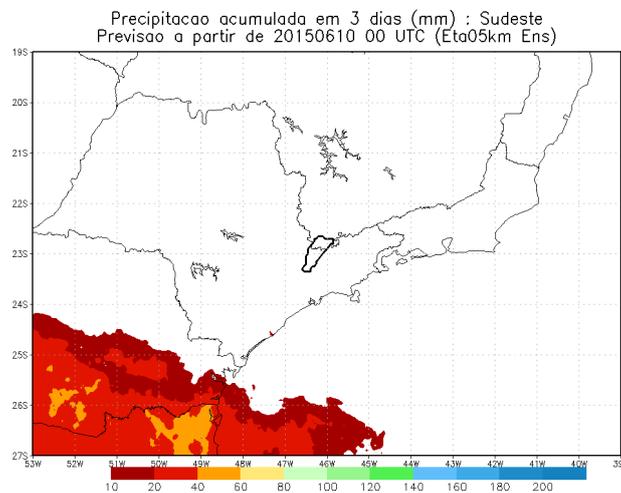


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em mm para os próximos 3 dias segundo a previsão do modelo numérico ETA/CPTEC/INPE de alta resolução (5x5km). A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

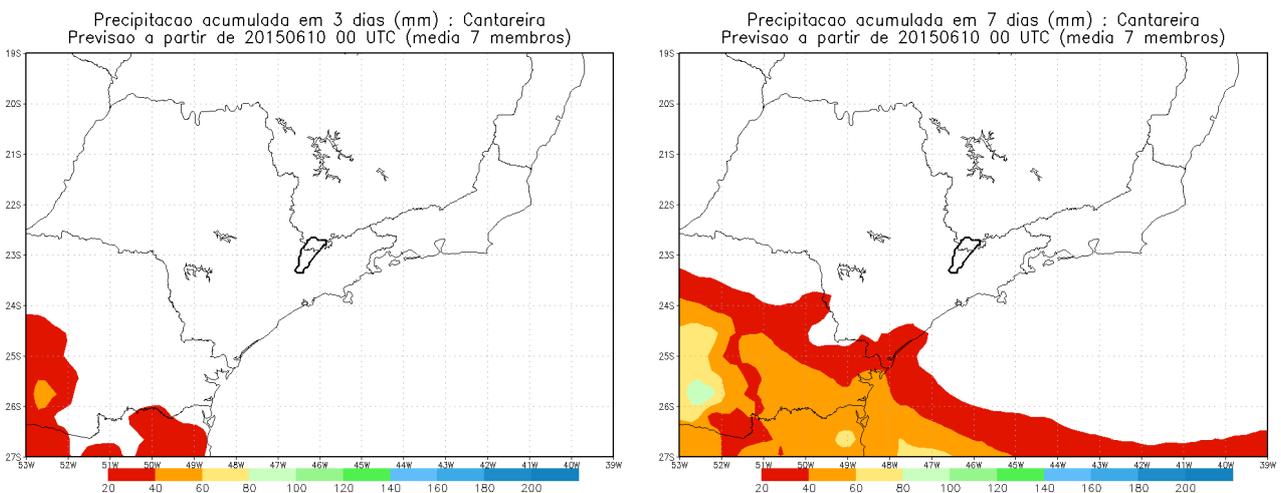


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em mm nos próximos 3 e 7 dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão por conjuntos (média de 7 previsões semelhantes em que a cada previsão é iniciada com o estado da atmosfera ligeiramente diferente) do modelo numérico ETA/CPTEC/INPE. 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 8 apresenta as precipitações e vazões diárias observadas de 02 a 10 de junho e previstas de 11 a 17 de junho de 2015. A previsão média da precipitação do modelo ETA/CPTEC/INPE (média de 7 previsões paralelas), é cerca de 7 mm, enquanto a *previsão da vazão média afluente é, aproximadamente, 11,35 m³/s* (Figura 8). Considerando uma extração total para os próximos sete dias igual a 17,0 m³/s ($Q_{esi}=13,50 \text{ m}^3/\text{s} + Q_{jus}=3,50 \text{ m}^3/\text{s}$, segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 247), o volume armazenado no Sistema Cantareira diminuirá cerca de 0,3 ponto percentual.

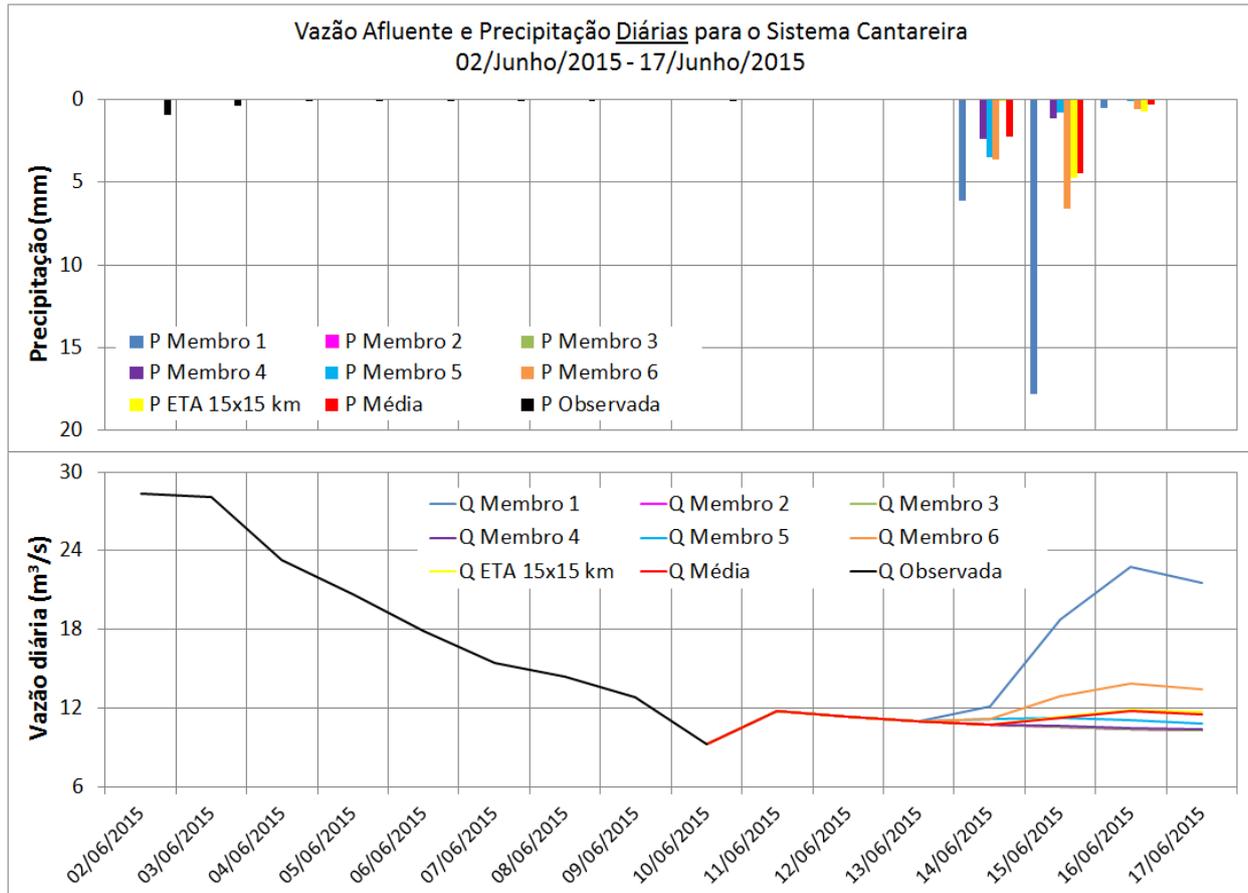


Figura 8. (P) Corresponde às precipitações diárias observadas (barra preta), a média das previsões (barra vermelha) e as previsões dos 6 membros do ETA/CPTEC/INPE 40x40km e do ETA/CPTEC/INPE 15x15km (demais barras). (Q) Corresponde às vazões diárias observadas e as demais as vazões projetadas a partir das diferentes previsões de precipitação.

A Figura 9 mostra a projeção da vazão média mensal afluente, em m³/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 8) e, na sequência, considerando 5 cenários de precipitação: média climatológica, 25% e 50% abaixo, 25% e 50% acima da média climatológica até 31 de dezembro de 2015. Em todos os cenários foi utilizada a média histórica mensal de temperatura.

Vazão Média Mensal Afluente Prevista para o Sistema Cantareira 10/Junho/2015 - 31/Dez/2015

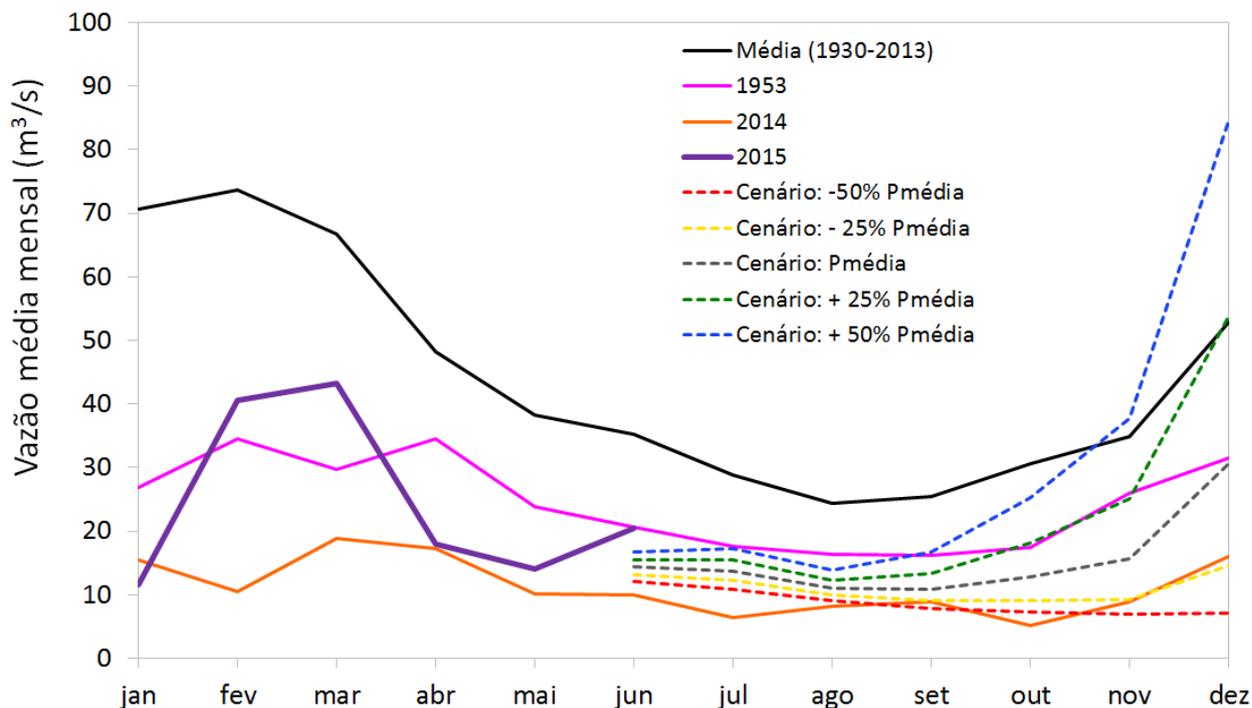


Figura 9. As linhas tracejadas apresentam cinco projeções de vazão média mensal afluente em m^3/s ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) com a previsão do ETA/CPTEC/INPE para os próximos 7 dias e, na sequência, para os cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha 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). A linha preta corresponde à média mensal climatológica para o período 1930-2013, em rosa as vazões médias mensais de 1953, em laranja de 2014 e em roxo de 2015. Para o mês de junho de 2015, apresenta-se em roxo a média do dia 01 ao 10.

A Figura 10 mostra a evolução do volume acumulado dos reservatórios do Sistema Cantareira usando as previsões de vazão das Figuras 8 e 9, e considerando a extração total do Sistema Cantareira igual a $17,0 m^3/s$ para o período de 1º de junho a 30 de agosto e dezembro de 2015 e igual a $13,5 m^3/s$ para o período de 1º de setembro a 30 de novembro de 2015. Para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 seria utilizado novamente em 171 dias a partir de hoje, aproximadamente. Em 1º de dezembro de 2015, para um cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica, seria recuperado, aproximadamente, 10,5% da água do chamado volume morto 1. Para um cenário de precipitações pluviométricas iguais à média climatológica, seria recuperado, aproximadamente, 33,1% da água do chamado volume morto 1. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 197 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 174 dias (Tabela 3).

No cenário de precipitações pluviométricas na média climatológica, no final da estação seca, 30 de setembro de 2015, o volume armazenado seria de $161,54 hm^3$ (12,7% de $1269,5 hm^3$). No dia 1º de dezembro de 2015 seria de $165,48 hm^3$ (13,0% de $1269,5 hm^3$), aproximadamente.

Evolução do Armazenamento do Sistema Cantareira 10/junho/2015 a 31/dezembro/2015

junho a agosto e dezembro: $Q_{esi} = 13,5 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_{jus} = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$
setembro a novembro: $Q_{esi} = 10,0 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_{jus} = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$

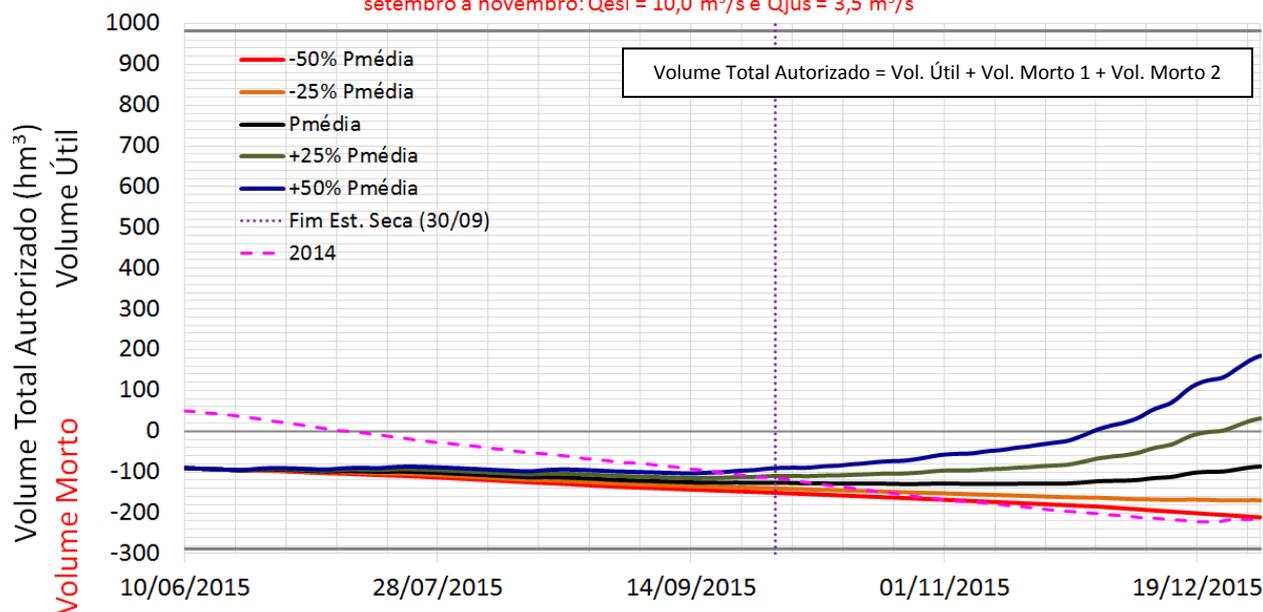


Figura 10. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha laranja), na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima 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. Em todos os cenários foi utilizada a temperatura média mensal. A linha rosa tracejada mostra a evolução do armazenamento do Sistema Cantareira em 2014.

Tabela 3. Resumo das previsões para o período de 10/junho/2015 a 31/dezembro/2015 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 o período de 1º de junho a 31 de agosto e dezembro de 2015, e igual a $13,5 \text{ m}^3/\text{s}$ para o período de 1º de setembro a 30 de novembro de 2015, segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 247.

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Dias para esgotamento do volume útil	Esgotou em 11/julho/2014				
Dias para esgotamento do volume morto 1	Esgotou em 15/novembro/2014				
Dias para recuperar o volume morto 2	Recuperado em 24/fevereiro/2015				
Dias de uso do volume morto 1	170	>205	-	-	-
Dias para recuperar o volume morto 1	-	-	>205	197	174
% do Vol. total autorizado (de $1269,5 \text{ hm}^3$) em 30/set/2015	10,8%	11,6%	12,7%	14,0%	15,5%
% do Vol. total autorizado (de $1269,5 \text{ hm}^3$) em 01/dez/2015	8,1%	9,8%	13,0%	17,5%	23,3%

4) Verificação das Previsões de Chuvas e Vazão do Período Anterior (02 a 09 de junho de 2015)

A Figura 11 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 as previsões foram corretas já que não foi prevista chuva sobre a região, fato que foi observado.

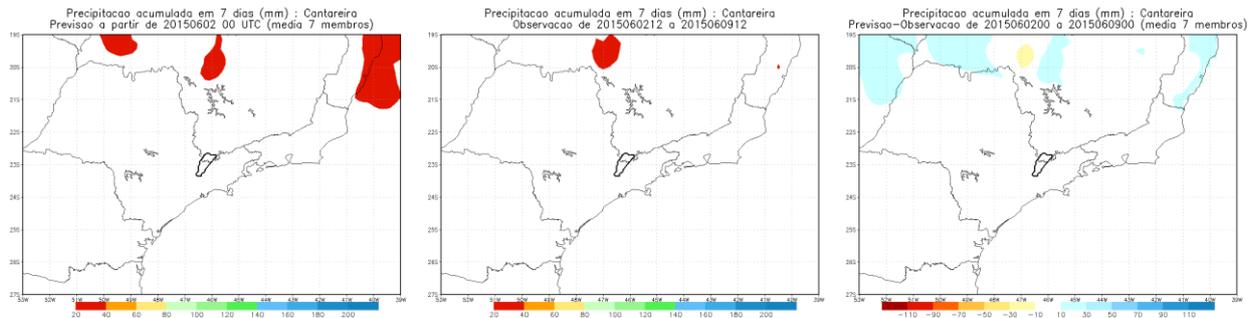


Figura 11. Esquerda: Previsão de precipitação acumulada em mm dos últimos 7 dias, segundo o modelo numérico ETA/CPTEC/INPE (previsão por conjuntos). Centro: precipitação observada no mesmo período (em mm). Direita: diferença entre a previsão prevista e observada (em mm). Os valores positivos (cores em 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 02 a 09 de junho de 2015 foi igual a 20,13 m³/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 28,86 m³/s.