

Relatório da Situação Atual e Previsão Hidrológica para o Sistema Cantareira

SUMÁRIO

A precipitação média espacial, acumulada no mês, até 10 de fevereiro de 2015, baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE e 30 pluviômetros do CEMADEN), foi de 110,2 mm (121,1 mm de acordo com o site da SABESP, <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>), 55,4% (60,8% de acordo com o site da SABESP) da média climatológica do mês, 199,1 mm, segundo a SABESP. As previsões do modelo ETA/CPTEC/INPE, no modo de conjunto, para a região de abrangência da bacia de captação do Sistema Cantareira indicam possibilidade de chuva em forma de pancadas localizadas nos próximos 3 dias. A água do chamado volume morto começou a ser bombeada no dia 16 de maio de 2014, e um volume adicional de 182,47 hm³ tornou-se utilizável (*volume morto 1*). Segundo a SABESP, em 16 de maio de 2014, o volume útil do Sistema Cantareira passou de 80,53 hm³ (correspondente a 8,2% do volume útil original de 981,55 hm³) para 263,03 hm³ (26,7% de 981,55 hm³). O volume útil original do Sistema Cantareira se esgotou no dia 11 de julho de 2014. No dia 24 de outubro de 2014 um volume adicional de 105,00 hm³, do chamado volume morto, tornou-se utilizável (*volume morto 2*). Segundo a SABESP, o volume útil do Sistema Cantareira passou de 27,47 hm³ (2,8% de 981,55 hm³) para 132,43 hm³ (13,6% de 981,55 hm³). O chamado volume morto 1 se esgotou no dia 15 de novembro de 2014. Da análise de evolução hipotética das chuvas para os próximos meses (até 31 de dezembro de 2015), usando as simulações do modelo hidrológico PDM/CEMADEN¹, para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o volume morto 2 (105,00 hm³) se esgotaria em aproximadamente 198 dias a partir de hoje. Para o cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica, a utilização da água do chamado volume morto 2 seria necessária por um período de 49 dias, consumindo 46,91% do volume morto 2, aproximadamente. Para um cenário de precipitações pluviométricas iguais à média climatológica para os próximos meses, a utilização da água do chamado volume morto 2 seria necessária por um período de 30 dias, consumindo 43,38% do volume morto 2, aproximadamente. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica, a utilização da água do chamado volume morto 2 seria necessária por um período de 19 dias, consumindo 43,38% do volume morto 2, aproximadamente. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica, a utilização da água do chamado volume morto 2 seria necessária por um período de 18 dias, consumindo 43,38% do volume morto 2, aproximadamente (vide tabela resumo).

¹ 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 (37 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/fevereiro/2015 a 30/setembro/2015, para os cinco cenários de precipitação e extração total ($Q_{esi} + Q_{jus}$) constante igual aos últimos sete dias (04/02 a 10/02 de 2015).

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Extração total = $Q_{esi} = 14,52 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$ + $Q_{jus} = 0,68 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$					
Dias para esgotamento do volume útil	Esgotou em 11/julho/2014				
Dias para esgotamento do volume morto 1	Esgotou em 15/novembro/2014				
Dias de uso do volume morto 2	198 dias	49 dias	30 dias	19 dias	18 dias
% do Volume morto usado (de 105,00 hm ³)	100,0%	46,91%	43,38%	43,38%	43,38%
Dias para esgotamento do volume morto 2	198 dias	-	-	-	-

(1) Valores médios dos últimos sete dias (04/02/2015 a 10/02/2015), segundo dados do site da SABESP: <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>.

1) Situação atual do Sistema Cantareira

Os reservatórios do Sistema Cantareira acumulam água nos meses chuvosos, de outubro a março, garantido o abastecimento no período de estiagem. Entretanto, no período de outubro de 2013 a março de 2014, da rede de pluviômetros da SABESP, foram observadas chuvas abaixo da média climatológica (Figura 1), e conseqüentemente as vazões naturais afluentes foram excepcionalmente baixas, o que contribuiu para que os reservatórios não recebessem o volume de água esperado para essa época do ano (GTAG–Cantareira², Comunicado No 6 – 25/04/2014). Em 31 de março de 2014, o volume útil do Sistema Equivalente (reservatórios Jaguari-Jacaré, Cachoeira e Atibainha) chegou a 13,1% (127,57 hm³) do volume útil. Considerando a situação crítica do Sistema, decidiu-se fazer uso do chamado volume morto (182,47 hm³) dos reservatórios Jaguari-Jacaré e Atibainha, através da instalação de um sistema de bombas nos dois reservatórios. O volume morto começou a ser bombeado do reservatório Jaguari-Jacaré em 16 de maio de 2014, elevando o volume útil de 8,2% (80,53 hm³), em 15 de maio de 2014, para 26,7% (263,03 hm³), porcentagem em relação ao volume útil (981,55 hm³).

A precipitação média espacial, acumulada no mês, até 10 de fevereiro de 2015, baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE e 30 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi de 110,2 mm (121,1 mm de acordo com o site da SABESP, <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>), 55,4% (60,8% de acordo com o site da SABESP) da média climatológica do mês, 199,1 mm, segundo a SABESP (Figura 1).

A precipitação média espacial, acumulada no período de 01 de outubro de 2014 a 10 de fevereiro de 2015, baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE e 30 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi de 514,6 mm (612,3 mm de acordo com o site da SABESP, <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>, para a rede pluviométrica do DAEE), equivalente a 52,3% (62,3% de acordo com o site da SABESP) de 983,1 mm, média climatológica para o período outubro a fevereiro, de acordo com a SABESP.

A vazão média afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) até hoje, 10 de fevereiro de 2015, foi de 26,38 m³/s (Figura 2), abaixo da vazão média mensal, de 73,7 m³/s mas próximo da vazão mínima histórica de 27,6 m³/s (para o período 1930-2013 segundo dados da SABESP e do GTAG–Cantareira: situação dos reservatórios / ANA).

²Grupo Técnico de Assessoramento para Gestão do Sistema Cantareira

A Figura 3 mostra a variação média mensal do armazenamento d'água no solo nas sub-bacias do Sistema Cantareira, para o período de outubro de 2013 até 10 de fevereiro de 2015, observando-se déficit de água no solo de outubro de 2013 a fevereiro de 2014 e de abril a outubro de 2014. Observaram-se excedente de água no solo nos meses de março, novembro, dezembro de 2014 e janeiro de 2015 que apresentaram, respectivamente, chuvas 5,0% acima, 21,2%, 33,7% e 48,6% abaixo da média climatológica.

O volume útil antigo do Sistema Cantareira (981,55 hm³) se esgotou no dia 11 de julho de 2014 (Figura 4). No dia 24 de outubro de 2014 um volume adicional de 105,00 hm³, do chamado volume morto, tornou-se utilizável. Segundo a SABESP, o volume útil do Sistema Cantareira passou de 27,47 hm³ (2,8% de 981,55 hm³) para 132,43 hm³ (13,6% de 981,55 hm³). O chamado volume morto 1 se esgotou no dia 15 de novembro de 2014 (Figura 4). Na Tabela 1 são apresentados os valores do armazenamento do Sistema Cantareira até 10 de fevereiro de 2015.

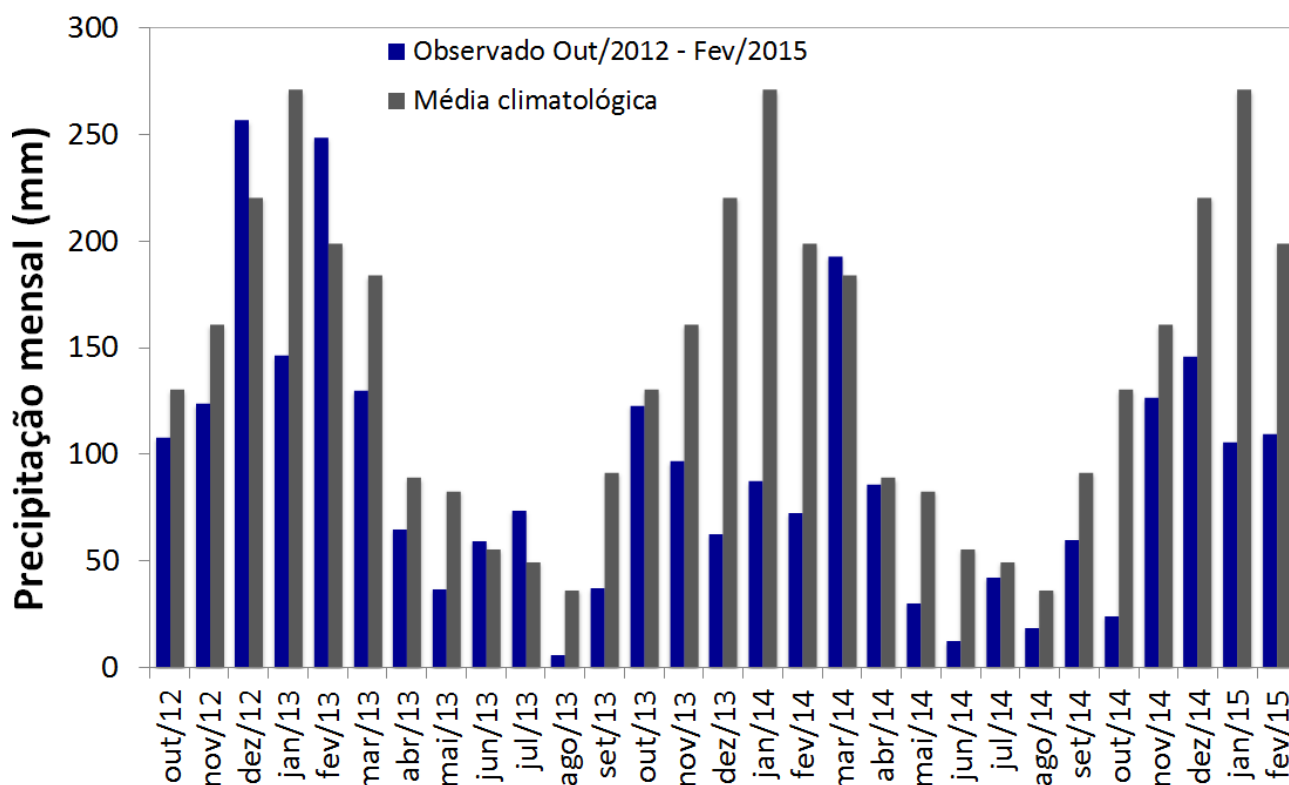


Figura 1. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (ano hidrológico out-mar).

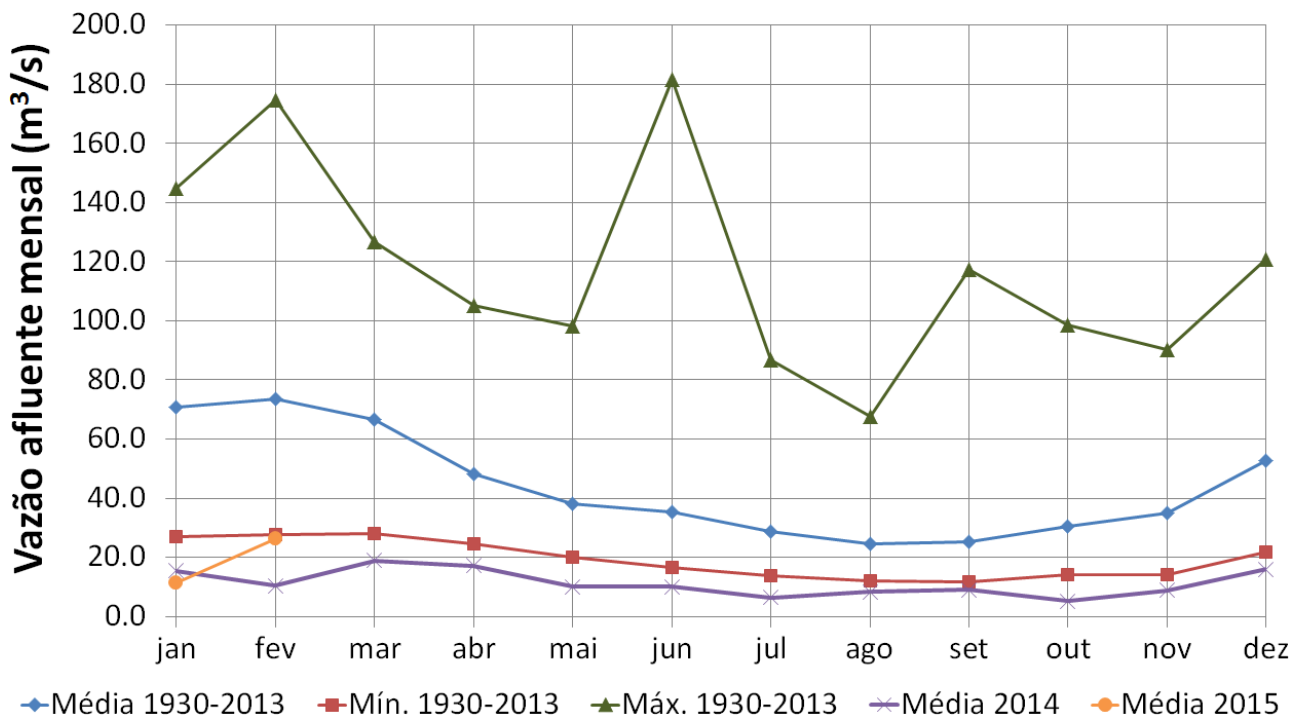


Figura 2. Vazão afluente (em m^3/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). A linha laranja refere-se à vazão média mensal até 10 de fevereiro de 2015 e a roxa à vazão média mensal de 2014. A linha em azul corresponde às vazões médias mensais para o período 1930 – 2013. As linhas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

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



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

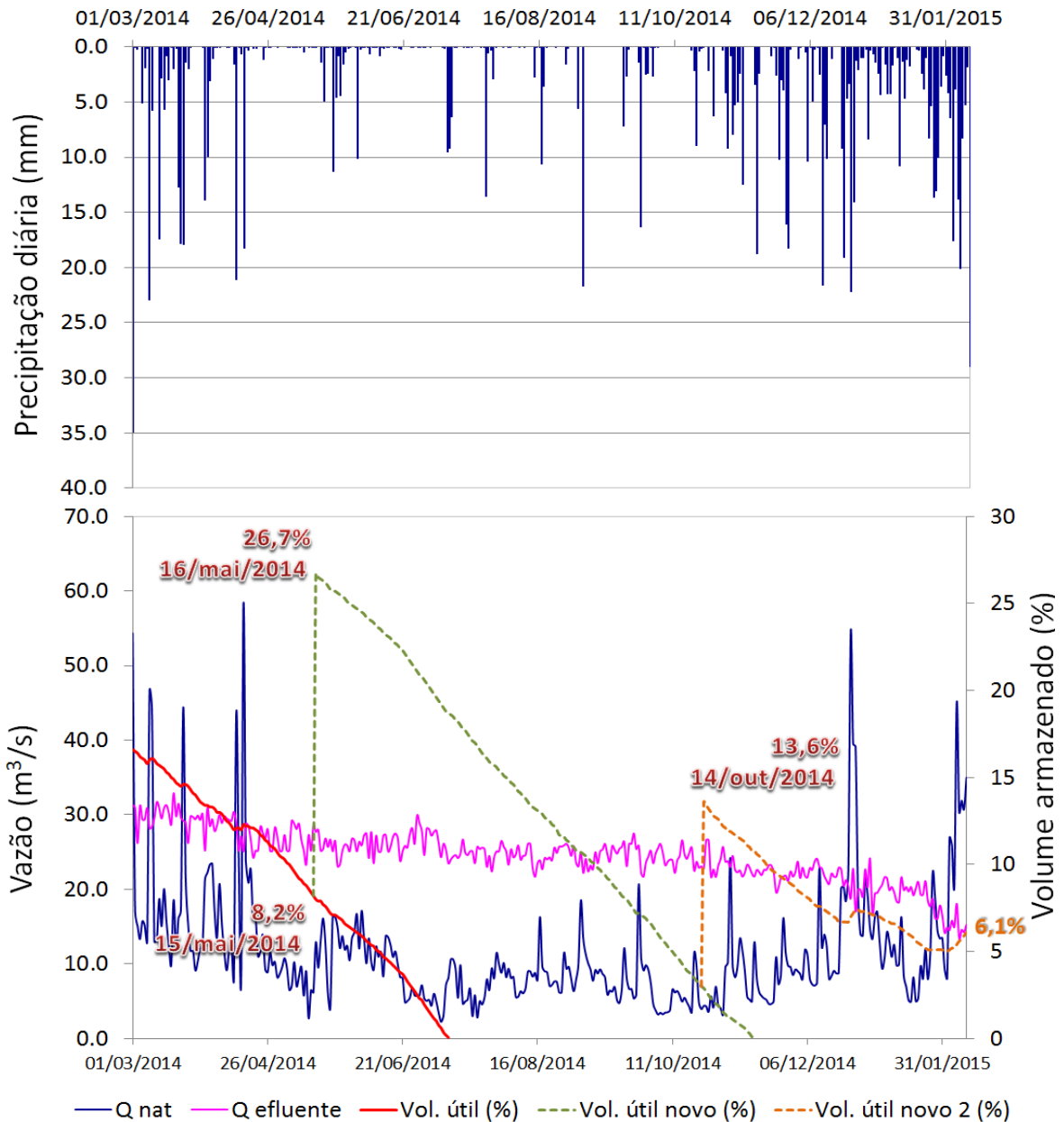


Figura 4. a) Precipitação média diária nas bacias do Sistema Cantareira (Dados do CEMADEN e DAEE) e b) Evolução da vazão afluente (Q_{nat}) do Sistema Cantareira (linha azul), da vazão efluente ($Q_{efluente}$ = vazão para atendimento da demanda Região Metropolitana de São Paulo e Região de Campinas + 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 981,55 hm³ (Fonte: SABESP – Situação dos mananciais e boletins diários da ANA – GTAG-Cantareira: situação dos reservatórios).

Tabela 1. Resumo da situação do armazenamento do Sistema Cantareira (Fonte: SABESP – Situação dos mananciais e boletins diários da ANA – GTAG-Cantareira: situação dos reservatórios).

Situação em 10/fevereiro/2015						
Volume útil antigo (hm ³)	Vol. Útil antigo acum. (hm ³)	% Vol. Útil antigo	Vol. útil novo 2 total (hm ³)	Vol. total acum. (hm ³)	% Vol. útil novo 2	% Vol. útil antigo
981,55	0,0	0,0	1269,02	64,94	5,1	6,1

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 fevereiro de 2015.

A chuva no Sistema Cantareira é monitorada por sete (7) 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 este mês.

Precipitação Acumulada (mm) – Subbacias do Sistema Cantareira 20150101 – 20150131 (Num. dias 31)

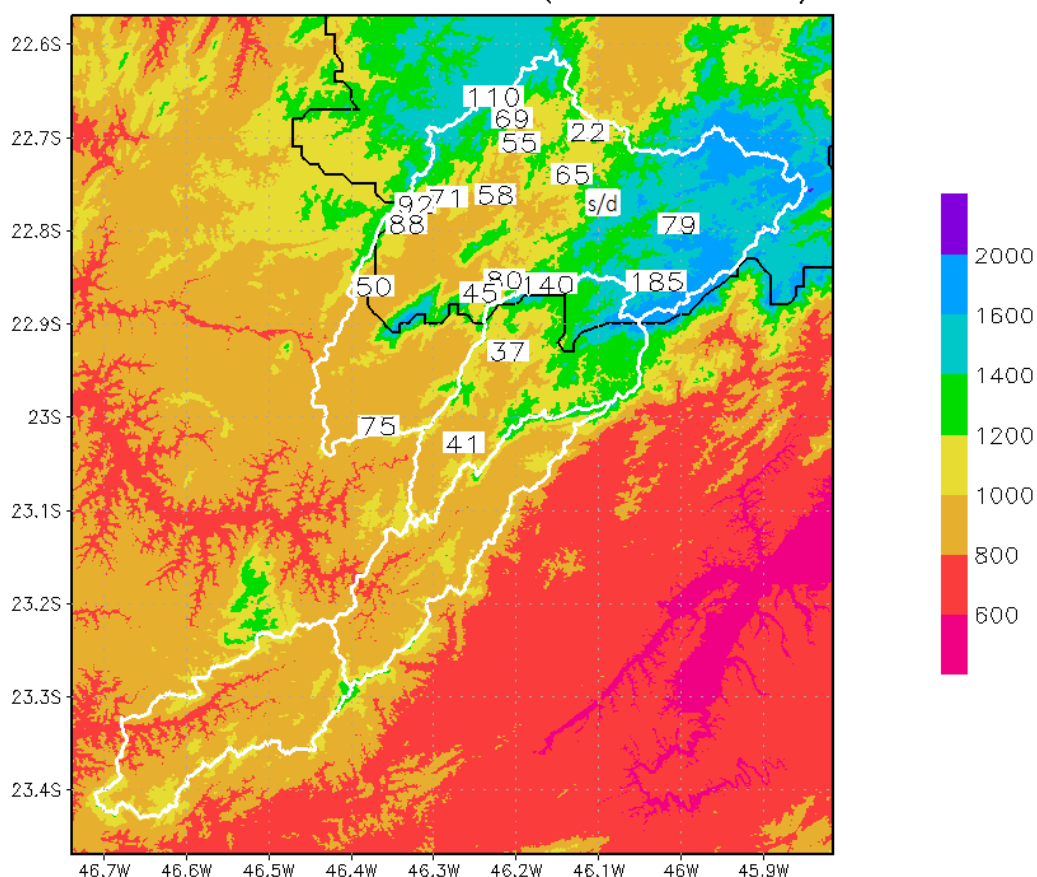


Figura 5. Precipitação observada acumulada do mês de janeiro de 2015 (em mm) nos pluviômetros do CEMADEN nas sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (contornos em branco). As cores representam alturas topográficas com relação ao nível do mar de acordo com a escala da direita. (s/d) Indica que houve falta de dados em algum período.

Tabela 2. Precipitação (em mm) nas últimas 24, 72 horas (10/02/2015 às 7:00h) e acumulado do mês de fevereiro.

Estações # Fonte: DAEE ** Fonte: CEMADEN	Precipitação acumulada (mm)	Precipitação acumulada (mm)	Precipitação acumulada (mm)
	Últimas 24h	Últimas 72h	Mês
# Barragem Jacareí	67,0	67,0	155,4
# Barragem Jaguari-Vargem	23,2	23,2	70,2
# Barragem Cachoeira	36,4	36,4	97,0

# Barragem Atibainha	24,4	26,4	84,8
# Desemboque do Tunel 5	10,2	27,0	80,2
# Barragem Paiva Castro	14,2	14,2	99,8
# Barragem Águas Claras	14,0	14,0	67,8
**Av, Targino Vargas/Camanducaia	33,0	58,0	147,0
**camanducaia01/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**camanducaia04/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**camanducaia06/Camanducaia	0,0	0,0	115,0
**COPASA/Camanducaia	19,0	48,0	203,0
**Cruzeiro/Camanducaia	37,0	44,0	127,0
Fernão Dias km910/Camanducaia*	65,0	79,0	117,0
**Ponte Nova/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**Santa Terezinha/Camanducaia	21,0	29,0	105,0
**São Mateus/Camanducaia	66,0	75,0	257,0
**Estrada das Posses/Extrema	27,0	28,0	66,0
**extrema01/Extrema	43,0	48,0	123,0
**extrema02/Extrema	3,0	8,0	49,0
**extrema07/Extrema	49,0	49,0	108,0
**Forjos/Extrema	51,0	51,0	112,0
**PSF Furnas/Extrema	44,0	44,0	91,0
**PSF Matão/Extrema	32,0	45,0	115,0
**COPASA/Itapeva	34,0	43,0	97,0
**Córrego dos Negros/Itapeva	34,0	59,0	137,0
**Distrito de Areias/Itapeva	33,0	68,0	170,0
**Tropical Flores/Itapeva	33,0	55,0	156,0
**Cachoeira/Joanópolis	9,0	17,0	92,0
**Centro/Joanópolis	49,0	54,0	133,0
**joanopolis02/Joanópolis	10,0	12,0	70,0
**joanopolis03/Joanópolis	s/d	s/d	s/d
**Caras/Piracaia	s/d	s/d	s/d
**Dobrada/Piracaia	31,0	31,0	80,0
**Pião/Piracaia	17,0	20,0	92,0
**Bairro dos Cardosos/Vargem	18,0	19,0	73,0
**SP036/Vargem	37,0	39,0	91,0

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

2.2) Previsão de Chuva para o Período de 10 a 17 de fevereiro 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 do modelo ETA/CPTEC/INPE no modo de conjunto para o Sistema Cantareira para 3 dias a contar de hoje, indicam possibilidade de ocorrência de precipitações em forma de pancadas localizadas,

especialmente no período da tarde-noite. A partir do dia 15/02 a chegada de uma frente fria deverá aumentar as chances de precipitação.

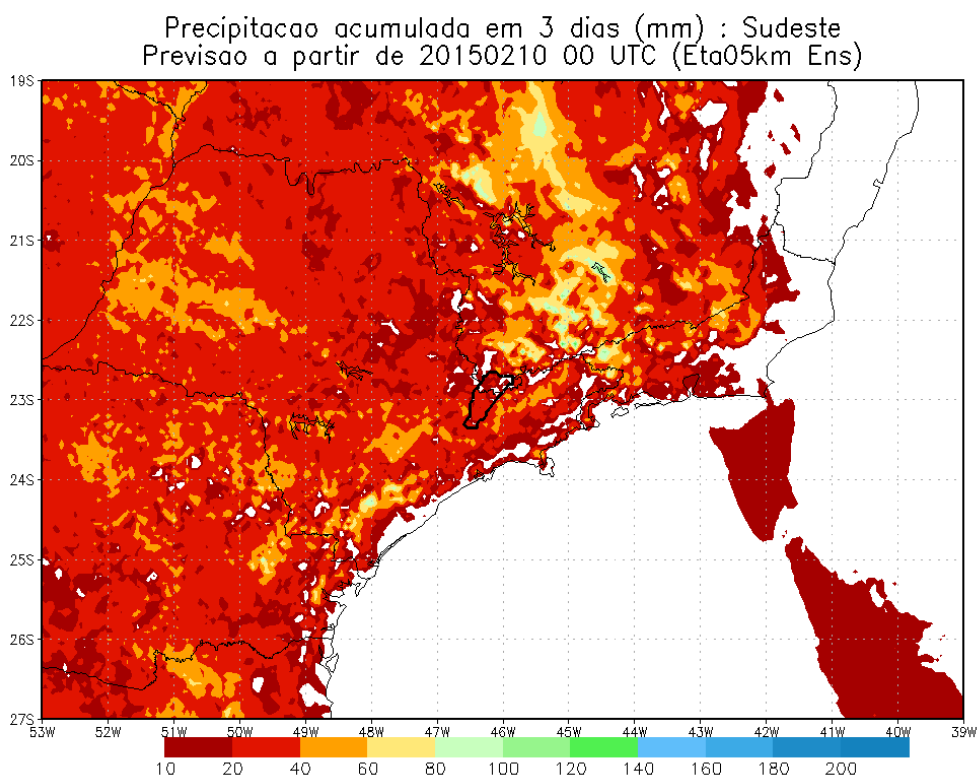


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em mm para os próximos 3 dias segundo a previsão do modelo numérico Eta/CPTEC/INPE de alta resolução (5x5km). A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

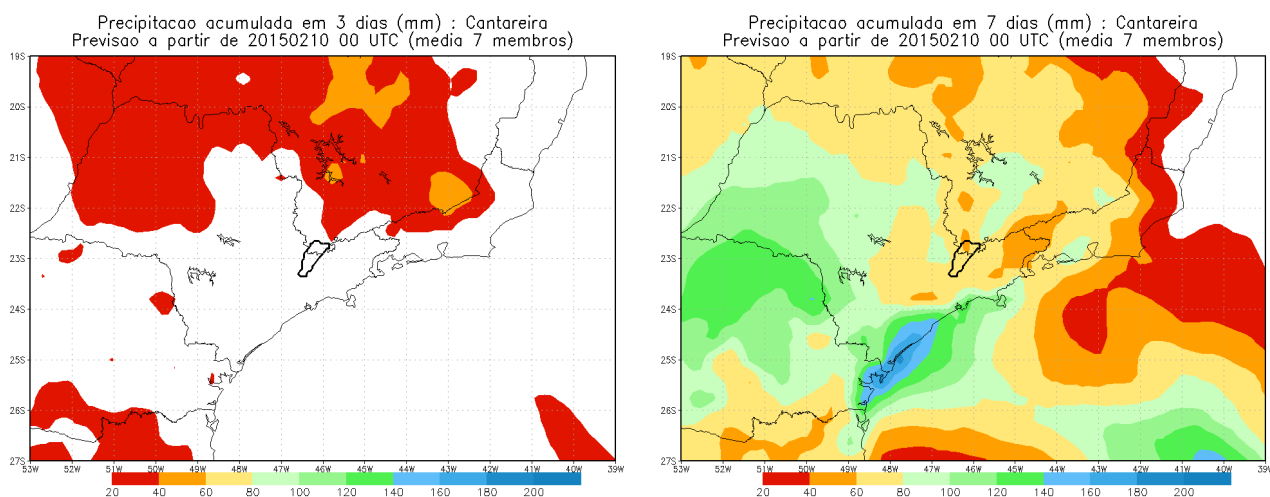


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em mm nos próximos 3 e 7 dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão por conjuntos (média de 7 previsões semelhantes em que a cada previsão é iniciada com o estado da atmosfera ligeiramente diferente) do modelo numérico Eta/CPTEC/INPE. 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 mostra a previsão da vazão média mensal afluyente em m^3/s do modelo hidrológico PDM/CEMADEN (Probability-Distributed Model/CEMADEN), usando a previsão de precipitação para os próximos 7 dias e, na sequência, considerando 5 cenários de precipitação: média climatológica, 25% abaixo, 50% abaixo, 25% acima e 50% acima da média climatológica, até 30 de setembro de 2015. Em todos os cenários foi utilizada a média histórica mensal de temperaturas.

A Figura 9 mostra a evolução do volume acumulado dos reservatórios do Sistema Cantareira usando as previsões de vazão da Figura 8, e considerando a demanda constante em $Q_{esi}=14,52 m^3/s$ e $Q_{jus}=0,68 m^3/s$, valores médios dos últimos sete dias (04/02/2015 a 10/02/2015) segundo o site da SABESP (<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>).

O chamado volume morto 1 ($187,47 hm^3$) se esgotou no dia 15 de novembro de 2014. Para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o volume morto 2 ($105,00 hm^3$) se esgotaria em aproximadamente 198 dias a partir de hoje. Para o cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica, a utilização da água do chamado volume morto 2 seria necessária por um período de 49 dias, consumindo 46,91% do volume morto 2, aproximadamente. Para um cenário de precipitações pluviométricas iguais à média climatológica para os próximos meses, a utilização da água do chamado volume morto 2 seria necessária por um período de 30 dias, consumindo 43,38% do volume morto 2, aproximadamente. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica, a utilização da água do chamado volume morto 2 seria necessária por um período de 19 dias, consumindo 43,38% do volume morto 2, aproximadamente. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica, a utilização da água do chamado volume morto 2 seria necessária por um período de 18 dias, consumindo 43,38% do volume morto 2, aproximadamente (Tabela 3).

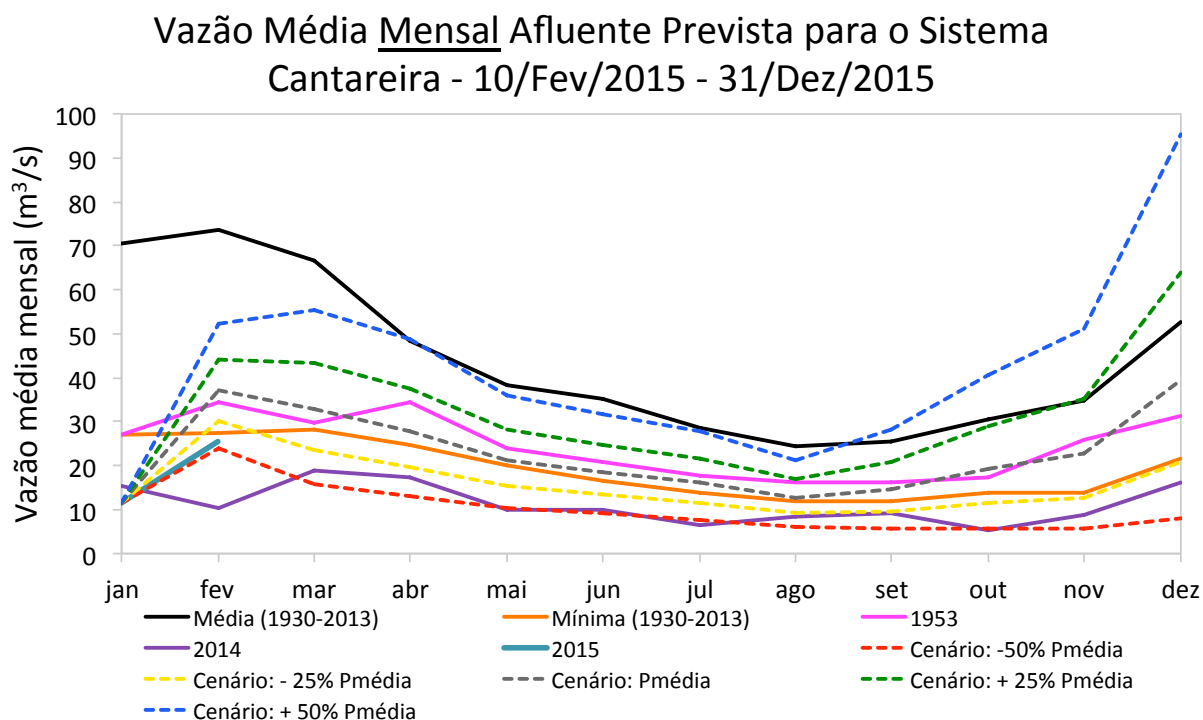


Figura 8. Previsão de vazão média mensal afluyente em m^3/s ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha amarela), na média climatológica (linha cinza), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima da média climatológica (linha azul). A linha preta refere-se à média mensal climatológica e a laranja aos mínimos absolutos para o período 1930-2013. Em magenta as vazões médias do ano 1953, em roxo de 2014 e turquesa de 2015.

Evolução do Armazenamento do Sistema Cantareira 10/fevereiro/2015 - 31/dezembro/2015

Qesi = 14,52 m³/s e Qjus = 0,68 m³/s (média de 04 a 10 de fev de 2015)

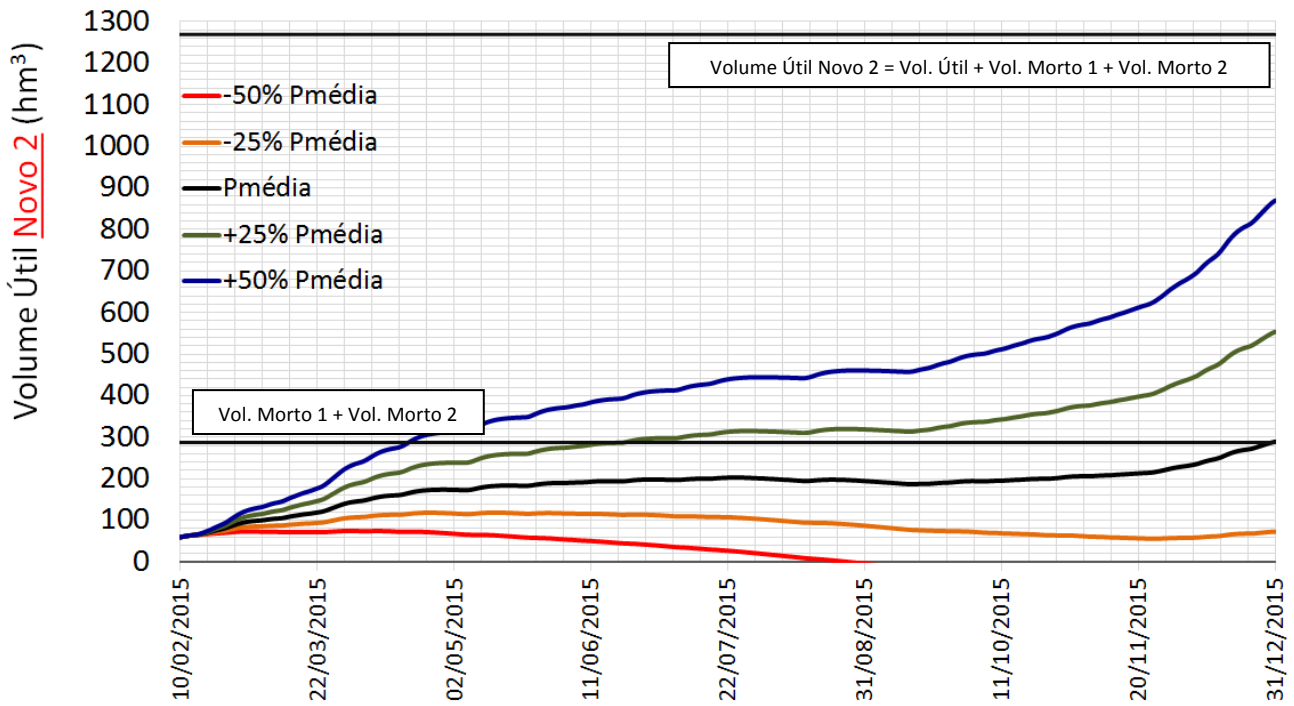


Figura 9 Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha laranja), na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima da média climatológica, considerando o “novo volume útil” (volume útil + volume morto1 + volume morto2 = 981,55 hm³ + 182,47 hm³ + 105,00 hm³) 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.

No final da estação chuvosa, 30 de abril de 2015, no cenário de precipitações pluviométrica na média climatológica, o volume armazenado do Sistema Cantareira seria de 173,80 hm³ (13,70% de 1269,02 hm³), aproximadamente. No final da estação seca, 30 de setembro de 2015, seria de 193,98 hm³ (15,29% de 1269,02 hm³). No dia 1º de dezembro de 2015 seria de 226,01 hm³ (17,81% de 1269,02 hm³).

No cenário de precipitações pluviométricas 40% abaixo da média climatológica, como observado no trimestre outubro-novembro-dezembro de 2014, no final da estação chuvosa o volume armazenado do Sistema Cantareira seria de 87,41 hm³ (6,89% de 1269,02 hm³). No final da estação seca, 30 de setembro de 2015, seria de 10,02 hm³ (0,79% de 1269,02 hm³). O volume morto 2 se esgotaria em 248 dias, a partir de hoje, 10 de fevereiro de 2015, aproximadamente.

Tabela 3. Resumo das previsões para o período de 10/fevereiro/2015 a 30/setembro/2015, para os cinco cenários de precipitação e extração (Qesi + Qjus) constante igual à média de janeiro de 2015.

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Extração total = $Q_{esi} = 14,52 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$ + $Q_{jus} = 0,68 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$					
Dias para esgotamento do volume útil	Esgotou em 11/julho/2014				
Dias para esgotamento do volume morto 1	Esgotou em 15/novembro/2014				
Dias de uso do volume morto 2	198 dias	49 dias	30 dias	19 dias	18 dias
% do Volume morto usado (de 105,00 hm3)	100,0%	46,91%	43,38%	43,38%	43,38%
Dias para esgotamento do volume morto 2	198 dias	-	-	-	-

(1) Valores médios dos últimos sete dias (04/02/2015 a 10/02/2015), segundo dados do site da SABESP: <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>.

4) Verificação das Previsões de Chuvas e Vazão do Período Anterior (02 a 09 de fevereiro 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 da direita mostra que as previsões subestimaram ligeiramente o volume de chuva para este período sobre o Cantareira, ou seja, choveu mais do que estava previsto.

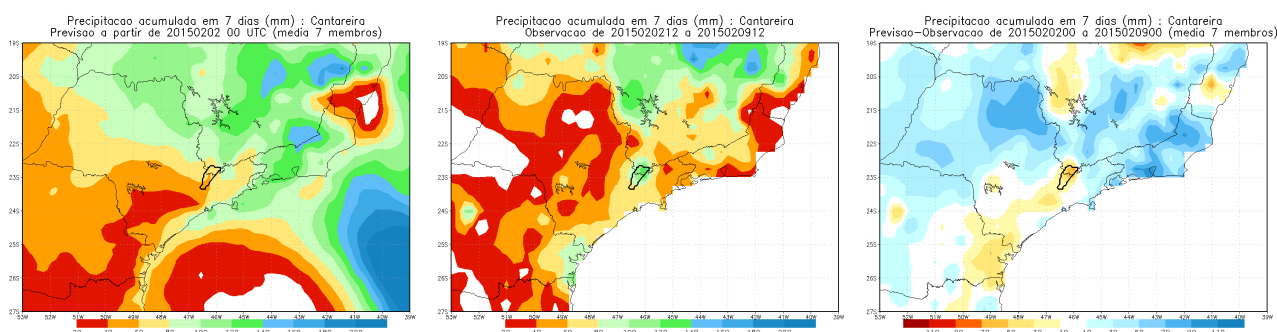


Figura 10. Esquerda: Previsão de precipitação acumulada em mm dos últimos 7 dias, segundo o modelo numérico Eta/CPTec/INPE (previsão por conjuntos). Centro: precipitação observada no mesmo período (em mm). Direita: diferença entre a previsão prevista e observada (em mm). Os valores positivos (cores em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

A vazão média afluyente observada no período de 02 a 09 de fevereiro de 2015 foi igual a $27,4 \text{ m}^3/\text{s}$, segundo o site da SABESP, e a vazão média afluyente prevista para o cenário de precipitações na média foi igual a $19,5 \text{ m}^3/\text{s}$. O cenário com chuvas 50% acima da média climatológica foi o que mais se aproximou da vazão média afluyente observada, com $25,7 \text{ m}^3/\text{s}$.