

Relatório da Situação Atual e Projeção Hidrológica para o Sistema Cantareira

SUMÁRIO

A precipitação média espacial, acumulada no mês, até 23 de setembro 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 112,2 mm (108,9¹ mm), o que representa 129,6% (125,8%¹) da média climatológica do mês (86,6¹ mm). Para o mesmo período, a extração média de água do Sistema Cantareira foi de 15,35 m³/s. O Sistema opera hoje, 23 de setembro de 2015, com 12,5% do 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 possibilidade de chuva na região do Cantareira a partir do próximo final de semana. Da análise da evolução hipotética das chuvas até 31 de março de 2016, 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 setembro a outubro de 2015, igual a 13,5 m³/s para novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 248) e, novamente, 17,0 m³/s para o período de dezembro de 2015 a março de 2016 (assumindo uma extração maior durante a estação chuvosa), 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 116 dias. Para um cenário de precipitações pluviométricas na média climatológica, o chamado volume morto 1 seria recuperado em 84 dias. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 69 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 61 dias (vide tabela resumo).

Resumo das previsões para o período de 23/setembro/2015 a 31/março/2016 para os cinco cenários de precipitação, considerando a extração total (Qesi + Qjus) constante igual a 17,0 m³/s para o período de setembro a outubro de 2015, igual a 13,5 m³/s para novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 248) e novamente 17,0 m³/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	>191	-	-	-	-
Dias para recuperar o vol. morto 1	-	116	84	69	61
% do volume total autorizado (1269,5 hm ³) em 30/set/2015	12,4%	12,4%	12,4%	12,4%	12,4%
% do volume total autorizado (1269,5 hm ³) em 01/dez/2015	12,5%	15,8%	19,3%	23,1%	27,1%
% do volume total autorizado (1269,5 hm ³) em 31/mar/2016	16,2%	34,6%	57,1%	84,0%	100%

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 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 (1020³ mm), equivalente a 73,5% (83,7%³) de 1161³ mm, média climatológica para o período. A precipitação acumulada de abril a agosto de 2015 foi de 246,2 mm (234,1³ mm), 79,2% (75,3%) da média climatológica do período de 310,9³ mm (Figura 1).

A precipitação média espacial, acumulada no mês, até 23 de setembro 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 112,2 mm (108,9⁴ mm), o que representa 129,6% (125,8%⁴) da média climatológica do mês (86,6⁴ mm).

A vazão média afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) no mês, até 23 de setembro de 2015, foi 18,75 m³/s (Figura 2), 26,3% abaixo da vazão média mensal de 25,4 m³/s para o período 1930-2013, segundo dados da SABESP e do GTAG-Cantareira: situação dos reservatórios / ANA.

No dia 16 de maio de 2014, o chamado volume morto (volume morto 1) começou a ser bombeado, adicionando um volume de 182,5 hm³. O volume útil do Sistema Cantareira (982,0 hm³) se esgotou no dia 11 de julho de 2014 (Figura 3). No dia 24 de outubro de 2014 um volume adicional de 105,0 hm³, o chamado volume morto 2, tornou-se utilizável. O chamado volume morto 1 se esgotou no dia 15 de novembro de 2014, dando início ao uso do volume morto 2. Este último se recuperou no dia 24 de fevereiro de 2015. Na Tabela 1 são apresentados os valores do armazenamento do Sistema Cantareira até 23 de setembro de 2015.

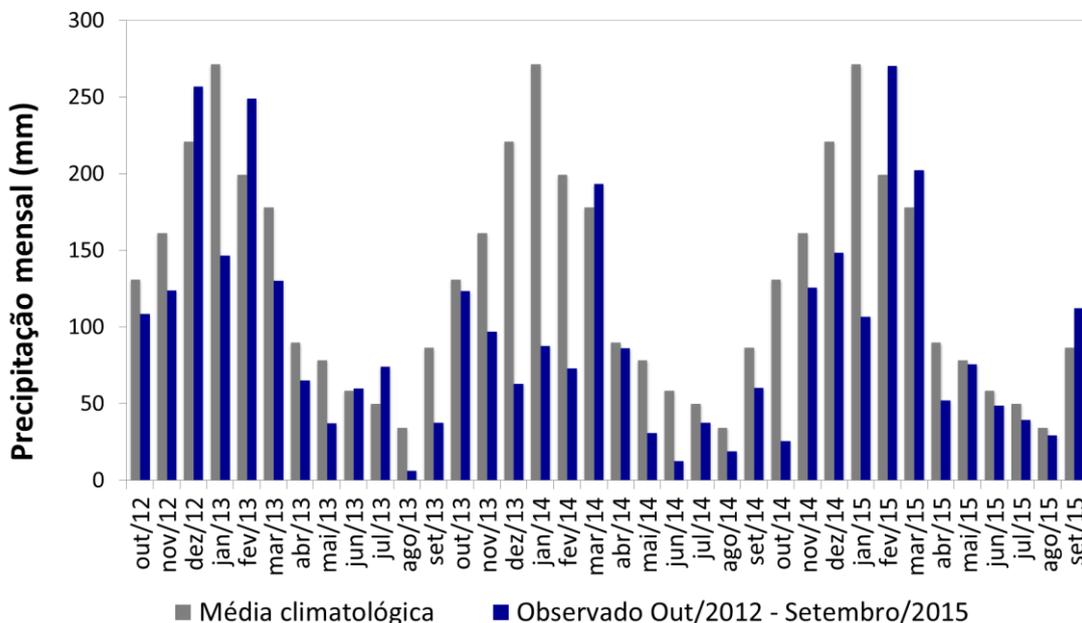


Figura 1. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (ano hidrológico out-set).

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

⁴ De acordo com o site da SABESP, <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/>.

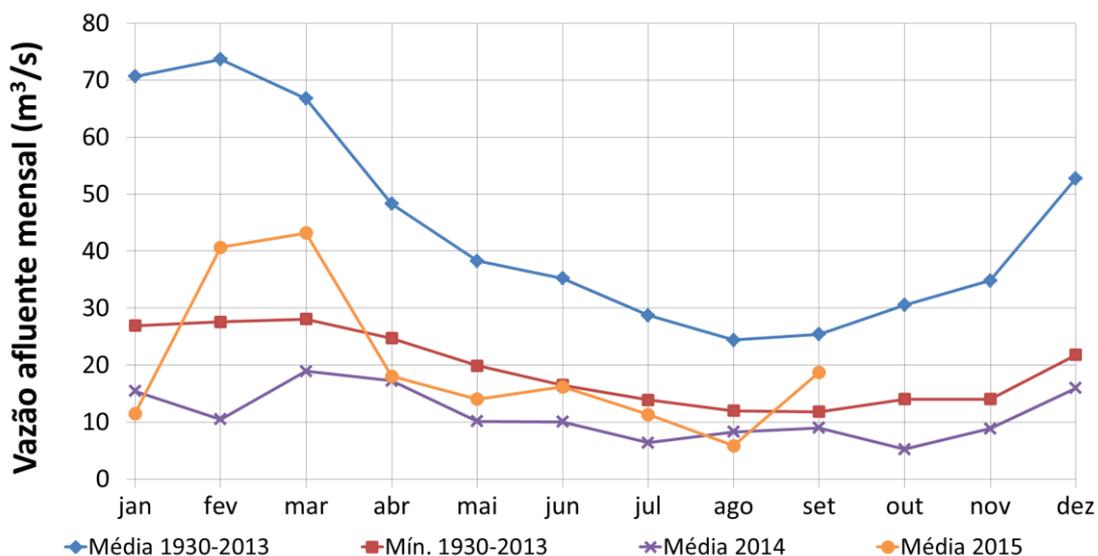


Figura 2. Vazão afluente (em m^3/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). A linha laranja refere-se à vazão média mensal até 23 de setembro de 2015 e a roxa à vazão média mensal de 2014. As linhas em azul e vermelho correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais para o período 1930 – 2013 e aos mínimos absolutos da série histórica mensal no período 1930 – 2013.

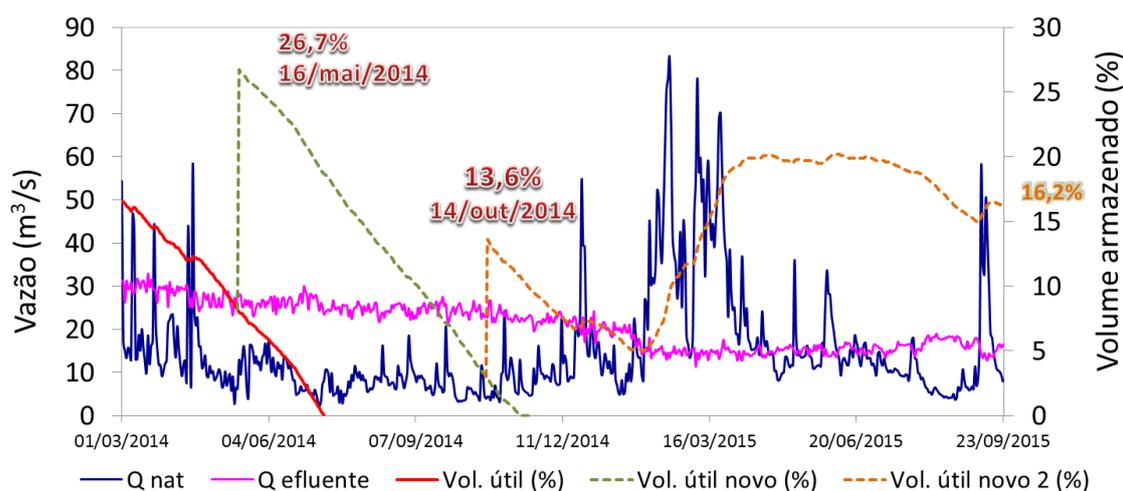


Figura 3. Evolução da vazão afluente (Q_{nat}) do Sistema Cantareira (linha azul), da vazão efluente ($Q_{efluente}$ = vazão para atendimento da demanda Região Metropolitana de São Paulo e Região de Campinas + vazão a jusante (linha magenta), e do volume útil (em porcentagem) do Sistema Cantareira (linha 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 23/setembro/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	159,0	12,5	16,2

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

2.1) Precipitação observada acumulada do mês de setembro 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.

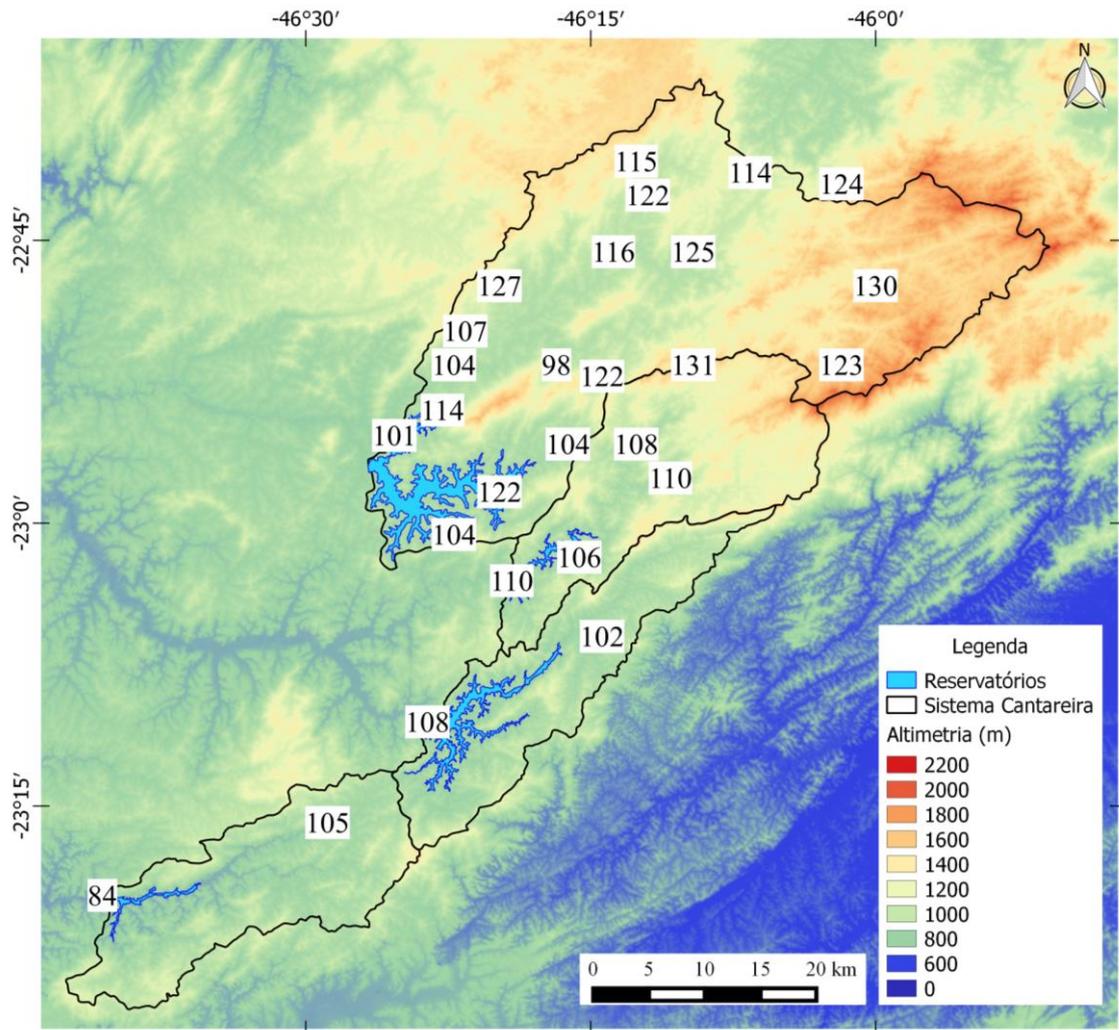


Figura 4. Precipitação observada acumulada (em mm) nos pluviômetros do CEMADEN e DAEE/SAISP nas sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (contornos em preto). As cores representam alturas topográficas com relação ao nível do mar de acordo com a escala da direita.

2.2) Previsão de Chuva para o Período de 16 a 23 de setembro 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 a partir do próximo final de semana em função da aproximação de uma frente fria.

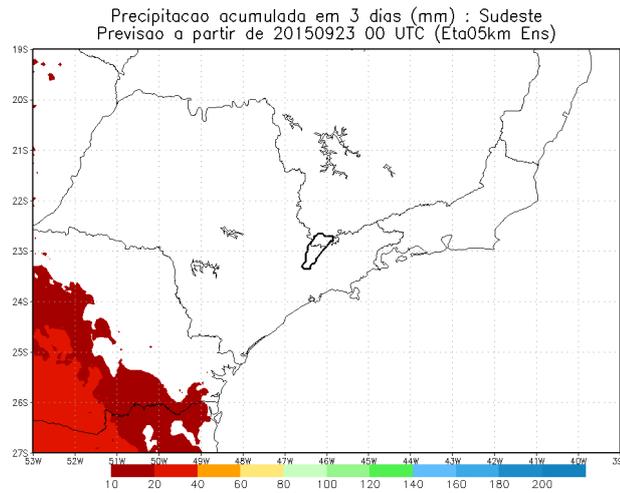


Figura 5. Previsão de precipitação acumulada em mm para os próximos 3 dias segundo a previsão do modelo numérico ETA/CPTEC/INPE de alta resolução (5x5km). A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

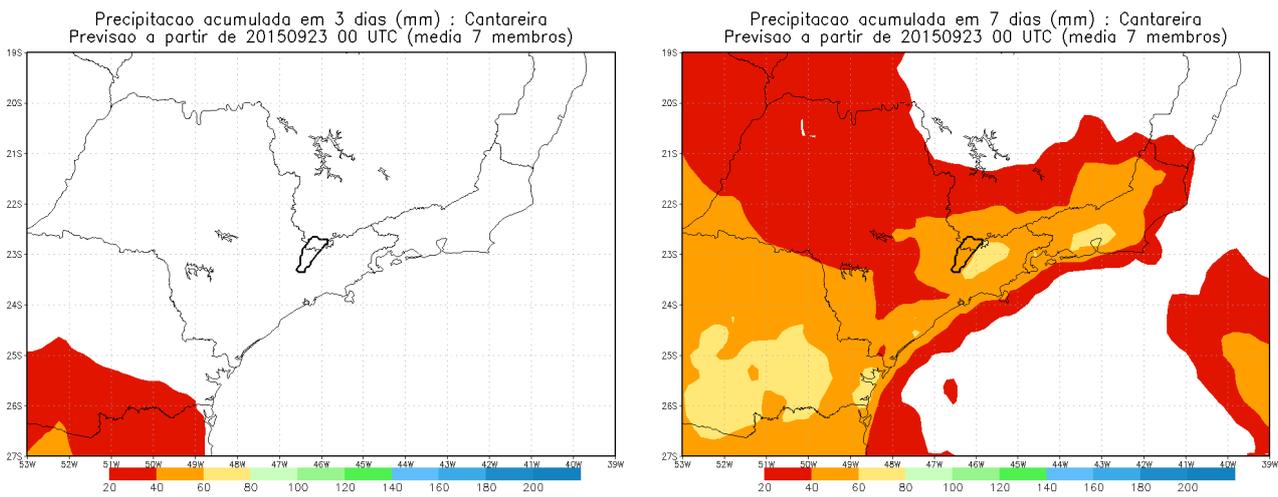


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em mm nos próximos 3 e 7 dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão por conjuntos (média de 7 previsões semelhantes em que a cada previsão é iniciada com o estado da atmosfera ligeiramente diferente) do modelo numérico ETA/CPTEC/INPE. 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 16 a 23 de setembro de 2015 e previstas de 24 a 30 de setembro de 2015. A previsão média da precipitação do modelo ETA/CPTEC/INPE, média de 7 previsões paralelas, é de, aproximadamente, 54 mm, enquanto a *previsão da vazão média afluente é, aproximadamente, de 14,3 m³/s*. Considerando uma extração total igual a 17,0 m³/s para os próximos sete dias, o volume armazenado no Sistema Cantareira diminuirá cerca de 0,1 ponto percentual.

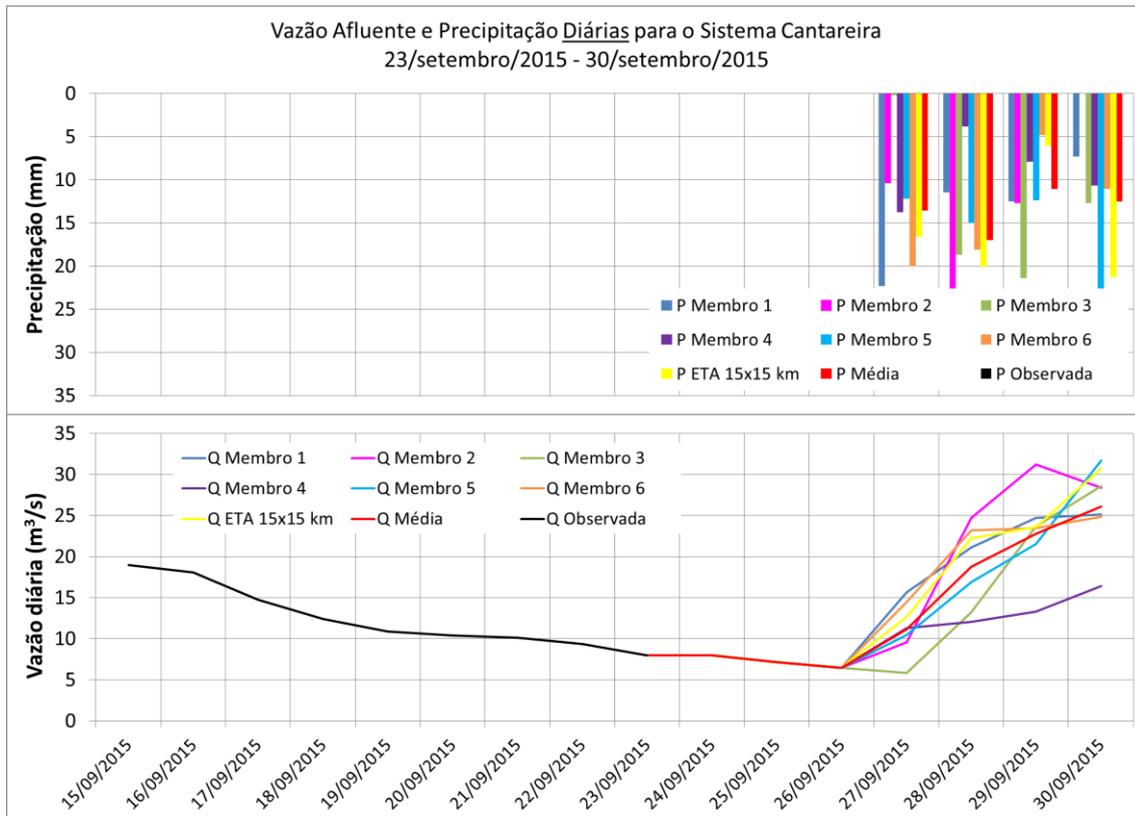


Figura 7. (P) Corresponde às precipitações diárias observadas (barra preta), a média das previsões (barra vermelha) e as previsões dos 6 membros do ETA/CPTEC/INPE 40x40km e do ETA/CPTEC/INPE 15x15km (demais barras). (Q) Corresponde às vazões diárias observadas e as demais as vazões projetadas a partir 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. Em todos os cenários foi utilizada a média histórica mensal de temperatura.

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 o período de setembro a outubro de 2015, igual a $13,5 m^3/s$ para novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 248) e novamente $17,0 m^3/s$ para o período de dezembro de 2015 a março de 2016 (assumindo uma extração maior durante a estação chuvosa). 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 116 dias. Para um cenário de precipitações pluviométricas na média climatológica, o chamado volume morto 1 seria recuperado em 84 dias. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 69 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 61 dias (Tabela 2).

No cenário de precipitações pluviométricas na média climatológica, no final da estação seca, 30 de setembro de 2015, o volume armazenado seria de $157,5 hm^3$ (12,4% de $1269,5 hm^3$). No dia 1º de dezembro de 2015 seria de $225,0 hm^3$ (19,3% de $1269,5 hm^3$), aproximadamente. E no final da próxima estação chuvosa, 31 de março de 2016, seria de $724,5 hm^3$ (57,1% de $1269,5 hm^3$).

Projeção da Vazão Média Mensal Afluente Sistema Cantareira: 23/setembro/2015 - 31/março/2016

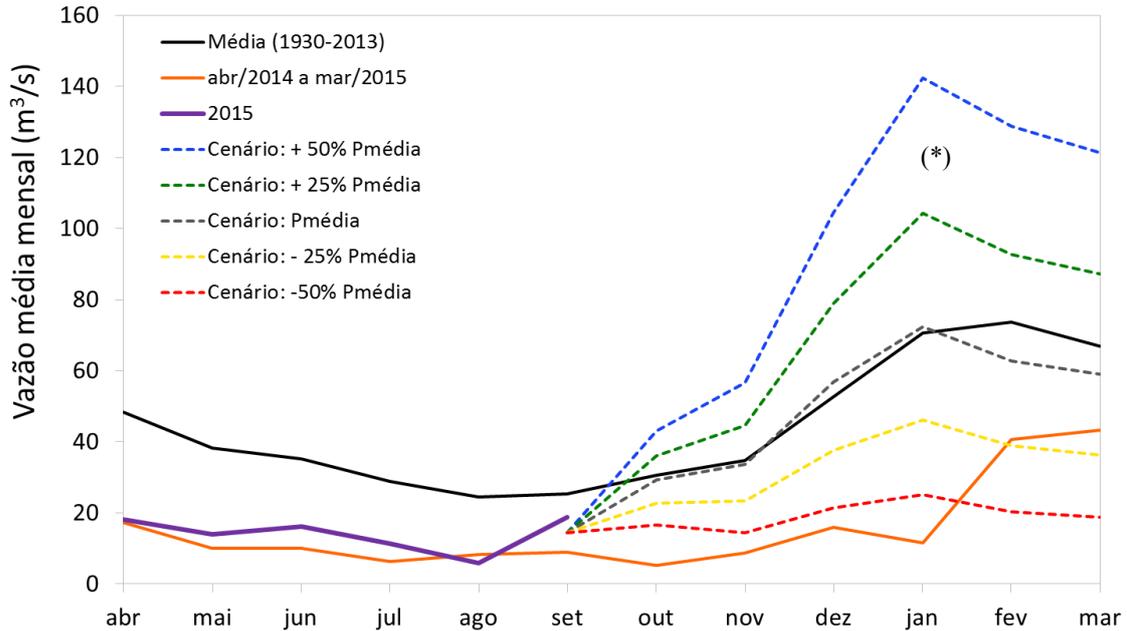


Figura 8. As linhas tracejadas apresentam cinco projeções de vazão média mensal afluente, em m^3/s , ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) com a previsão do ETA/CPTEC/INPE para os próximos 7 dias e, na sequência, para os cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha 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). O início das projeções corresponde à vazão média projetada de 24 a 30 de setembro para cada cenário. A linha preta corresponde à média mensal climatológica para o período 1930-2013, em laranja de abr/2014 a mar/2015 e em roxo de abril a 23 de setembro de 2015. (*)O modelo tende a superestimar as vazões máximas (picos de vazão) durante a estação chuvosa.

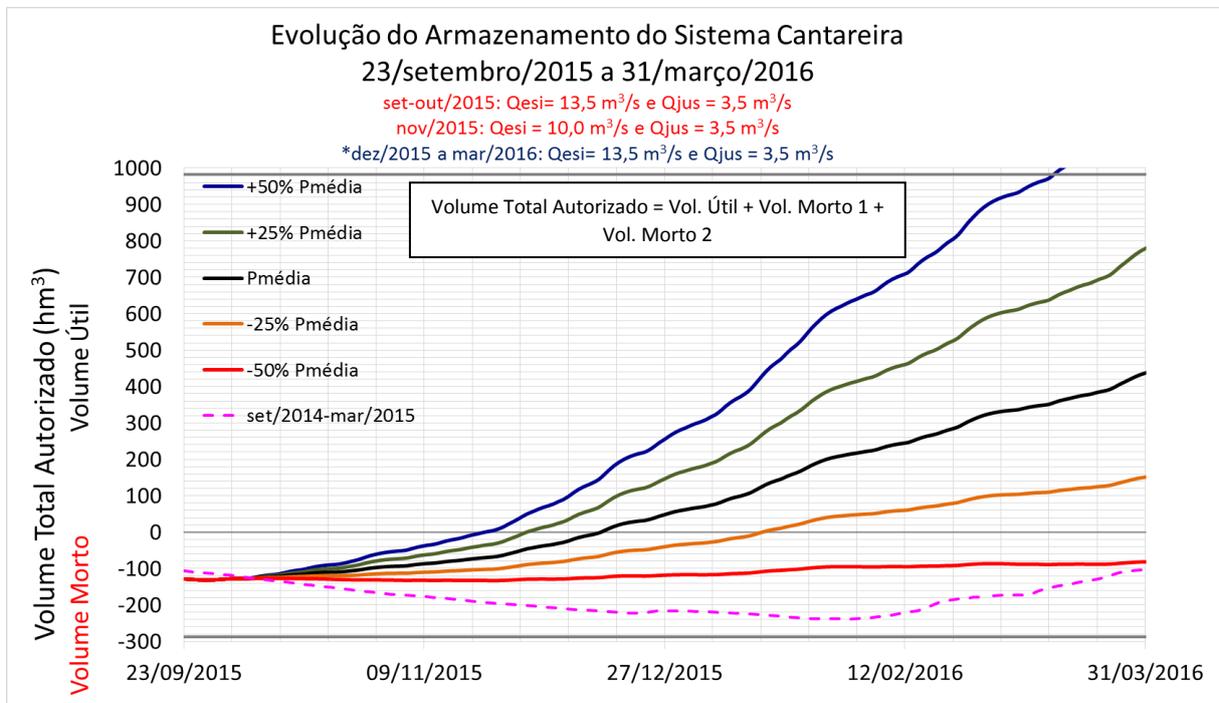


Figura 9. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha laranja), na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima da média climatológica (linha azul), considerando o Volume Total Autorizado (volume útil + volume morto1 + volume morto2 = $982,0 hm^3 + 182,5 hm^3 + 105,0 hm^3$) da água que está sendo bombeada do volume morto dos reservatórios Jaguari-Jacaré e Atibainha. Em todos os cenários foi utilizada a temperatura média mensal. A linha magenta tracejada mostra a evolução do armazenamento do Sistema Cantareira de set/2014 a mar/2015.

Tabela 2. Resumo das previsões para o período de 23/setembro/2015 a 31/março/2016 para os cinco cenários de precipitação, considerando a extração total (Qesi + Qjus) constante igual a 17,0 m³/s para o período de setembro a outubro de 2015, igual a 13,5 m³/s para novembro de 2015 (segundo Comunicado Conjunto ANA-DAEE 248) e novamente 17,0 m³/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	>191	-	-	-	-
Dias para recuperar o vol. morto 1	-	116	84	69	61
% do volume total autorizado (1269,5 hm ³) em 30/set/2015	12,4%	12,4%	12,4%	12,4%	12,4%
% do volume total autorizado (1269,5 hm ³) em 01/dez/2015	12,5%	15,8%	19,3%	23,1%	27,1%
% do volume total autorizado (1269,5 hm ³) em 31/mar/2016	16,2%	34,6%	57,1%	84,0%	100%

4) Verificação das Previsões de Chuvas e Vazão do Período Anterior (15 a 22 de setembro 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 as previsões foram corretas, já que não foi prevista nem observada a ocorrência de chuva sobre a região do Cantareira.

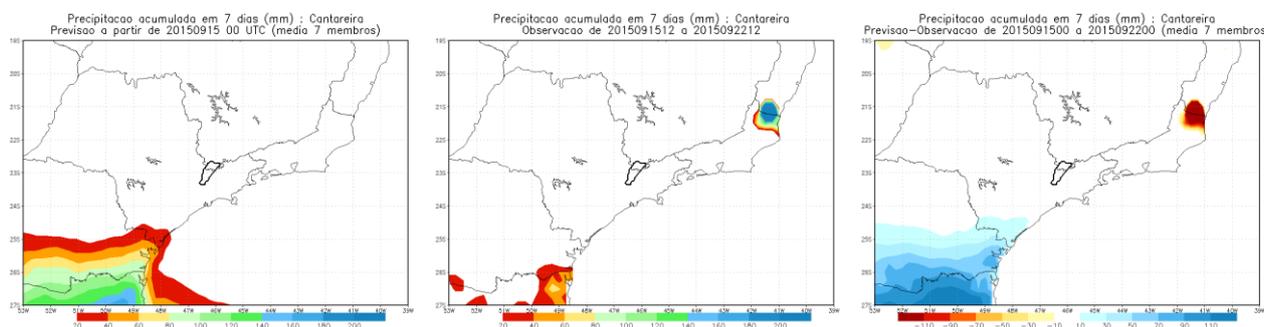


Figura 10. Esquerda: Previsão de precipitação acumulada em mm dos últimos 7 dias, segundo o modelo numérico ETA/CPTec/INPE (previsão por conjuntos). Centro: precipitação observada no mesmo período (em mm). Direita: diferença entre a previsão prevista e observada (em mm). Os valores positivos (cores em azul) indicam que os valores previstos foram superiores aos 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 15 a 22 de setembro de 2015 foi igual a 13,1 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 17,2 m³/s.