

Relatório da Situação Atual e Previsão Hidrológica para o Sistema Cantareira

SUMÁRIO

A precipitação média espacial, acumulada no mês, até 18 de março 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 130,8 mm (157,6¹ mm), 73,5% (88,5%¹) da média climatológica do mês de 178,0¹ mm. 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 em forma de pancadas. A água do chamado volume morto começou a ser bombeada no dia 16 de maio de 2014, e um volume adicional de 182,5¹ 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 982,0¹ hm³) para 263,03 hm³ (26,7% de 982,0 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 105,0¹ hm³, do chamado volume morto, tornou-se utilizável (volume morto 2), e segundo a SABESP, o volume útil do Sistema Cantareira passou de 27,47 hm³ (2,8% de 982,0 hm³) para 132,43 hm³ (13,6% de 982,0 hm³).* O chamado volume morto 1 se esgotou no dia 15 de novembro de 2014. O chamado volume morto 2 se recuperou no dia 24 de fevereiro de 2015, segundo a SABESP, e um dia antes segundo a ANA-GTAG (Boletim diário ANA/DAEE – 23/02/2015). 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 à extração média dos últimos 7 dias¹, para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 seria utilizado novamente em 245 dias a partir de hoje, aproximadamente. Em 01 de dezembro de 2015, para um cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica seria recuperado, aproximadamente, 60,3% da água do chamado volume morto 1. Para um cenário de precipitações pluviométricas iguais à média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 125 dias a partir de hoje, aproximadamente. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 63 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 51 dias (vide tabela resumo).

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

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 18/março/2015 a 31/dezembro/2015, para os cinco cenários de precipitação e extração total ($Q_{esi} + Q_{jus}$) constante igual aos últimos sete dias (12 a 18 de março de 2015).

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Extração total = $Q_{esi} = 14,01 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$ + $Q_{jus} = 0,47 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$					
Dias para esgotamento do volume útil	Esgotou em 11/julho/2014				
Dias para esgotamento do volume morto 1	Esgotou em 15/novembro/2014				
Dias para recuperar o volume morto 2	Recuperado em 24/fevereiro/2015				
Dias de uso do volume morto 1	244	>289	-	-	-
Dias para recuperar o volume morto 1	-	-	125 dias	63 dias	51 dias
% do Vol. morto 1 (de 182,5 hm ³) em 01/dez/2015	-	60,3%	100,0%	100,0%	100,0%
% do Vol. Útil total (de 1269,5 hm ³) em 01/dez/2015	7,8%	16,9%	27,4%	39,2%	52,4%

(1) Valores médios dos últimos sete dias (12/03/2015 a 18/03/2015), 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-Cantareira³, Comunicado No 6 – 25/04/2014). Em 31 de março de 2014, o volume útil do Sistema Equivalente (reservatórios Jaguari-Jacareí, 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 (182,5 hm³) dos reservatórios Jaguari-Jacareí e Atibainha, através da instalação de um sistema de bombas nos dois reservatórios. O volume morto começou a ser bombeado do reservatório Jaguari-Jacareí 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 (982,0 hm³).

A precipitação média espacial, acumulada no período de 01 de outubro de 2014 a 18 de 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 807,8 mm (971,2⁴ mm), equivalente a 78,4% (94,3%⁴) de 1030,3⁴ mm, média climatológica para o período outubro a março. A precipitação média espacial acumulada no mês, até 18 de março 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 130,8 mm (157,6⁴ mm), 73,5% (88,5%⁴) da média climatológica do mês de 178,0⁴ mm (Figura 1).

A vazão média afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) no mês até hoje, 18 de março de 2015, foi de 41,68 m³/s (Figura 2), 40,3% abaixo da vazão média mensal de 69,79 m³/s, mas 48,4% superior à vazão mínima histórica de 28,09 m³/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, para o período de outubro de 2013 até 18 de março de 2015. Estimou-se déficit de

³ Grupo Técnico de Assessoramento para Gestão do Sistema Cantareira, média histórica de 1930 a 2013.

água no solo nos períodos de out/2013 a fev/2014 e de abr-out/2014. E estimou-se excedente de água no solo no mês de mar/2014 e no período de nov/2014 a fev/2015. Em mar/2014 as chuvas foram 5,0% acima da média climatológica. De nov/2014 a jan/2015 foram 21,2%, 33,7% e 48,6% abaixo, respectivamente. Em fev/2015 foram 35,7% acima.

O volume útil antigo do Sistema Cantareira (982,00 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 982,00 hm³) para 132,43 hm³ (13,6% de 982,00 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 18 de março de 2015.

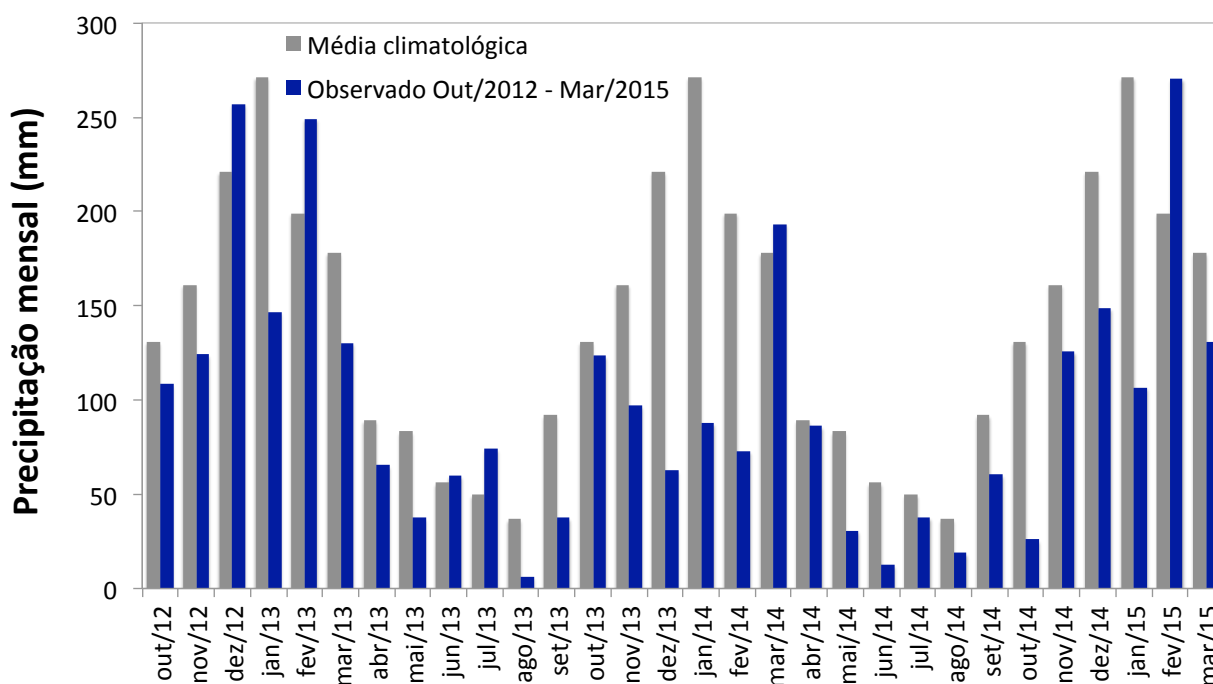


Figura 1. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (ano hidrológico out-set).

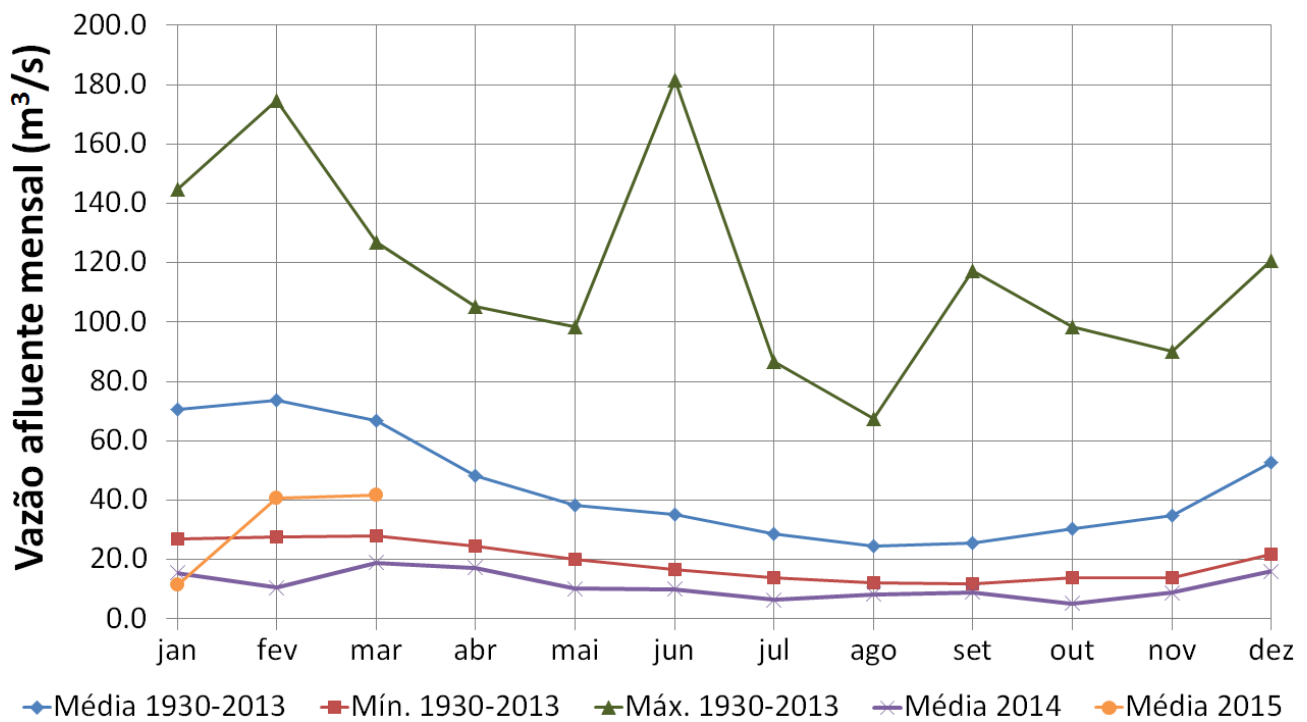


Figura 2. Vazão afluyente (em m^3/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). A linha laranja refere-se à vazão média mensal até 18 de março de 2015 e a roxa à vazão média mensal de 2014. A linha em azul corresponde às vazões médias mensais para o período 1930 – 2013. As linhas verde 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 - Mar/2015

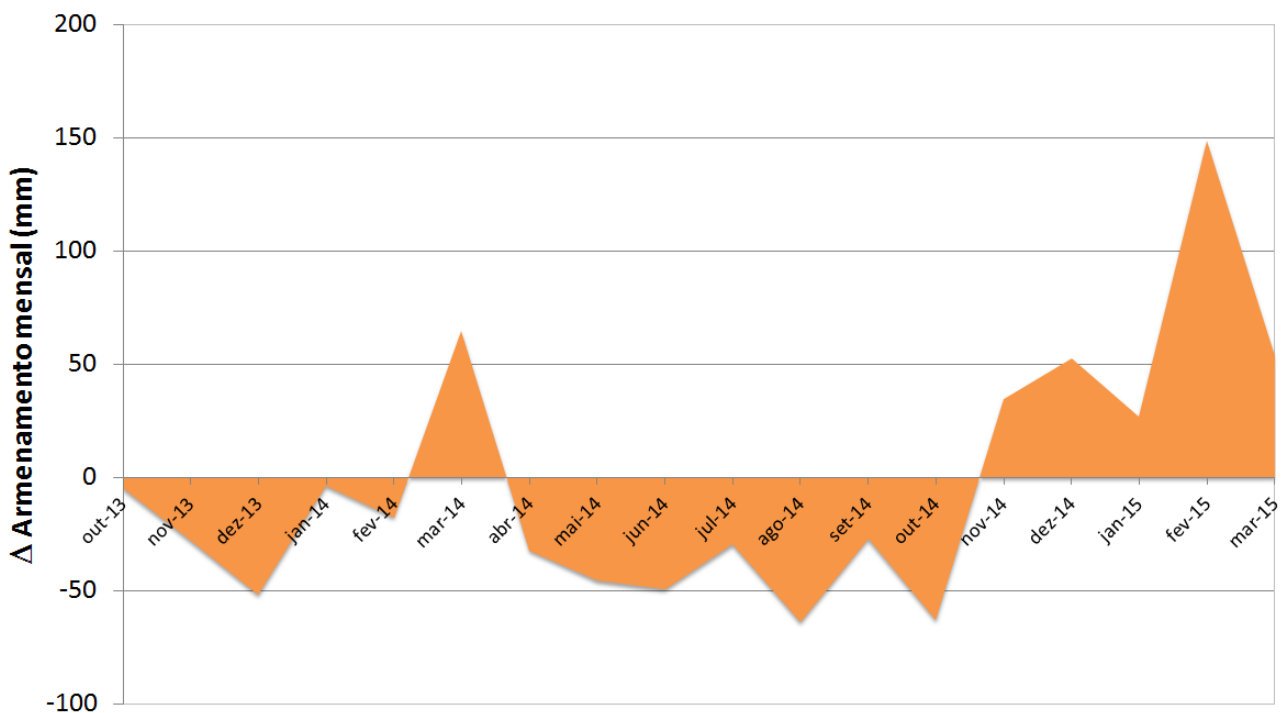


Figura 3. Variação média mensal do armazenamento de água no solo (em mm) para as sub-bacias do Sistema Cantareira). O valores negativos indicam déficit de água no solo.

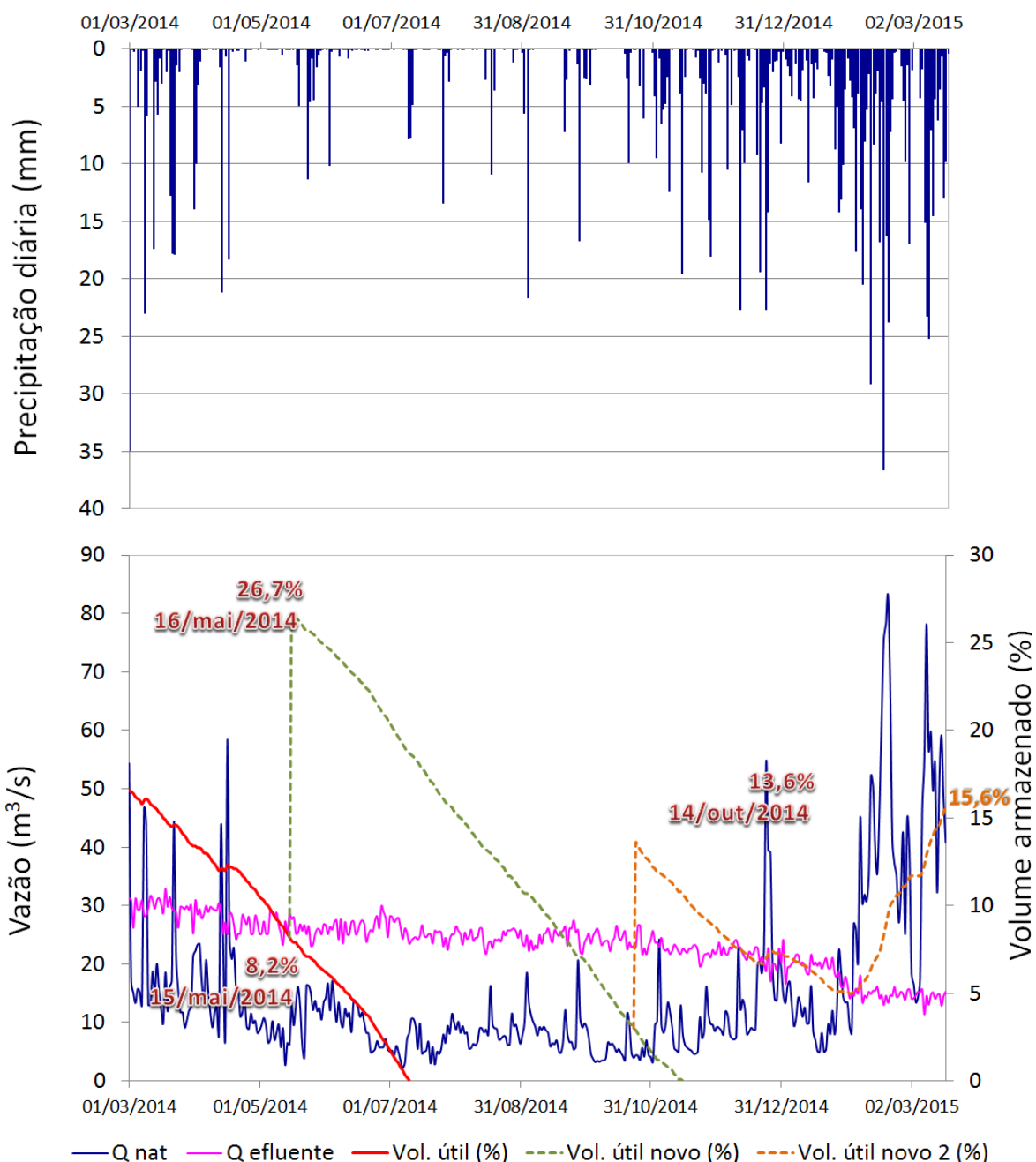


Figura 4. a) Precipitação média diária nas bacias do Sistema Cantareira (Dados do CEMADEN e DAEE) e b) Evolução da vazão afluente (Q_{nat}) do Sistema Cantareira (linha azul), da vazão efluente ($Q_{efluente}$ = vazão para atendimento da demanda Região Metropolitana de São Paulo e Região de Campinas + 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 $982,00 \text{ hm}^3$ (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 18/março/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	152,8	12,0	15,6

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 março 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 este mês.

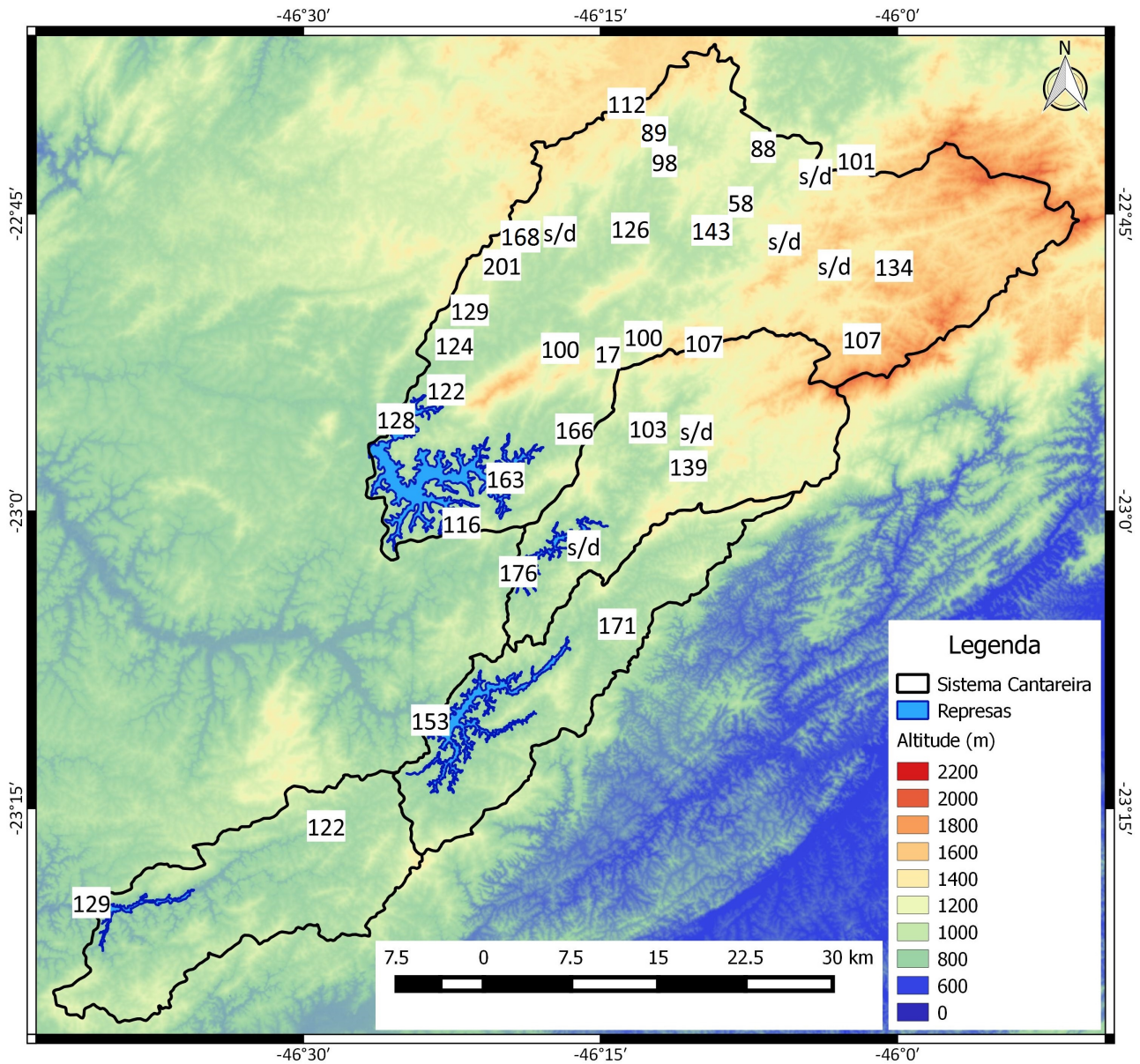


Figura 5. Precipitação observada acumulada (em mm) de 01 a 18 de março nos pluviômetros do CEMADEN e DAEE/SAISP nas sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (contornos em preto). As cores representam alturas topográficas com relação ao nível do mar de acordo com a escala da direita.

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

Tabela 2. Precipitação (em mm) nas últimas 24, 72 horas (18/03/2015 às 7:00h) e acumulado do mês de março.

Estações # Fonte: DAEE ** Fonte: CEMADEN	Precipitação acumulada (mm) Últimas 24h	Precipitação acumulada (mm) Últimas 72h	Precipitação acumulada (mm) Mês de Março
# Barragem Jacareí	0,2	17,8	162,8
# Barragem Jaguari-Vargem	0,4	20,6	128,2
# Barragem Cachoeira	0,0	12,8	176,2
# Barragem Atibainha	0,0	25,6	153,4
# Desemboque do Tunel 5	0,0	35,4	122,2
# Barragem Paiva Castro	0,0	18,6	129,0
**Av, Targino Vargas/Camanducaia	0,0	0,0	58,0
**camanducaia04/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**camanducaia06/Camanducaia	1,0	6,0	134,0
**camanducainha/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**COPASA/Camanducaia	1,0	5,0	107,0
**Cruzeiro/Camanducaia	0,0	14,0	143,0
**Fernão Dias km910/Camanducaia	2,0	9,0	88,0
**Ponte Nova/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**Santa Terezinha/Camanducaia	0,0	18,0	107,0
**São Mateus/Camanducaia	1,0	6,0	101,0
Estrada das Posses/Extrema*	0,0	12,0	17,0
**extrema01/Extrema	0,0	9,0	100,0
**extrema02/Extrema	s/d	s/d	s/d
**extrema07/Extrema	1,0	79,0	201,0
**Forjos/Extrema	0,0	15,0	100,0
**PSF Furnas/Extrema	1,0	57,0	168,0
**PSF Matão/Extrema	0,0	34,0	129,0
**COPASA/Itapeva	1,0	22,0	126,0
**Córrego dos Negros/Itapeva	2,0	20,0	89,0
**Distrito de Areias/Itapeva	2,0	24,0	98,0
**Tropical Flores/Itapeva	1,0	26,0	112,0
**Cachoeira/Joanópolis	0,0	16,0	139,0
**Centro/Joanópolis	0,0	13,0	166,0
**joanopolis02/Joanópolis	s/d	s/d	103,0
**joanopolis03/Joanópolis	s/d	s/d	s/d
**Caras/Piracaia	s/d	s/d	s/d
**Dobrada/Piracaia	0,0	16,0	116,0
**Pião/Piracaia	0,0	44,0	171,0
**Bairro dos Cardosos/Vargem	0,0	35,0	124,0
**SP036/Vargem	0,0	32,0	122,0

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

*** Dados registrados a partir do dia 12 de março de 2015.

2.2) Previsão de Chuva para o Período de 18 a 25 de março 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 alta possibilidade de ocorrência de chuva em forma de pancadas pelo menos durante os próximos 3 a 5 dias. Destaca-se também que estatisticamente a estação chuvosa na Região da Cantareira acaba entre finais de março e início de abril.

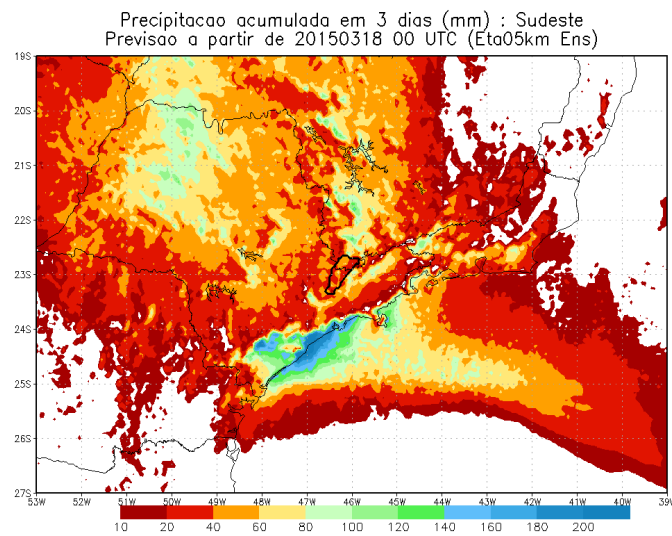


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em mm para os próximos 3 dias segundo a previsão do modelo numérico Eta/CPTEC/INPE de alta resolução (5x5km). A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

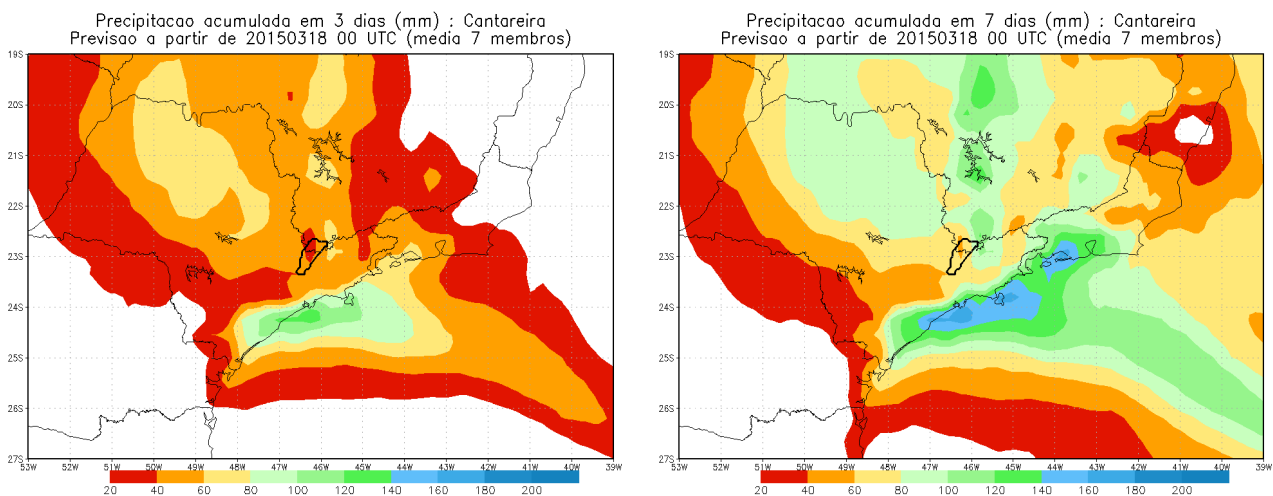


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em mm nos próximos 3 e 7 dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão por conjuntos (média de 7 previsões semelhantes em que a cada previsão é iniciada com o estado da atmosfera ligeiramente diferente) do modelo numérico Eta/CPTEC/INPE. 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 do modelo ETA 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 31 de dezembro de 2015. Em todos os cenários foi utilizada a média histórica mensal de temperaturas. A Figura 9 apresenta as precipitações e vazões diárias observadas de 10 a 18 de março e previstas de 19 a 25 de março de 2015. 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 demanda constante, $Q_{esi}=14,01 m^3/s$ e $Q_{jus}=0,47 m^3/s$, valores médios dos últimos sete dias (12/03/2015 a 18/03/2015) segundo o site da SABESP (<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaoopcj.aspx>).

Para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 seria utilizado novamente em 245 dias a partir de hoje, aproximadamente. Em 01 de dezembro de 2015, para um cenário de precipitações pluviométricas 25% abaixo da média climatológica seria recuperado, aproximadamente, 60,3% da água do chamado volume morto 1. Para um cenário de precipitações pluviométricas iguais à média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 125 dias a partir de hoje, aproximadamente. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 63 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 51 dias (Tabela 3).

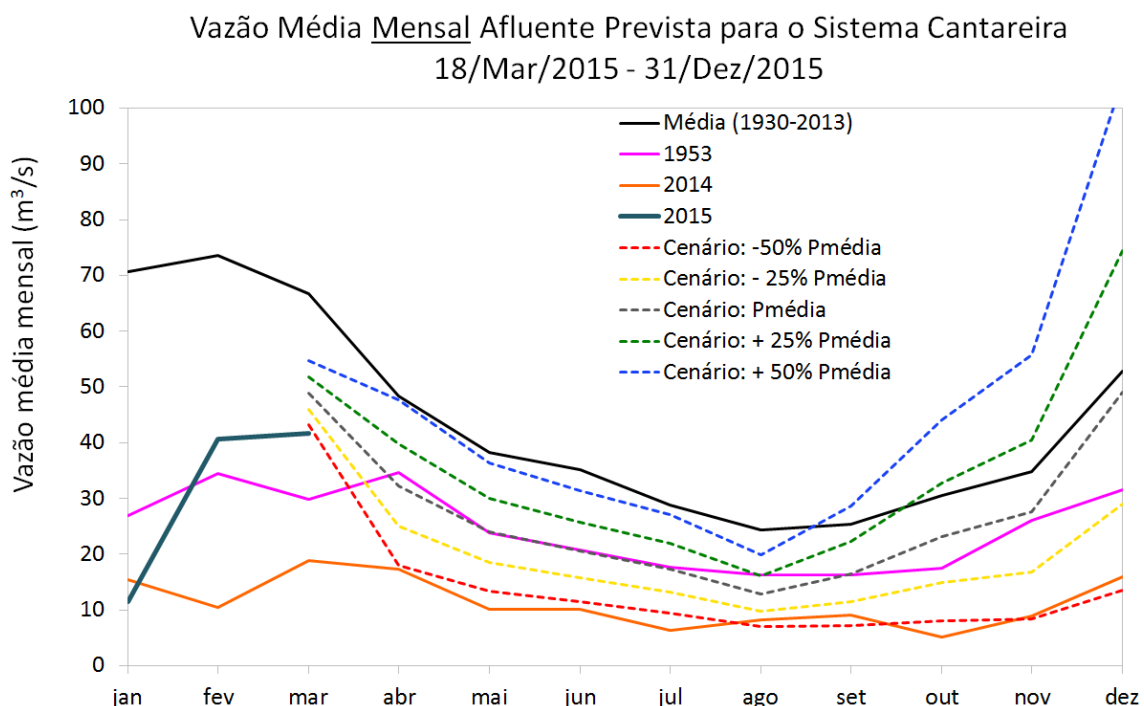


Figura 8. Previsão de vazão média mensal afluyente em m^3/s ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) com a previsão do ETA para os próximos 7 dias e, na sequência, para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha 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 até 18 de março de 2015.

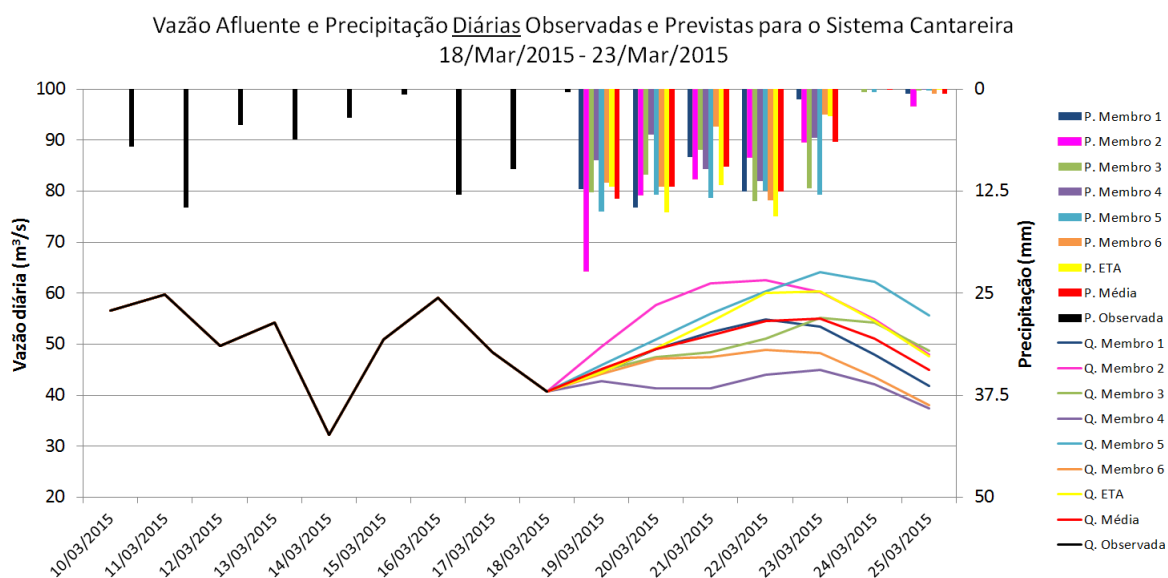


Figura 9. Nas colunas são apresentadas as precipitações diárias (P) observadas em preto, as 7 previsões paralelas e a “média 7 membros”. A linha preta apresenta as vazões diárias (Q) observadas, as demais linhas apresentam as vazões previstas a partir das diferentes previsões de precipitação.

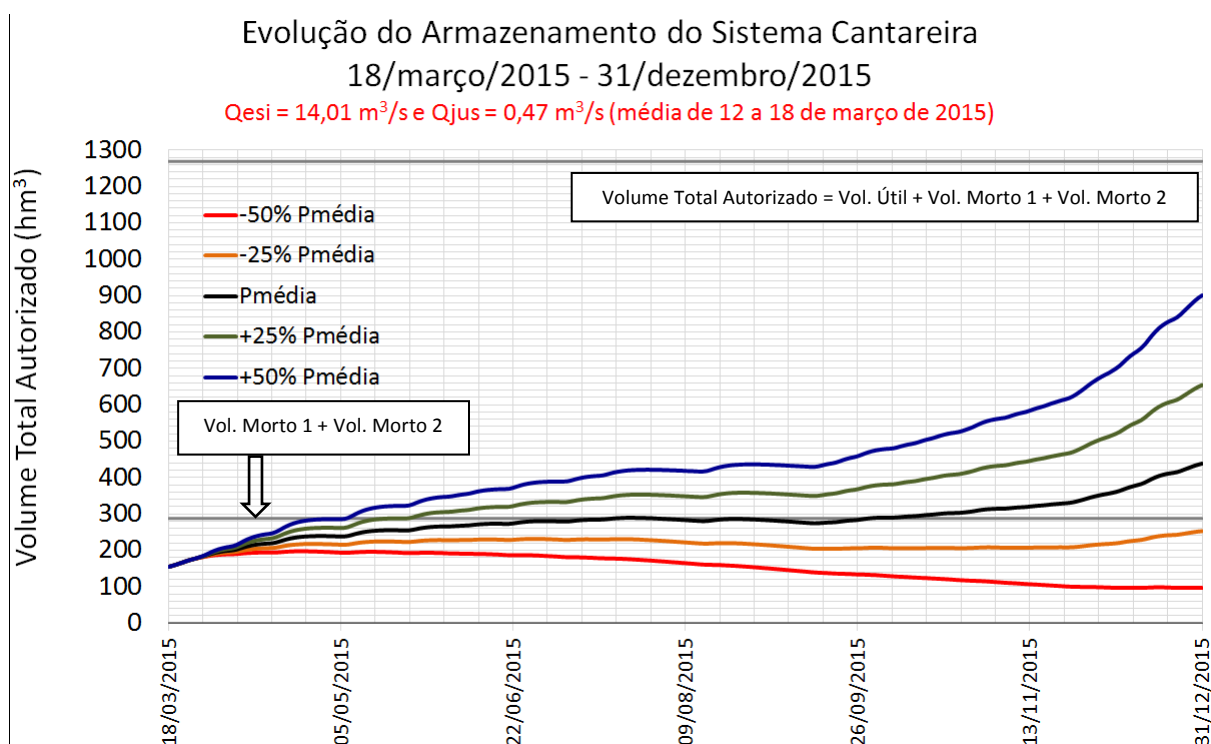


Figura 10. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha laranja), na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima da média climatológica, considerando o “novo volume útil” (volume útil + volume morto1 + volume morto2 = 982,0 hm³ + 182,5 hm³ + 105,0 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 cenário de precipitações pluviométrica na média climatológica, em 31 de março de 2015 o volume armazenado no Sistema Cantareira seria de 193,24 hm³ (15,2% de 1269,5 hm³), aproximadamente. No final da estação chuvosa, 30 de abril de 2015, o volume armazenado seria de 239,25 hm³ (18,8% de 1269,5 hm³).

No final da estação seca, 30 de setembro de 2015, seria de 388,69 hm³ (22,7% de 1269,5 hm³) e no dia 1º de dezembro de 2015 seria de 348,07 hm³ (27,4% de 1269,5 hm³), aproximadamente.

Tabela 3. Resumo das previsões para o período de 18/março/2015 a 31/dezembro/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 = $Q_{esi} = 14,01 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$ + $Q_{jus} = 0,47 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$					
Dias para esgotamento do volume útil	Esgotou em 11/julho/2014				
Dias para esgotamento do volume morto 1	Esgotou em 15/novembro/2014				
Dias para recuperar o volume morto 2	Recuperado em 24/fevereiro/2015				
Dias de uso do volume morto 1	244	>289	-	-	-
Dias para recuperar o volume morto 1	-	-	125 dias	63 dias	51 dias
% do Vol. morto 1 (de 182,5 hm ³) em 01/dez/2015	-	60,3%	100,0%	100,0%	100,0%
% do Vol. Útil total (de 1269,5 hm ³) em 01/dez/2015	7,8%	16,9%	27,4%	39,2%	52,4%

(1) Valores médios dos últimos sete dias (12/03/2015 a 18/03/2015), 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 (10/03/2015 a 17/03/2015)

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 da direita mostra que as previsões do volume de chuva para este período sobre as bacias do Sistema Cantareira foram essencialmente corretas.

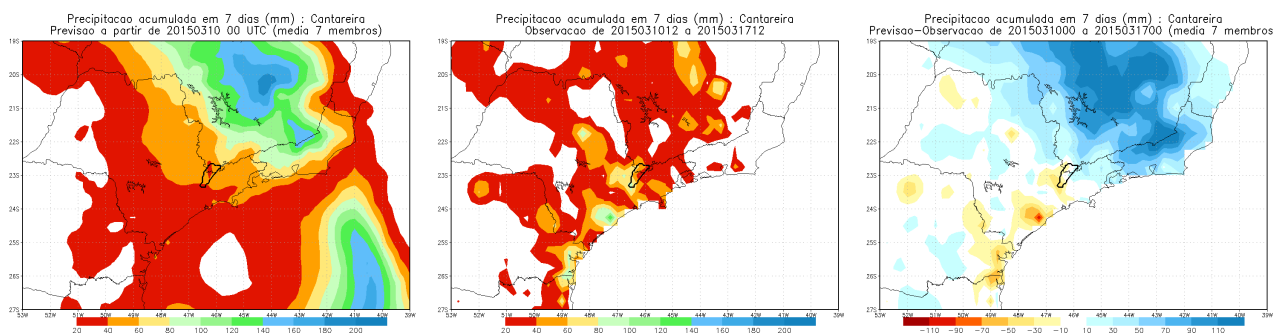


Figura 11. Esquerda: Previsão de precipitação acumulada em mm dos últimos 7 dias, segundo o modelo numérico Eta/CPTec/INPE (previsão por conjuntos). Centro: precipitação observada no mesmo período (em mm). Direita: diferença entre a previsão prevista e observada (em mm). Os valores positivos (cores em azul) indicam que os valores previstos foram superiores ao observados e os valores negativos (cores avermelhados) indicam os valores previstos foram 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 10 a 17 de março de 2015 foi igual a 51,38 m³/s, segundo o site da SABESP (<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>). A vazão média afluyente prevista para o mesmo período foi de 65,06 m³/s.