

## **Relatório da Situação Atual e Previsão Hidrológica para o Sistema Cantareira**

### **SUMÁRIO**

A precipitação média espacial, acumulada no mês, até 11 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 92,9 mm (127,1<sup>1</sup> mm), 52,2% (71,4%<sup>1</sup>) da média climatológica do mês de 178,0<sup>1</sup> 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 pancadas de chuva que irão se tornando gradativamente mais localizadas e menos volumosas nos próximos 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 hm<sup>3</sup> 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 hm<sup>3</sup> (correspondente a 8,2% do volume útil original de 981,55 hm<sup>3</sup>) para 263,03 hm<sup>3</sup> (26,7% de 981,55 hm<sup>3</sup>). *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 hm<sup>3</sup>, do chamado volume morto, tornou-se utilizável (volume morto 2), e segundo a SABESP, o volume útil do Sistema Cantareira passou de 27,47 hm<sup>3</sup> (2,8% de 981,55 hm<sup>3</sup>) para 132,43 hm<sup>3</sup> (13,6% de 981,55 hm<sup>3</sup>).* 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/CEMADEN<sup>2</sup> e considerando a extração total do Sistema Cantareira igual à extração média dos últimos 7 dias<sup>1</sup>, para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 seria utilizado novamente em 249 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, 69,6% 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 77 dias a partir de hoje, 11 de março de 2015, aproximadamente. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 41 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 32 dias (vide tabela resumo).

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

<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 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 11/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 (05 a 11 de março de 2015).

	Cenários Precipitação				
	50% abaixo	25% abaixo	Média	25% acima	50% acima
Extração total = $Q_{esi} = 13,79 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)} + Q_{jus} = 0,47 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$					
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	249	>296	-	-	-
Dias para recuperar o volume morto 1	-	-	77 dias	41 dias	32 dias
% do Vol. morto 1 (de 182,47 hm <sup>3</sup> ) em 01/dez/2015	-	69,6%	100,0%	100,0%	100,0%
% do Vol. Útil total (de 1269,02 hm <sup>3</sup> ) em 01/dez/2015	7,6%	18,3%	30,6%	44,6%	60,2%

(1) Valores médios dos últimos sete dias (05/03/2015 a 11/03/2015), 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-Cantareira<sup>3</sup>, 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 hm<sup>3</sup>) do volume útil. Considerando a situação crítica do Sistema, decidiu-se fazer uso do chamado volume morto (182,47 hm<sup>3</sup>) 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 hm<sup>3</sup>), em 15 de maio de 2014, para 26,7% (263,03 hm<sup>3</sup>), porcentagem em relação ao volume útil (981,55 hm<sup>3</sup>).

*A precipitação média espacial, acumulada no período de 01 de outubro de 2014 a 11 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 769,9 mm (940,7<sup>4</sup> mm), equivalente a 74,7% (91,3%<sup>4</sup>) de 1030,3<sup>4</sup> mm, média climatológica para o período outubro a março.*

A precipitação média espacial acumulada no mês, até 11 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 92,9 mm (127,1<sup>4</sup> mm), 52,2% (71,4%<sup>4</sup>) da média climatológica do mês de 178,0<sup>4</sup> mm.

A vazão média afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) no mês até hoje, 11 de março de 2015, foi de 37,72 m<sup>3</sup>/s (Figura 2), 46,0% abaixo da vazão média mensal de 69,79 m<sup>3</sup>/s, mas 34,3% superior à vazão mínima histórica de 28,09 m<sup>3</sup>/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 11 de março de 2015. Estimou-se déficit de

<sup>3</sup> 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 (981,55 hm<sup>3</sup>) se esgotou no dia 11 de julho de 2014 (Figura 4). No dia 24 de outubro de 2014 um volume adicional de 105,00 hm<sup>3</sup>, do chamado volume morto, tornou-se utilizável. Segundo a SABESP, o volume útil do Sistema Cantareira passou de 27,47 hm<sup>3</sup> (2,8% de 981,55 hm<sup>3</sup>) para 132,43 hm<sup>3</sup> (13,6% de 981,55 hm<sup>3</sup>). 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 11 de março de 2015.

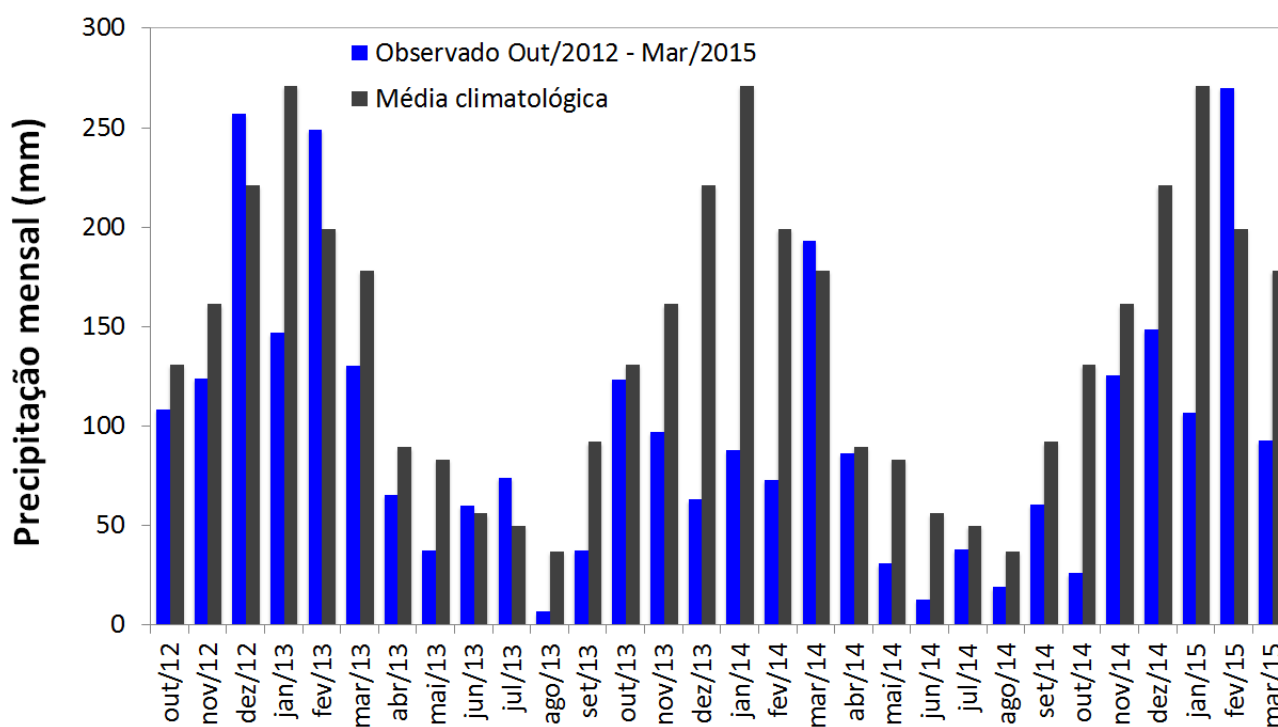


Figura 1. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (ano hidrológico out-set).

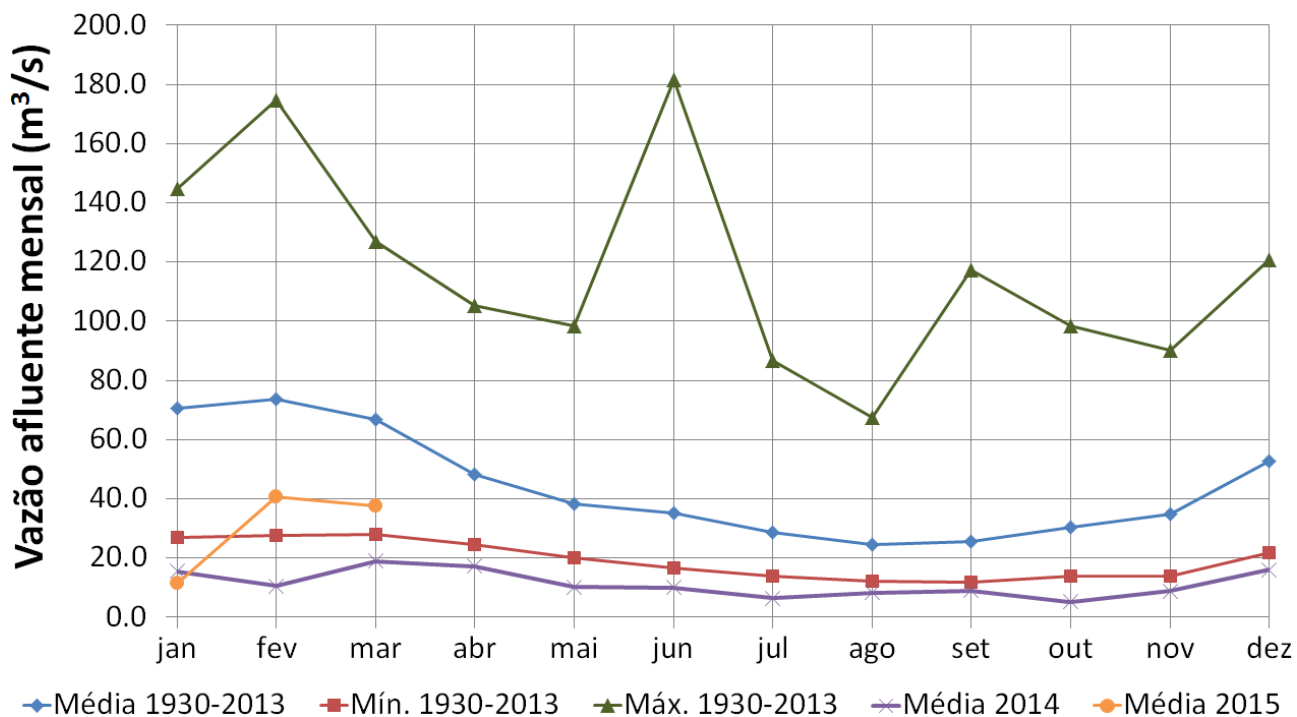


Figura 2. Vazão afluente (em  $m^3/s$ ) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). A linha laranja refere-se à vazão média mensal até 11 de março de 2015 e a roxa à vazão média mensal de 2014. A linha em azul corresponde às vazões médias mensais para o período 1930 – 2013. As linhas 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

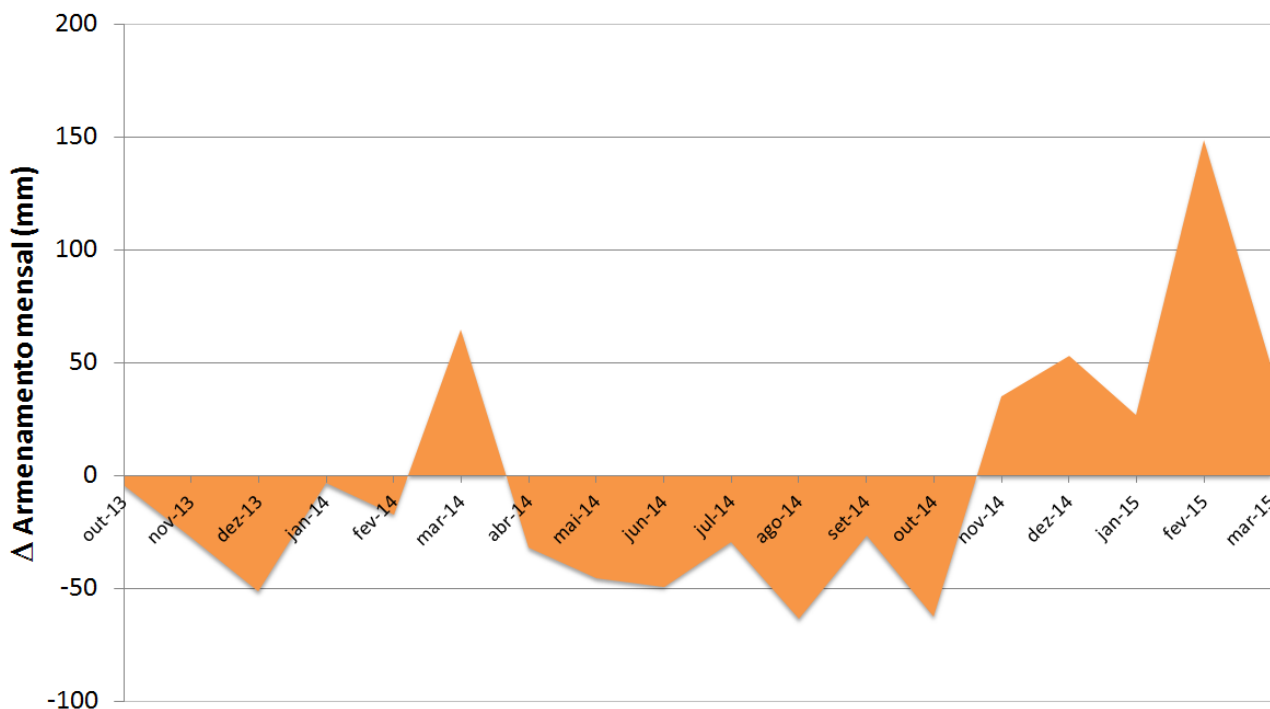


Figura 3. Variação média mensal do armazenamento de água no solo (em mm) para as sub-bacias do Sistema Cantareira). O valores negativos indicam déficit de água no solo.

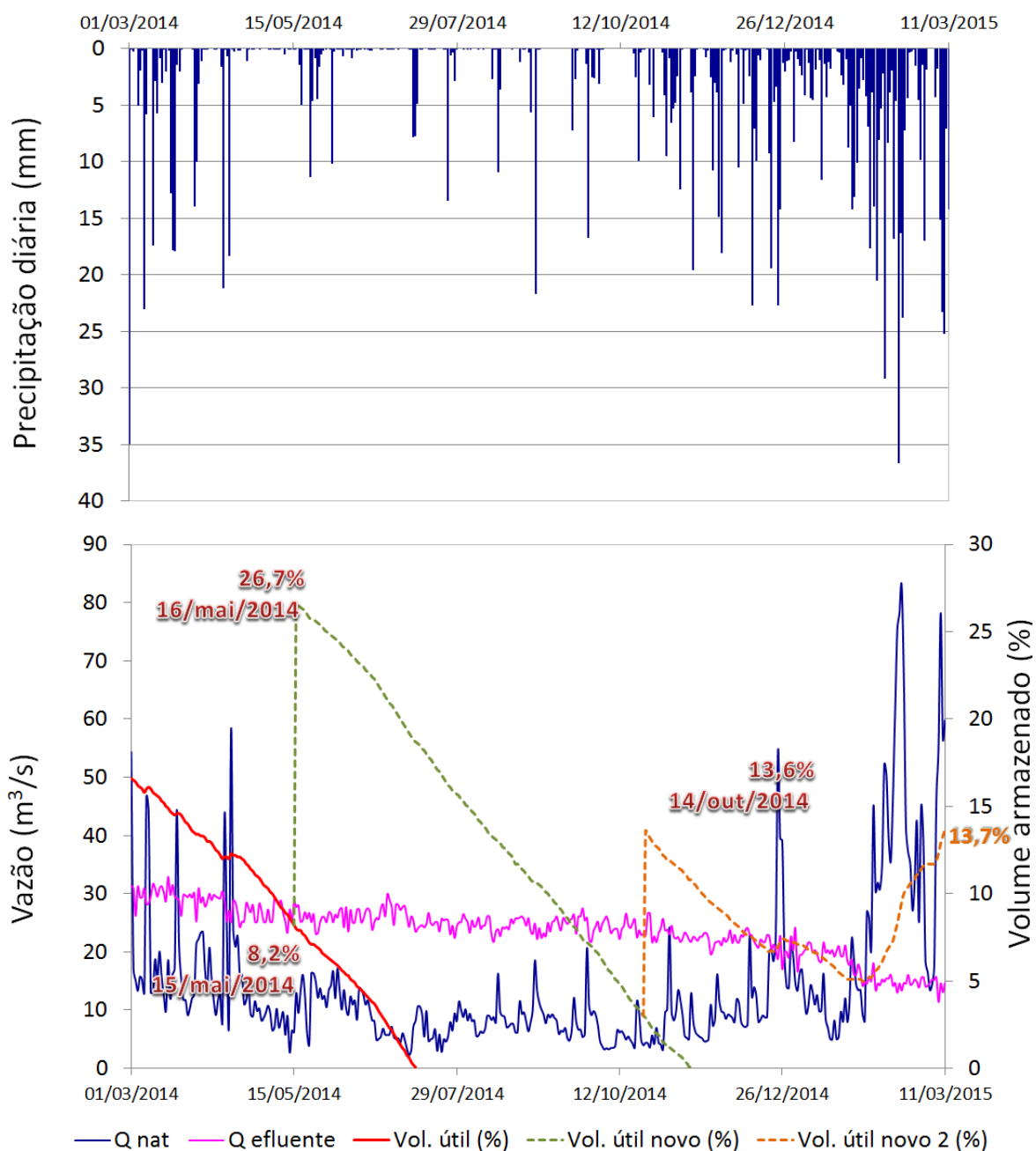


Figura 4. a) Precipitação média diária nas bacias do Sistema Cantareira (Dados do CEMADEN e DAEE) e b) Evolução da vazão afluente ( $Q_{nat}$ ) do Sistema Cantareira (linha azul), da vazão efluente ( $Q_{efluente}$ = vazão para atendimento da demanda Região Metropolitana de São Paulo e Região de Campinas + 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 981,55 hm<sup>3</sup> (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 11/março/2015						
Volume útil antigo (hm <sup>3</sup> )	Vol. Útil antigo acum. (hm <sup>3</sup> )	% Vol. Útil antigo	Vol. útil novo 2 total (hm <sup>3</sup> )	Vol. total acum. (hm <sup>3</sup> )	% Vol. útil novo 2	% Vol. útil antigo
981,55	0,0	0,0	1269,02	135,34	10,7	13,7

## 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.

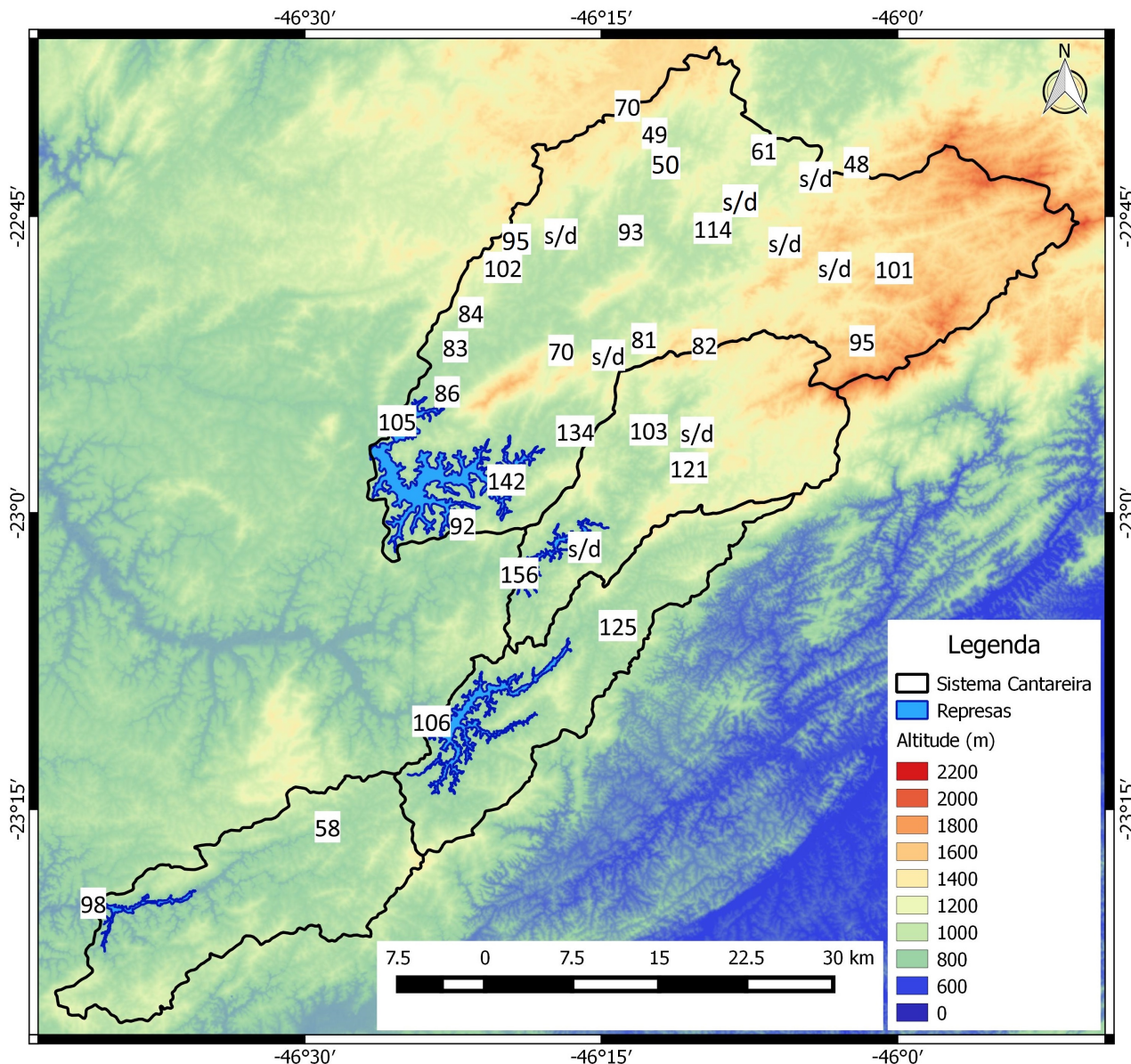


Figura 5. Precipitação observada acumulada (em mm) de 01 a 11 de março nos pluviômetros do CEMADEN e DAEE/SAISP nas sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (contornos em preto). As cores representam alturas topográficas com relação ao nível do mar de acordo com a escala da direita.

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

Tabela 2. Precipitação (em mm) nas últimas 24, 72 horas (11/03/2015 às 7:00h) e acumulado do mês de março.

<b>Estações</b> # Fonte: DAEE ** Fonte: CEMADEN	<b>Precipitação acumulada (mm) Últimas 24h</b>	<b>Precipitação acumulada (mm) Últimas 72h</b>	<b>Precipitação acumulada (mm) Mês de Março</b>
# Barragem Jacareí	8,8	50,8	142,4
# Barragem Jaguari-Vargem	7,0	74,4	104,6
# Barragem Cachoeira	26,4	82,8	156,4
# Barragem Atibainha	48,6	71,4	106,4
# Desemboque do Tunel 5	20,6	31,2	57,6
# Barragem Paiva Castro	17,8	36,0	97,8
# Barragem Águas Claras	5,4	28,4	51,8
**Av, Targino Vargas/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**camanducaia04/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**camanducaia06/Camanducaia	11,0	36,0	101,0
**camanducinha/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**COPASA/Camanducaia	21,0	43,0	95,0
**Cruzeiro/Camanducaia	19,0	49,0	114,0
**Fernão Dias km910/Camanducaia***	10,0	39,0	61,0
**Ponte Nova/Camanducaia	s/d	s/d	s/d
**Santa Terezinha/Camanducaia	13,0	46,0	82,0
**São Mateus/Camanducaia	4,0	31,0	48,0
**Estrada das Posses/Extrema	s/d	s/d	s/d
**extrema01/Extrema	6,0	34,0	81,0
**extrema02/Extrema	s/d	s/d	s/d
**extrema07/Extrema	11,0	37,0	102,0
**Forjos/Extrema	12,0	29,0	70,0
**PSF Furnas/Extrema	12,0	40,0	95,0
**PSF Matão/Extrema	s/d	s/d	85,0
**COPASA/Itapeva	18,0	43,0	93,0
**Córrego dos Negros/Itapeva	6,0	37,0	49,0
**Distrito de Areias/Itapeva	3,0	35,0	50,0
**Tropical Flores/Itapeva	12,0	44,0	70,0
**Cachoeira/Joanópolis	23,0	70,0	121,0
**Centro/Joanópolis	9,0	58,0	134,0
**joanopolis02/Joanópolis	16,0	47,0	103,0
**joanopolis03/Joanópolis	s/d	s/d	s/d
**Caras/Piracaia	s/d	s/d	s/d
**Dobrada/Piracaia	17,0	69,0	92,0
**Pião/Piracaia	13,0	56,0	125,0
**Bairro dos Cardosos/Vargem	3,0	46,0	83,0
**SP036/Vargem	4,0	45,0	86,0

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

## 2.2) Previsão de Chuva para o Período de 11 a 18 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 pancadas de chuva que irão se tornando gradativamente mais localizadas e menos volumosas nos próximos dias.

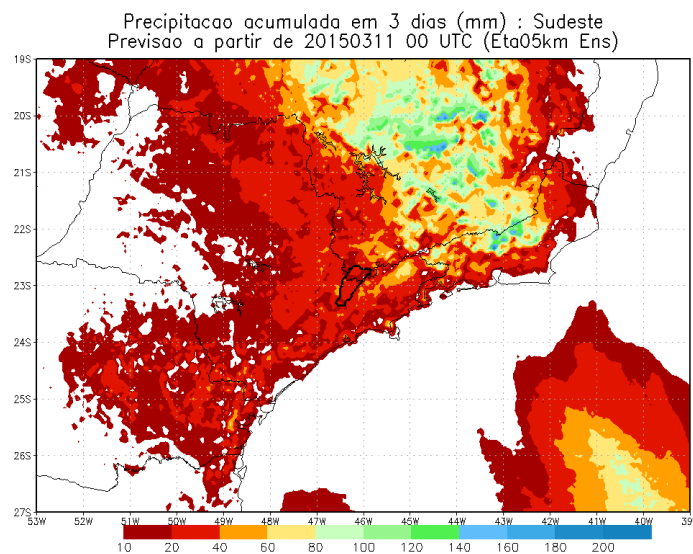


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em mm para os próximos 3 dias segundo a previsão do modelo numérico Eta/CPTEC/INPE de alta resolução (5x5km). A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada na Figura com linha preta espessa.

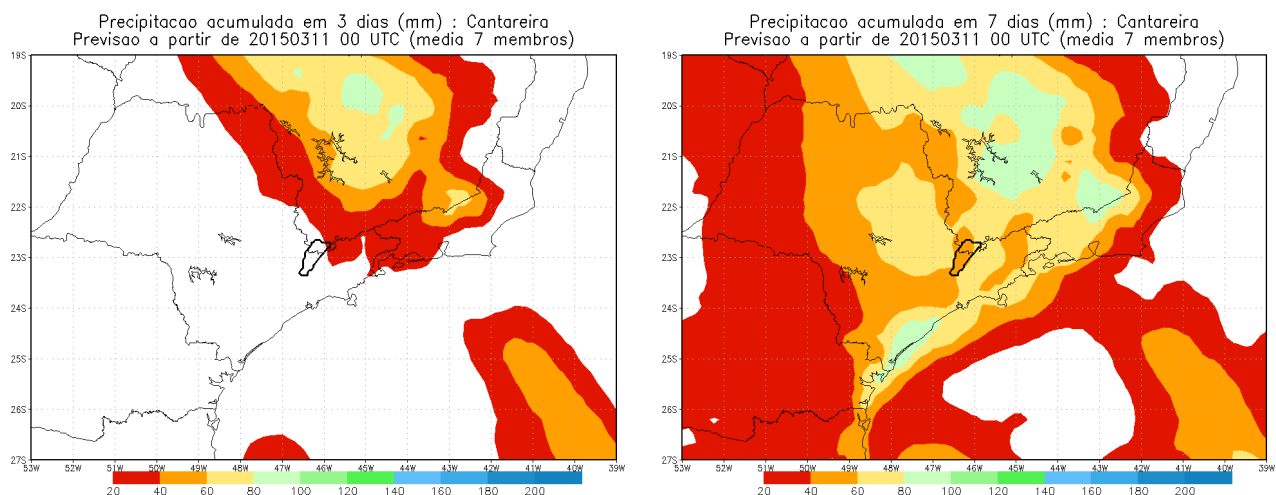


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em mm nos próximos 3 e 7 dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão por conjuntos (média de 7 previsões semelhantes em que a cada previsão é iniciada com o estado da atmosfera ligeiramente diferente) do modelo numérico Eta/CPTEC/INPE. 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 03 a 11 de março e previstas de 12 a 18 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,  $Q_{esj}=13,79 m^3/s$  e  $Q_{jus}=0,47 m^3/s$ , valores médios dos últimos sete dias (05/03/2015 a 11/03/2015) segundo o site da SABESP (<http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx>).

Para um cenário de precipitações pluviométricas 50% abaixo da média climatológica, o chamado volume morto 2 seria utilizado novamente em 249 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, 69,6% 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 77 dias a partir de hoje, 11 de março de 2015, aproximadamente. Para um cenário de precipitações pluviométricas 25% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 41 dias. No cenário de precipitações pluviométricas 50% acima da média climatológica o chamado volume morto 1 seria recuperado em 32 dias (Tabela 3).

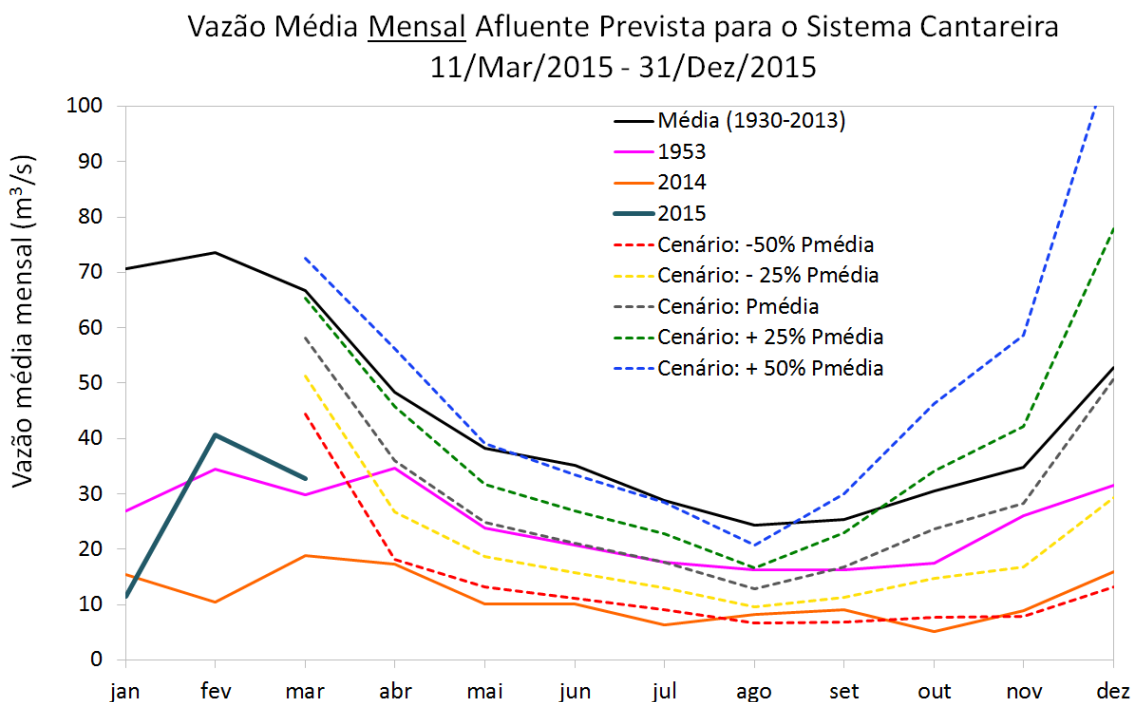


Figura 8. Previsão de vazão média mensal afluyente em  $m^3/s$  ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) com a previsão do ETA para os próximos 7 dias e, na sequência, para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (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 11 de março de 2015.

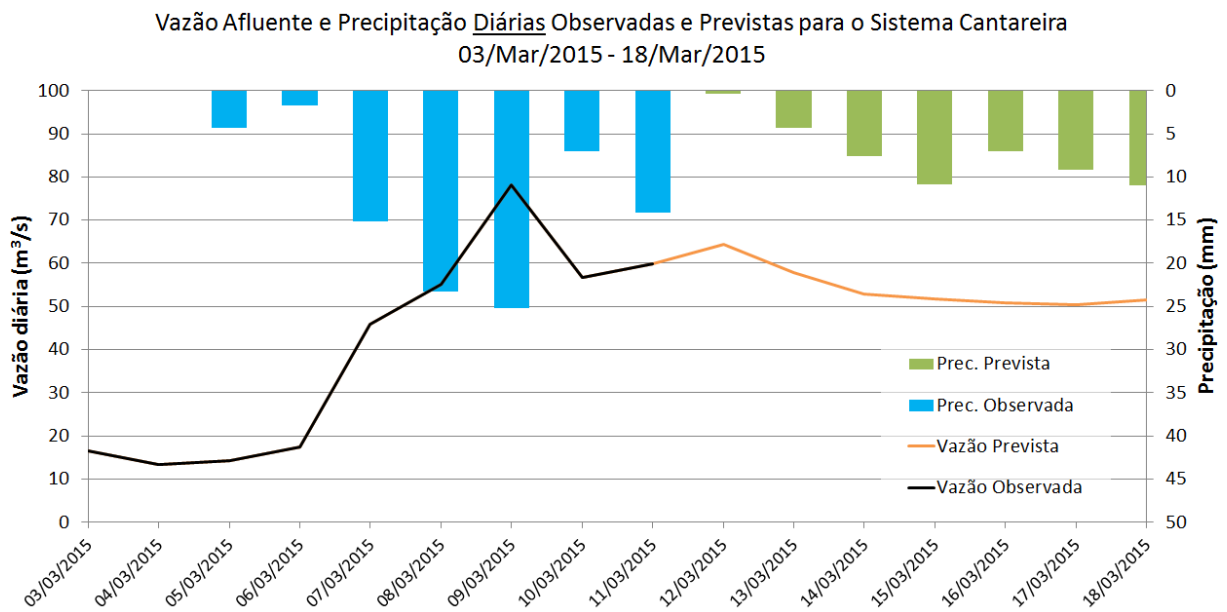


Figura 9. Nas colunas são apresentadas a precipitação (mm) observada em azul e prevista em verde. A linha preta apresenta a vazão (m³/s) observada e a vermelha a prevista.

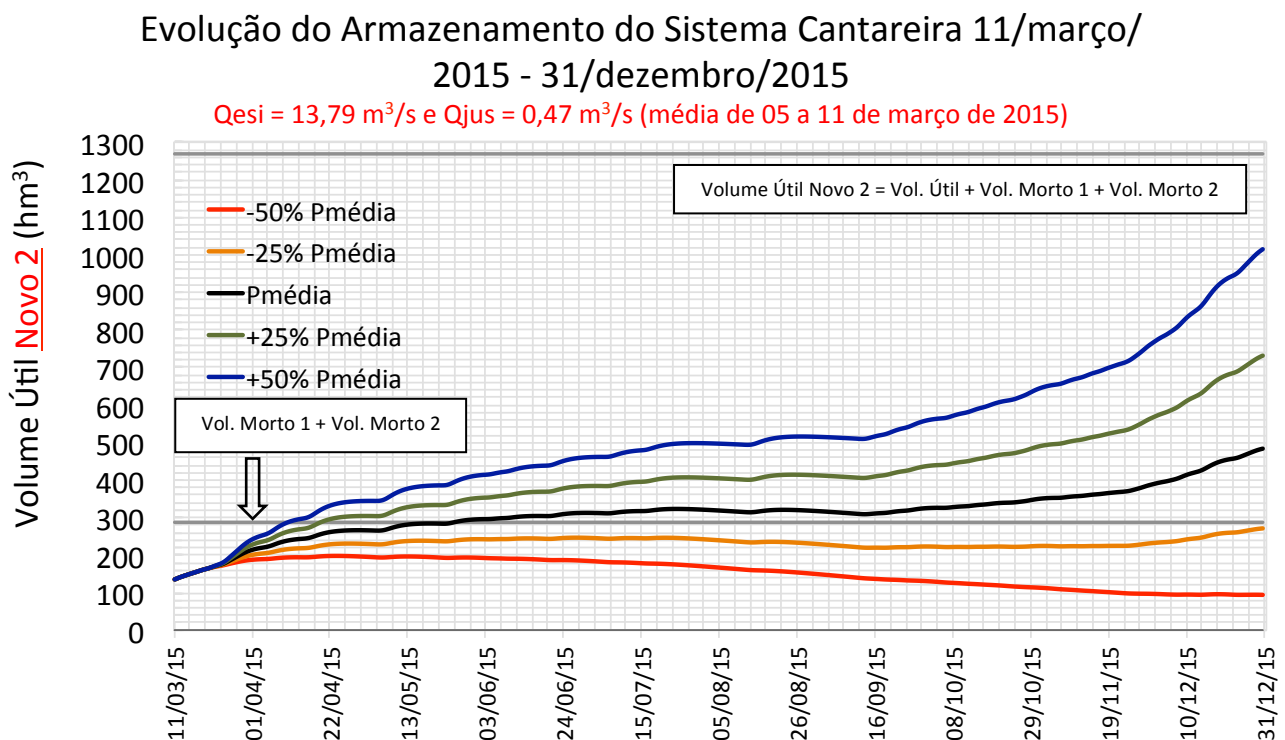


Figura 10. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para 5 cenários: precipitação 50% abaixo da média climatológica (linha vermelha), 25% abaixo da média climatológica (linha laranja), na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha verde) e 50% acima da média climatológica, considerando o "novo volume útil" (volume útil + volume morto1 + volume morto2 = 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 cenário de precipitações pluviométrica na média climatológica, em 31 de março de 2015 o volume armazenado no Sistema Cantareira seria de 210,13 hm<sup>3</sup> (16,6% de 1269,02 hm<sup>3</sup>), aproximadamente. No final da estação chuvosa, 30 de abril de 2015, o volume armazenado seria de 266,40 hm<sup>3</sup> (21,0% de 1269,02 hm<sup>3</sup>). No final da estação seca, 30 de setembro de 2015, seria de 324,58 hm<sup>3</sup> (25,6% de 1269,02 hm<sup>3</sup>) e no dia 1º de dezembro de 2015 seria de 388,40 hm<sup>3</sup> (30,6% de 1269,02 hm<sup>3</sup>), aproximadamente.

Tabela 3. Resumo das previsões para o período de 11/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 = $Q_{esi} = 13,79 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$ + $Q_{jus} = 0,47 \text{ m}^3/\text{s}^{(1)}$					
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	249	>296	-	-	-
Dias para recuperar o volume morto 1	-	-	77 dias	41 dias	32 dias
% do Vol. morto 1 (de 182,47 hm <sup>3</sup> ) em 01/dez/2015	-	69,6%	100,0%	100,0%	100,0%
% do Vol. Útil total (de 1269,02 hm <sup>3</sup> ) em 01/dez/2015	7,6%	18,3%	30,6%	44,6%	60,2%

(1) Valores médios dos últimos sete dias (05/03/2015 a 11/03/2015), 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 (03/03/2015 a 10/03/2015)

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 subestimaram o volume de chuva para este período sobre as bacias do Sistema Cantareira, ou seja, choveu mais do que estava previsto.

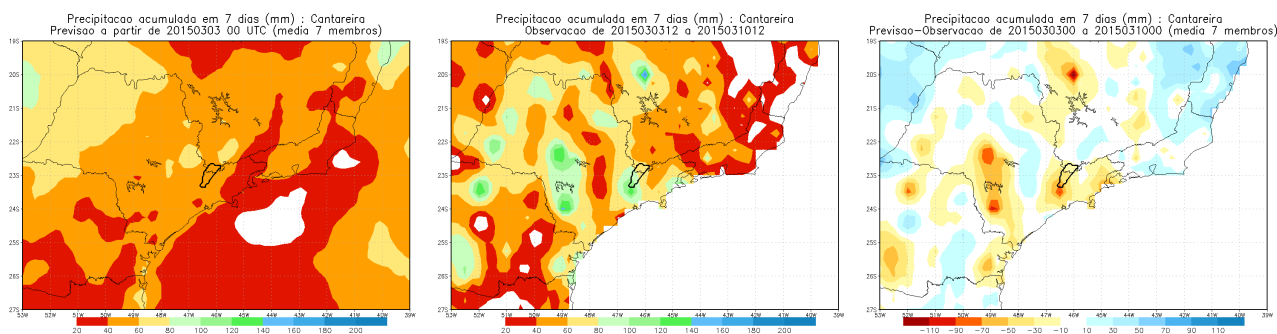


Figura 11. Esquerda: Previsão de precipitação acumulada em mm dos últimos 7 dias, segundo o modelo numérico Eta/CPTEC/INPE (previsão por conjuntos). Centro: precipitação observada no mesmo período (em mm). Direita: diferença entre a previsão prevista e observada (em mm). Os valores positivos (cores em 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 03 a 10 de março de 2015 foi igual a 37,20 m<sup>3</sup>/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 26,52 m<sup>3</sup>/s.