

Fevereiro de 2023

Ano 09 | número 78

SITUAÇÃO ATUAL E PROJEÇÃO HIDROLÓGICA PARA O SISTEMA CANTAREIRA

Diretor do Cemaden

Oswaldo Luiz Leal de Moraes

Coordenador Geral de Pesquisa e Desenvolvimento

José A. Marengo

Revisor Científico

Luz Adriana Cuartas Pineda

Pesquisadores colaboradores

Elisângela Broedel

Giovanni Dolif

Marcelo Seluchi

Wanderley Mendes

Jerusa Peixoto

Elaboração

Elisângela Broedel



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



Sumário Executivo

Esta edição do boletim traz um resumo da situação referente ao mês de fevereiro de 2023, e projeções hidrológicas de março a setembro de 2023. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de fevereiro, foi de 69%. Esse valor representa um aumento de 17% em relação ao mês anterior, e uma situação melhor quando comparado ao mesmo período do ano de 2022 (43%). Com a situação atual de armazenamento, os reservatórios do Sistema Cantareira encontram-se na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%)¹, cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é 33 m³/s. Em fevereiro de 2023, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 23 m³/s.

A precipitação e a vazão registradas no Sistema Cantareira, no mês de fevereiro, foram equivalentes a 143% e 147% da média histórica do mês, respectivamente. No entanto, mesmo com chuva e vazão acima da média, atualmente o Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de seca hidrológica variando entre “Moderada” e “Extrema”, com relação ao Índice Padronizado de Vazão (SSFI) para as escalas temporais de 12 e 24 meses, respectivamente.

Com relação às projeções hidrológicas a partir do modelo PDM/CEMADEN (Probability-Distributed Model/CEMADEN) (**Tabela 01**), as simulações indicam que, no cenário hipotético de precipitação na média histórica, a vazão afluente média aos reservatórios do sistema Cantareira, no último mês chuvoso de 2023 (março), alcançaria, aproximadamente, 71 m³/s, o que representa um valor 20% acima da média histórica para este período. Ainda considerando o cenário de precipitações na média histórica e a desativação da interligação com o Paraíba do Sul, o modelo hidrológico projeta um armazenamento no Sistema, no final de março, de 78%, na faixa de operação “Normal”. Adicionalmente, para os cenários de chuva 25% abaixo e acima da média histórica, a vazão média em março seria de, aproximadamente, 102% e 137% da média histórica, respectivamente. Ao passo que, o volume armazenado no sistema, para esses mesmos cenários, alcançaria, no final de março, 75% e 81% (ambos na faixa de operação “Normal”). Ressalta-se que será a primeira vez, desde a crise hídrica de 2014, que os reservatórios do Sistema Cantareira atingirão um nível superior a 70% de armazenamento.

Considerando o horizonte de tempo referente aos meses secos de 2023, compreendido entre abril e setembro, de acordo com as simulações, para o cenário de chuva na média histórica e a interligação com o Paraíba do Sul, a vazão afluente seria em torno de 29 m³/s, o que representa,

¹ De acordo com a Resolução conjunta ANA/DAEE N° 925.

aproximadamente, 100% da média histórica. Considerando este mesmo cenário, as projeções indicam que, o reservatório estaria ao final de setembro, com 64% do seu volume útil, na faixa de operação “Normal”. Para os cenários de chuva 25% abaixo e acima da média histórica, a vazão média entre abril e setembro seria de, aproximadamente, 72% e 126% da média histórica, respectivamente. Ao passo que, o volume armazenado no sistema, para esses mesmos cenários, alcançaria, no final de setembro de 2023, valores de 50% e 80%, aproximadamente, ambos na faixa de operação “Normal”. Ressalta-se que estes valores de armazenamento podem variar segunda a operação do sistema.

Tabela 01. Projeções de vazão média (março e; de abril a setembro de 2023) e volume armazenado do Sistema Cantareira, com e sem interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha (no final de março e setembro de 2023), considerando cinco cenários de precipitação: 50% e 25% abaixo da média histórica, na média histórica e 25% acima da média histórica e cenário crítico. As faixas de operação do reservatório estão de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925.

	Cenários de Precipitação				
	50% abaixo da média histórica	25% abaixo da média histórica	Média histórica	25% acima da média histórica	Crítico (precipitação de 2020)
Março de 2023					
Vazão Afluente (m ³ /s)	50	60	71	81	61
Vazão Afluente (% da MLT)	85%	102%	120%	137%	102%
31/03/2023 (Sem interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	73%	75%	78%	81%	75%
Faixa de operação	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Abril a Setembro/2023					
Vazão Afluente (m ³ /s)	15	21	29	37	20
Vazão Afluente (% da MLT)	50%	72%	100%	126%	67%
30/09/2023 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	42%	50%	64%	80%	51%
Faixa de operação	Atenção	Atenção	Normal	Normal	Atenção

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses chuvosos, de outubro de 2022 a fevereiro de 2023, baseado nas redes pluviométricas que cobrem as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (**Figura 1**), incluindo 26 pluviômetros do CEMADEN e 7 pluviômetros do DAEE/ SAISP² foi 1073 mm (1084² mm). Esse valor corresponde a 114% (115%²) da média histórica deste período (942 mm), e 96% (97%²) da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre os meses de outubro a março (1115 mm).

No mês de fevereiro, a precipitação acumulada foi de 282 mm (284² mm), equivalente a um valor de 143% (144%²) da média histórica para este mês (198 mm) (**Figura 2**). O sistema Cantareira apresentou, neste mês, condição variando entre a normalidade e seca moderada de acordo com o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) para as escalas temporais de 12 meses e 24 meses, respectivamente (SPI-12 = -0.41; SPI-24 = -1.26) (**Figura 3a e 3b**). Ainda nesta figura, é possível notar um déficit de chuva nessa região, situação que vem se repetindo, de forma sistemática, desde a estação chuvosa 2016/2017.

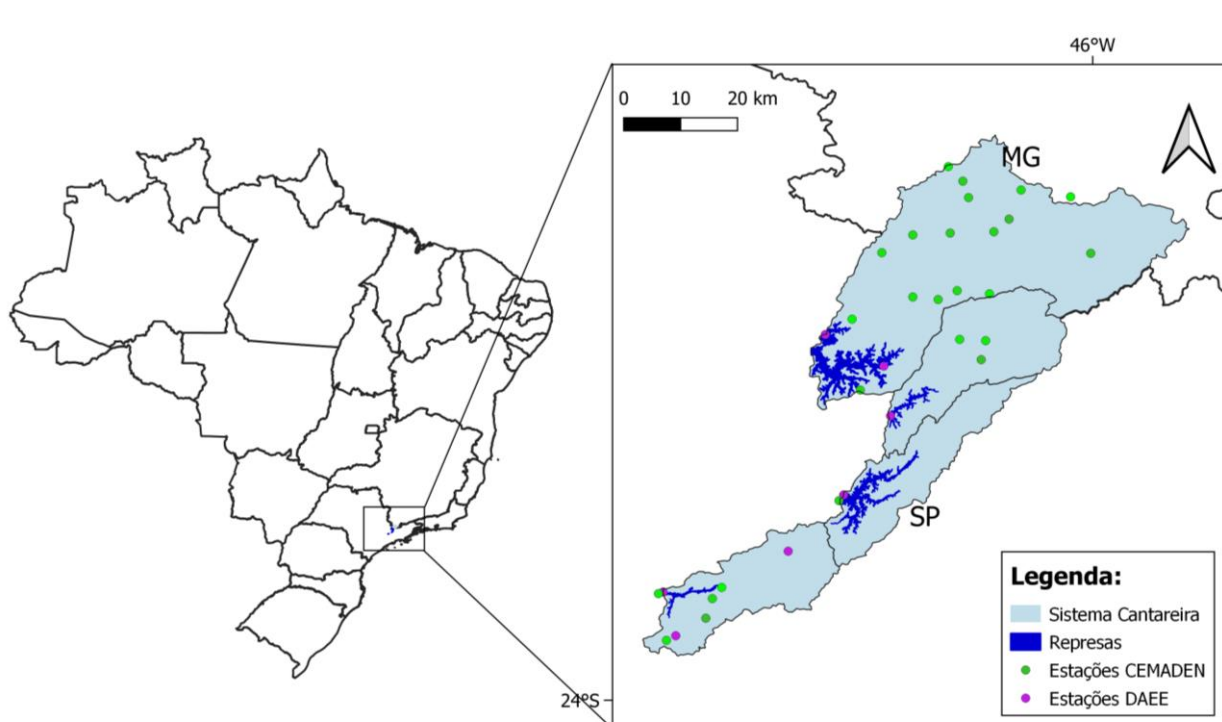


Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias de captação do Sistema Cantareira incluindo Jaguari-Jacaré, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro (contornos em preto), juntamente com a localização dos pluviômetros operantes nesta região, sendo 26 do CEMADEN (pontos verdes) e 7 do DAEE/ SAISP (pontos magentas).

² DAEE / SAISP: Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo / Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo.

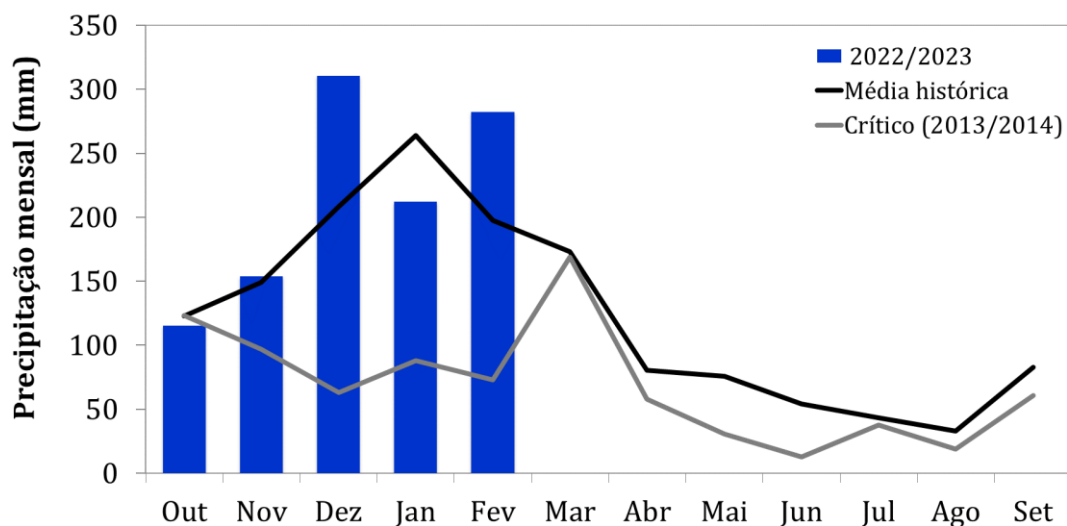


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira, em mm, de acordo com os dados do CEMADEN, entre outubro de 2022 a fevereiro de 2023 (barras em azul). Ano hidrológico: outubro – setembro. As linhas em preto e cinza representam, respectivamente, a precipitação média histórica (1983-2022) e a precipitação crítica do histórico, compreendida entre outubro de 2013 a setembro de 2014.

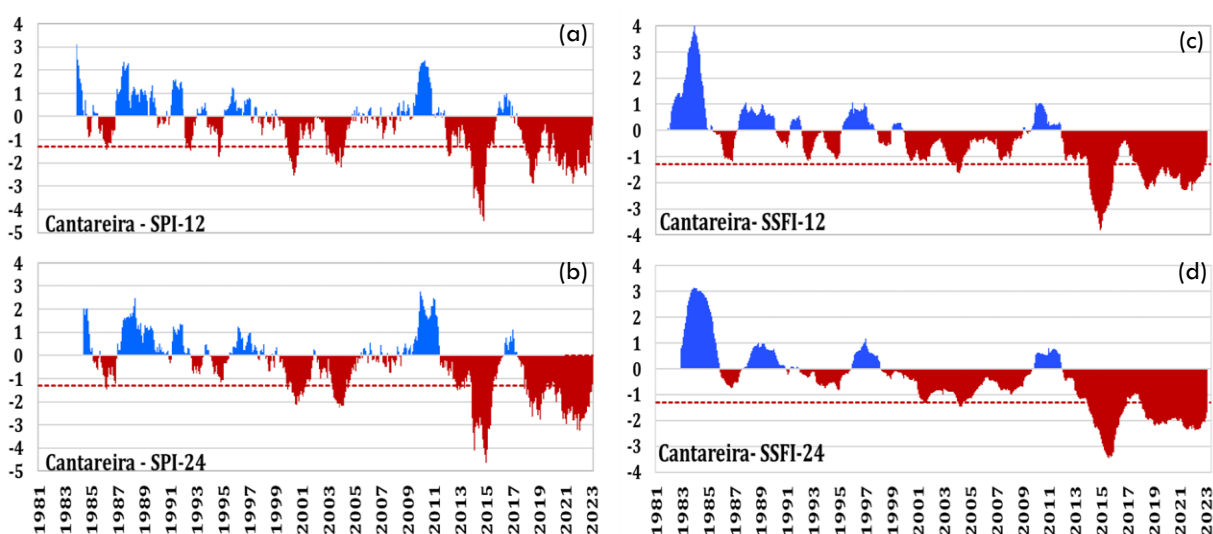


Figura 3. Índice Padronizado de Precipitação - SPI (a e b) e Índice Padronizado de Vazão - SSFI (c e d) para o Sistema Cantareira, nas escalas temporais de 12 e 24 meses, entre janeiro de 1981 a fevereiro de 2023. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre a seca hidrológica fraca à moderada e severa à excepcional.

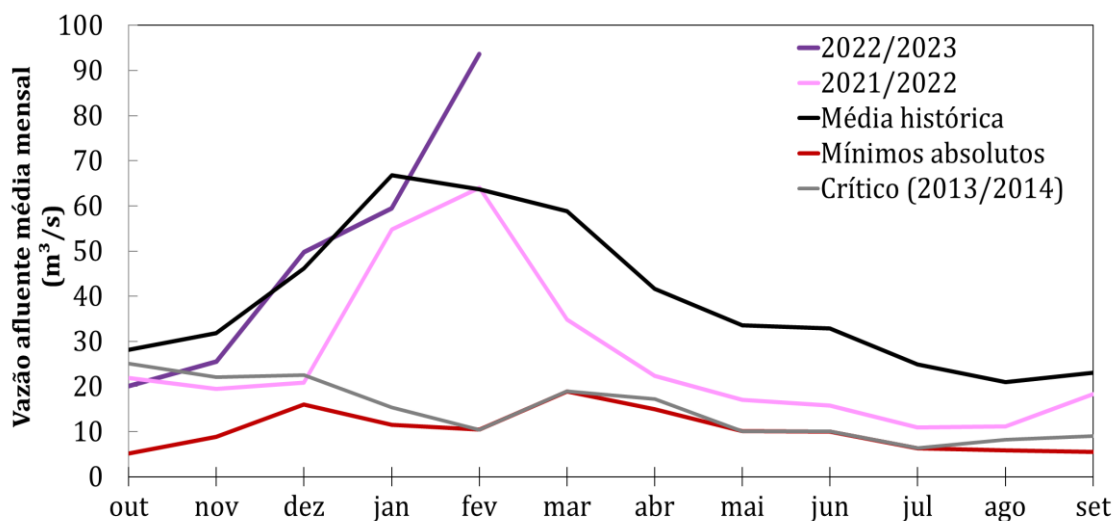
A média de vazão afluente aos reservatórios do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro), de outubro de 2022 a fevereiro de 2023, de acordo com dados da SABESP³ e da

³ SABESP: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo/Situação dos Mananciais.

ANA⁴ foi, de aproximadamente, 50 m³/s. Esse valor corresponde a, aproximadamente, 106% da média histórica deste período (47 m³/s) e 101% da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre os meses de outubro a março (49 m³/s). Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 25 m³/s, enquanto a média de extração de água do Sistema Cantareira para o elevatório Santa Inês (Qesi), que abastece a região metropolitana de São Paulo, foi 22 m³/s.

No mês de fevereiro, a média de vazão afluyente registrada foi, de aproximadamente, 94 m³/s (**Figura 4**), o que representa, cerca de 47% acima da média mensal histórica (64 m³/s). No entanto, mesmo com vazões acima da média, o Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de seca hidrológica variando entre “Moderada” e “Extrema”, com relação ao Índice Padronizado de Vazão (SSFI) para a escala temporal de 12 e 24 meses, respectivamente (SSFI-12 = -1.06; SSFI-24 = -1.68) (**Figura 3c e 3d**). A condição de seca hidrológica atual no Sistema Cantareira representa uma situação similar quando comparado ao mês anterior, janeiro de 2023. Ressalta-se que o Sistema Cantareira vem enfrentando condições de seca hidrológica, variando de fraca a excepcional, desde o início de 2012, à exceção dos meses de agosto a novembro de 2016.

Adicionalmente, em fevereiro de 2023 Qesi foi 23,2 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Região do PCJ), foi de apenas 0,6 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de, aproximadamente, 24 m³/s. Neste mês, o aporte proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, manteve-se desativado. Ressalta-se que, a interligação foi suspensa desde o dia 28 de dezembro de 2022.



⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

Figura 4. Vazão afluyente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1981 – 2022. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente às vazões médias mensais: de outubro de 2013 a setembro de 2014, representando o período crítico do histórico; de outubro de 2021 a setembro de 2022; e de outubro de 2022 a fevereiro de 2023. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução do nível de armazenamento no Sistema Cantareira, entre os anos de 2014 e 2023, considerando o volume útil e as cotas do volume morto⁵ são exibidas na **Figura 5**. O Sistema operou no dia 28 de fevereiro de 2023 com 69% do volume útil (982,0 hm³), na faixa de operação “Normal” (nível de armazenamento entre 60% e 100%), de acordo com o estabelecido pela Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017. O volume atual no Sistema Cantareira caracteriza um aumento de 17% em relação ao final do mês anterior e uma situação significativamente melhor que no mesmo período do ano de 2022 (43%). Adicionalmente, representa uma condição melhor ao apresentado no período pré-crise, em fevereiro de 2013 (57%), além de ser e o maior volume já registrado após a crise hídrica de 2014.

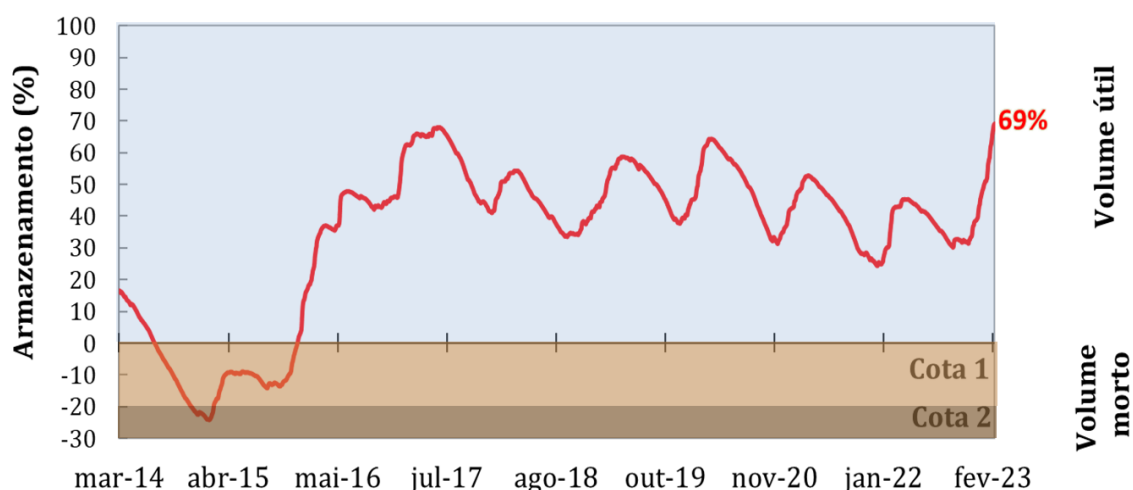


Figura 5. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a fevereiro de 2023. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm³). Fonte dos dados: SABESP.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra ainda dentro do período chuvoso, que ocorre aproximadamente entre outubro e março. Em particular, para os próximos 10 dias (**Figura 6**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) apontam a ocorrência de

⁵ Volume morto refere-se ao volume de água armazenado abaixo da cota de tomada de água por gravidade e, portanto, para sua utilização é necessário o bombeamento.

precipitações abundantes no âmbito da bacia, principalmente em forma de pancadas, totalizando acumulados próximos ou superiores à média histórica do período. A tendência para a segunda semana (**Figura 7**), também indica a ocorrência de chuva abundante, provavelmente com valores próximos ou superiores aos valores médios históricos.

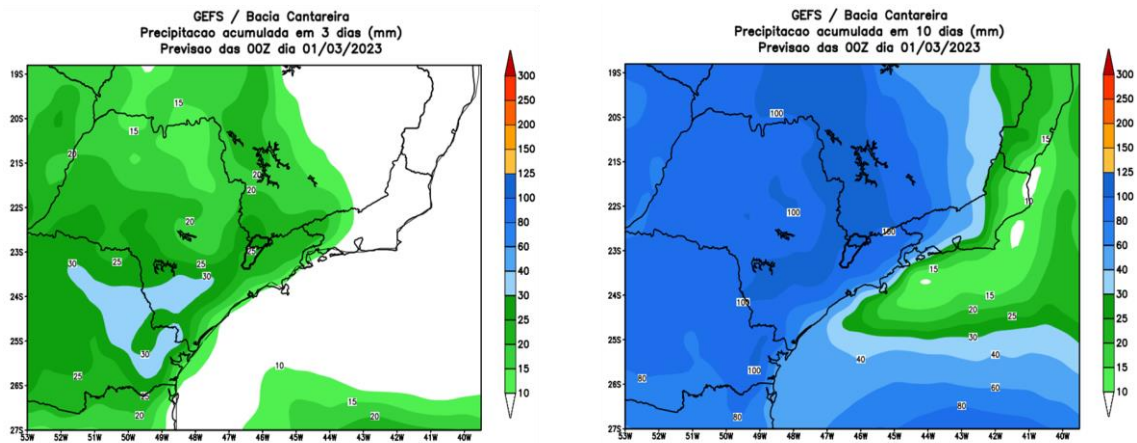


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GENS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta espessa.

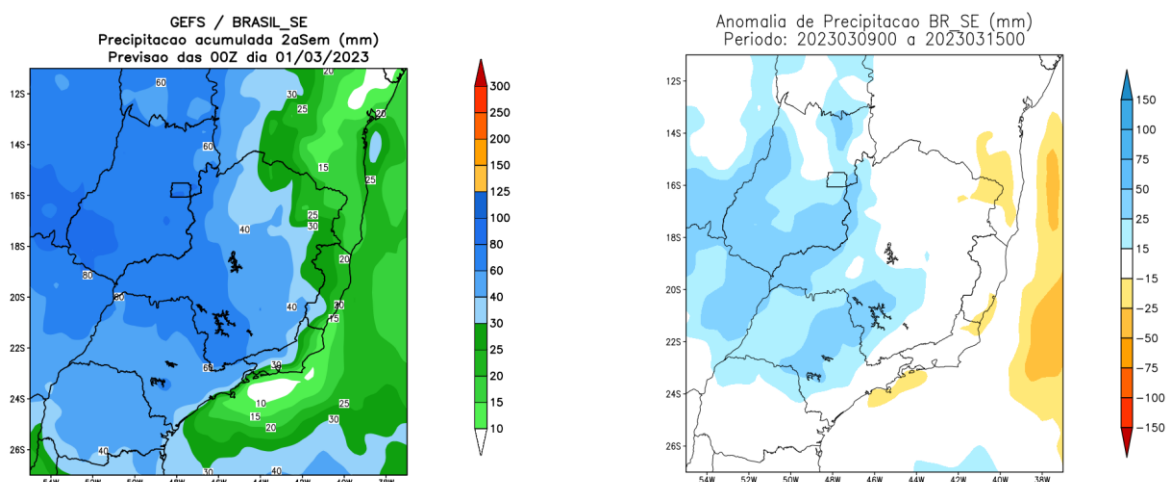


Figura 7. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico GENS/NOAA.

3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias

Na **Figura 8** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (19 a 28 de fevereiro de 2023) e previstas (01 a 10 de março de 2023) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 79 mm. A **Figura 8** (inferior) exhibe as vazões diárias observadas e previstas a partir dos 31 membros de previsão de chuva, assim como a média

destes, para o mesmo período. A previsão da vazão média, de acordo com o modelo hidrológico PDM/CEMADEN (Probability-Distributed Model/CEMADEN), para os próximos 10 dias será de, aproximadamente, 71 m³/s. Esse valor é superior à vazão média histórica para o mês de março (59 m³/s), de acordo com a SABESP.

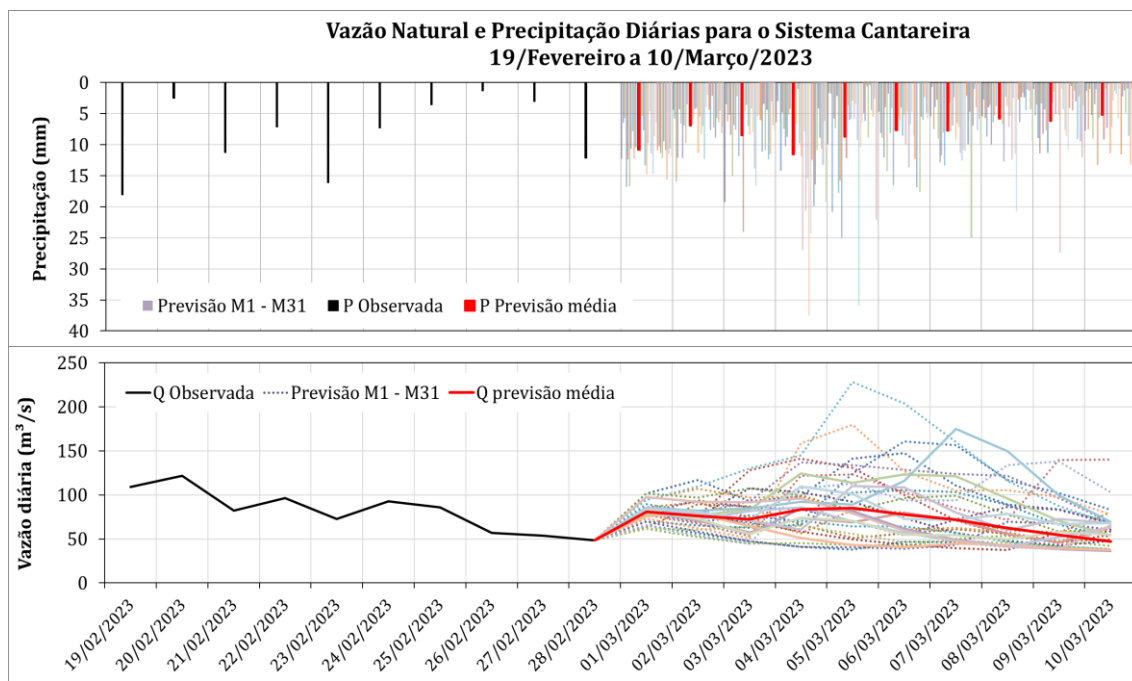


Figura 8. Valores diários de Precipitação (P) e Vazão (Q) para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas representam a média destes membros de previsão. Na figura inferior a linha preta representa a vazão observada, as linhas coloridas correspondem aos 31 membros de previsão de vazão e a linha vermelha corresponde à média destes membros.

4. Projeções de vazão afluente para os próximos meses

A **Figura 9** apresenta as médias mensais de vazão afluente observada e, na sequência, projeções de vazão usando a média dos membros de previsão (01 a 10 de março de 2023, **Figura 8**) e, a partir do dia 11 de março foram considerados cinco cenários hipotéticos de precipitação: média histórica (1981-2022), 25% acima da média, 25% e 50% abaixo da média histórica e cenário crítico (março a setembro de 2020).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média no último mês chuvoso da estação chuvosa 2022/2023, março de 2023, seria de, aproximadamente, 71 m³/s, 20% acima da média histórica para este período (59 m³/s). Para esse período, considerando cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam vazões da ordem de 102% e 85% da média histórica, respectivamente.

Adicionalmente, em um cenário hipotético de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 37% acima da média histórica deste período. Portanto, para os cenários de chuva na média e 25% abaixo e acima da média, o modelo aponta vazões superiores aos valores médios do período.

Considerando o horizonte de tempo referente aos meses secos de 2023, compreendido entre abril e setembro, de acordo com as projeções, para o cenário de chuva na média histórica, a vazão afluyente seria em torno de 29 m³/s, o que representa, aproximadamente, 100% da média histórica para este período. Adicionalmente, para os cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam projeções de vazões da ordem de 72% e 50% da média, respectivamente. Em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 126% da média histórica deste período.

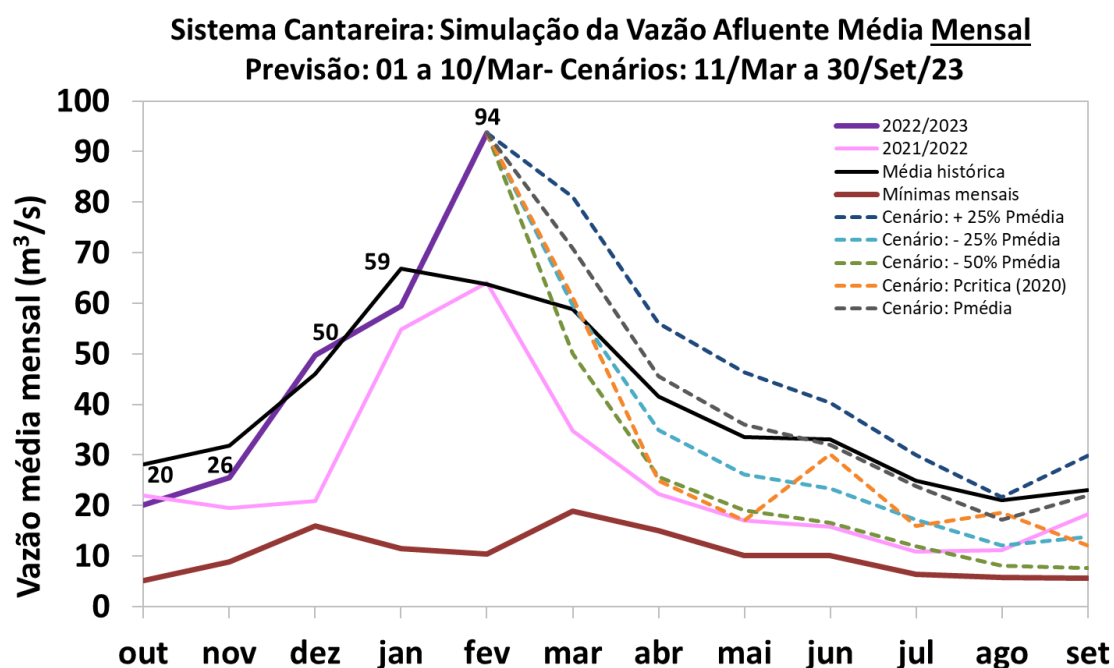


Figura 9. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluyente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média histórica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). As linhas espessas representam as vazões médias mensais observadas, de acordo com a SABESP: média histórica (preto); mínimos mensais (marrom); série de outubro de 2021 a setembro de 2022 (magenta); e série de outubro de 2022 a fevereiro de 2023 (roxo).

5. Projeções de armazenamento para os próximos meses

A **Figura 10** apresenta as projeções da evolução do volume útil armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira utilizando: (i) previsão e projeções de vazão afluyente da **Figura 8** e **Figura 9**, respectivamente; (ii) vazão de extração para a estação elevatória Santa Inês (Q esi) de

acordo com as regras condicionais estabelecidas pela Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017 (foram aplicados valores médios entre as faixas); (iii) sem (março) e com (abril a setembro) o aporte médio de 5,13 m³/s proveniente da interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha e; (iv) vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) de 6,7 m³/s e 3,5 m³/s para estação seca e chuvosa, respectivamente. Os valores médios de Q_{jus} utilizados nessas simulações referem-se aos anos 2017/2018, período que o volume armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira foi semelhante ao atual.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica e sem a interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha, as projeções indicam que, os reservatórios estariam no final da estação chuvosa 2023, na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%), com 78% do seu volume útil (**Tabela 01**). Considerando os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria ao final de março, também na faixa de operação “Normal”, com 75% e 73% do volume útil, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 81%, na faixa de operação “Normal”. Ressalta-se que será a primeira vez, desde a crise hídrica de 2014, que os reservatórios do Sistema Cantareira atingirão um nível superior a 70% de armazenamento.

Considerando um horizonte de tempo maior, bem como a interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha, para o cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final do horizonte de projeções (setembro de 2023) na faixa de operação “Normal”, com 64% do seu volume útil (**Tabela 01**). Entretanto, considerando o cenário de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório estaria, ao final de setembro, na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%), com 50% e 42% do volume útil, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 80%, faixa de operação “Normal”.

Ressalta-se que esses cenários podem ser modificados de acordo com mudanças na vazão de interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul, bem como as extrações do Sistema a serem praticadas pelo operador, nos próximos meses.

Histórico e simulação do armazenamento no Sistema Cantareira
 Previsão: 01 a 10/Mar- Projeções: 11/Mar a 30/Set/23

Interligação - Paraíba do Sul:

Mar/23 = Desativada; Abr a Set/23 = 5,13 m³/s

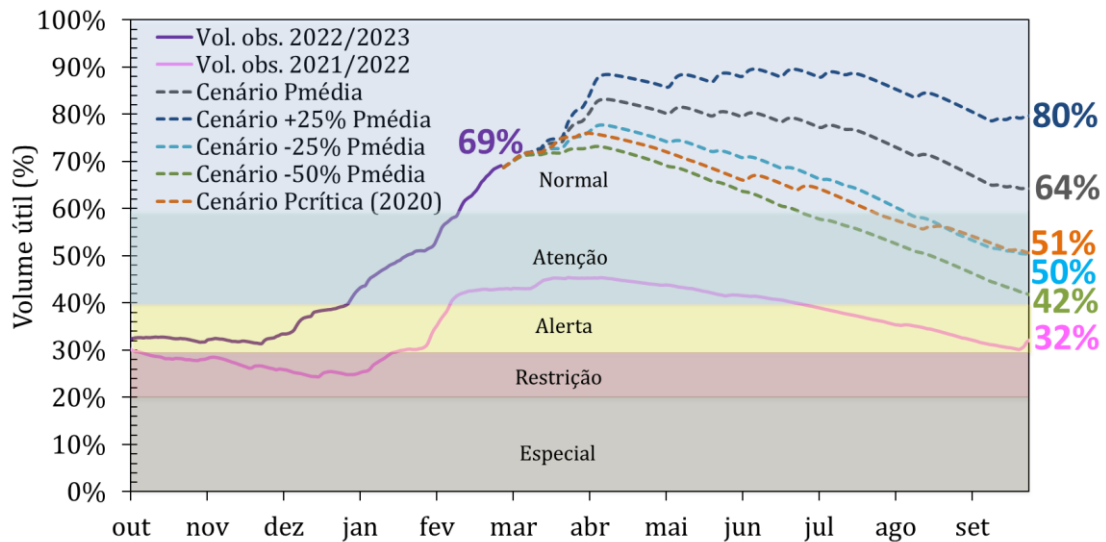


Figura 10. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nestas simulações foi considerada a desativação da vazão de aporte com a bacia do Rio Paraíba do Sul, no mês chuvoso de março de 2023 e a ativação da mesma, nos meses secos de 2023, entre abril e setembro (5,13 m³/s). A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira de outubro de 2021 a setembro de 2022 e a linha roxa no período outubro de 2022 a fevereiro de 2023. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925/2017.