

Março de 2023

Ano 09 | número 79

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 março de 2023, e projeções hidrológicas de abril a setembro de 2023. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de março, foi de 82%. Esse valor representa um aumento de 13% em relação ao mês anterior, e uma situação significativamente melhor quando comparado ao mesmo período do ano de 2022 (45%). 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 março de 2023, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 24m³/s.

A precipitação e a vazão registradas no Sistema Cantareira, no mês de março, foram equivalentes a 106% e 121% 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 fraca e severa 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 e considerando a interligação com o Paraíba do Sul, a vazão afluente média aos reservatórios do sistema Cantareira, no período seco de 2023, compreendido entre abril e setembro, seria em torno de 29 m³/s, o que representa, aproximadamente, 99% da média histórica. Considerando este mesmo cenário, as projeções indicam que, o reservatório estaria ao final de setembro, com 71% 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, 77% e 120% 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 61% e 81%, respectivamente, ambos na faixa de operação “Normal”. *Ressalta-se que estes valores de armazenamento podem variar de acordo com a operação do sistema.*

¹ De acordo com a Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925.

Tabela 01. Projeções de vazão média (de abril a setembro de 2023) e volume armazenado do Sistema Cantareira (final de setembro), 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 2021)
Abril a Setembro/2023					
Vazão Afluente (m ³ /s)	18	23	29	35	21
Vazão Afluente (% da MLT)	61%	77%	99%	120%	71%
30/09/2023 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	53%	61%	71%	81%	58%
Faixa de operação	Atenção	Normal	Normal	Normal	Atenção

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses chuvosos, de outubro de 2022 a março 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 1257 mm (1285² mm). Esse valor corresponde a 113% (115%²) da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre o período de outubro a março (1115 mm).

No mês de março, a precipitação acumulada foi de 183 mm (201² mm), equivalente a um valor de 106% (116%²) da média histórica para este mês (173 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 = -0.08; SPI-24 = -0.82) (**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.

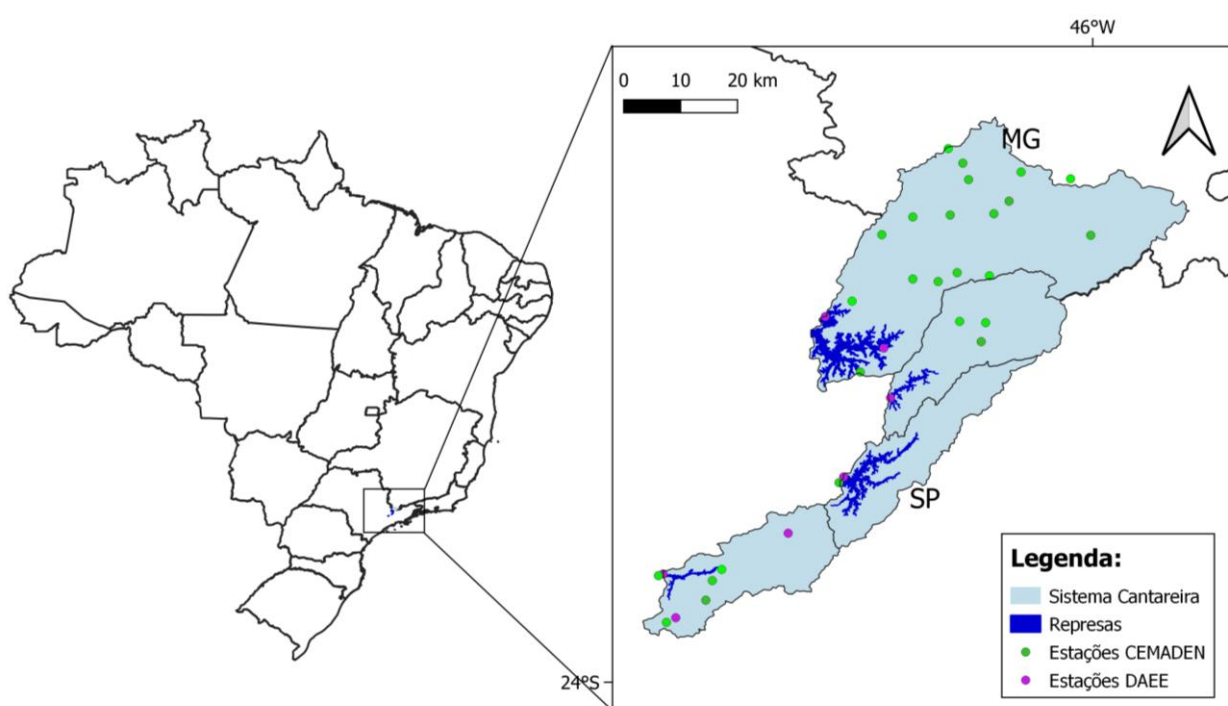


Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias de captação do Sistema Cantareira incluindo Jaguarí-Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro (contornos em preto), juntamente com a localização dos pluviômetros operantes nesta região, sendo 26 do CEMADEN (pontos verdes) e 7 do DAEE/ SAISP (pontos magentas).

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

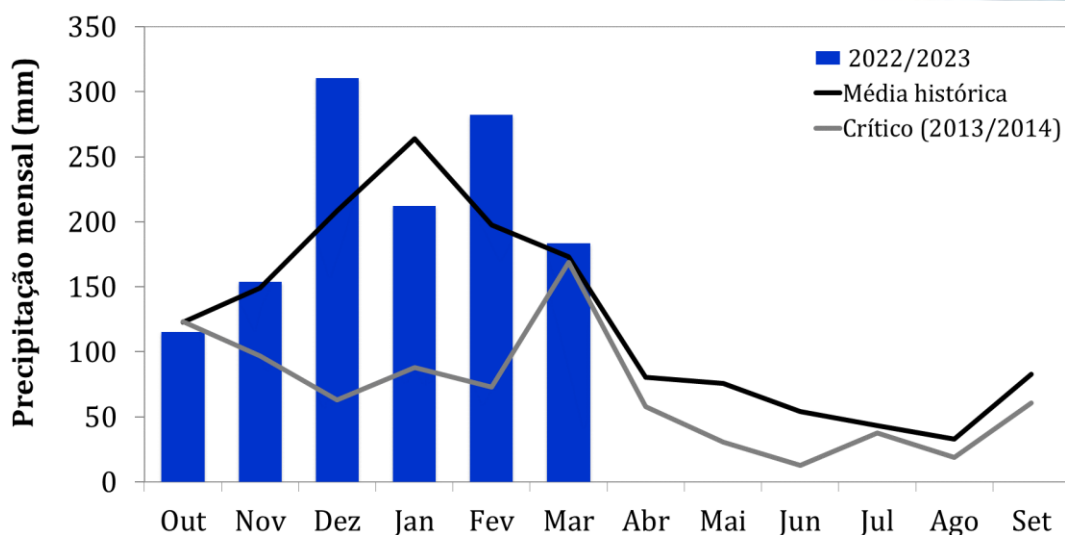


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira, em mm, de acordo com os dados do CEMADEN, entre outubro de 2022 a março de 2023 (barras em azul). Ano hidrológico: outubro – setembro. As linhas em preto e cinza representam, respectivamente, a precipitação média histórica (1983-2022) e a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

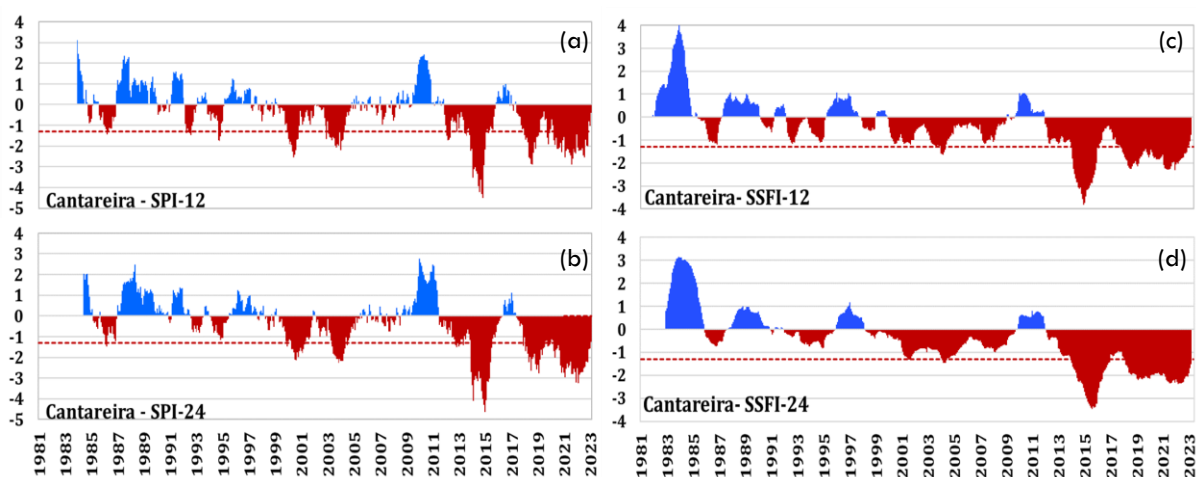


Figura 3. Índice Padronizado de Precipitação - SPI (a e b) e Índice Padronizado de Vazão - SSFI (c e d) para o Sistema Cantareira, nas escalas temporais de 12 e 24 meses, entre janeiro de 1981 a março de 2023. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre a seca hidrológica fraca à moderada e severa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

A média de vazão afluente aos reservatórios do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro), de outubro de 2022 a março de 2023, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi, de aproximadamente, 53 m³/s. Esse valor corresponde a, aproximadamente, 108% da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre outubro e março (49 m³/s). Para o mesmo

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

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 março, a média de vazão afluyente registrada foi, de aproximadamente, 71 m³/s (**Figura 4**), o que representa, cerca de 21% acima da média mensal histórica (59 m³/s). No entanto, mesmo com vazões acima da média, o Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de seca hidrológica variando entre fraca e severa, com relação ao Índice Padronizado de Vazão (SSFI) para a escala temporal de 12 e 24 meses, respectivamente (SSFI-12 = -0.79; SSFI-24 = -1.52) (**Figura 3c e 3d**). Ainda de acordo com o SSFI houve uma desintensificação da seca hidrológica no Sistema Cantareira comparativamente ao mês anterior, quando havia uma condição variando de moderada a extrema. 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 março de 2023 Qesi foi 24 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 0,9 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de, aproximadamente, 25 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.

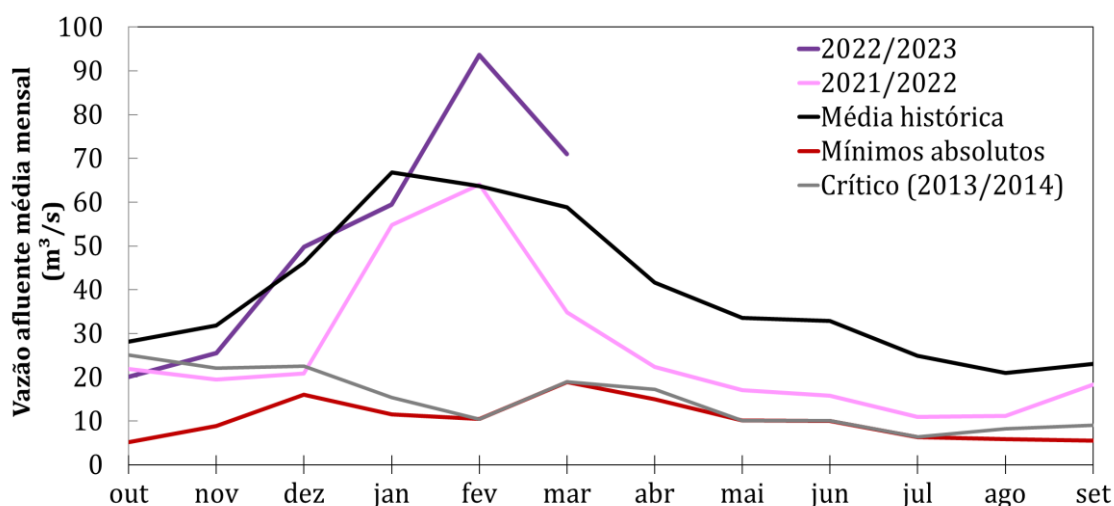


Figura 4. Vazão afluyente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1981 – 2022. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente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

Ressalta-se que tanto a precipitação quanto a vazão, no Sistema Cantareira, fecharam a estação chuvosa 2022/2023 com valores superiores à média histórica do período. As últimas estações chuvosas onde foram registrados valores de precipitação e de vazão acima da média correspondem ao período de 2015/2016 e 2010/2011, respectivamente, como pode ser observado pela **Figura 5**, que exibe as anomalias sazonais de ambas as variáveis entre o período de 1983 a 2022.

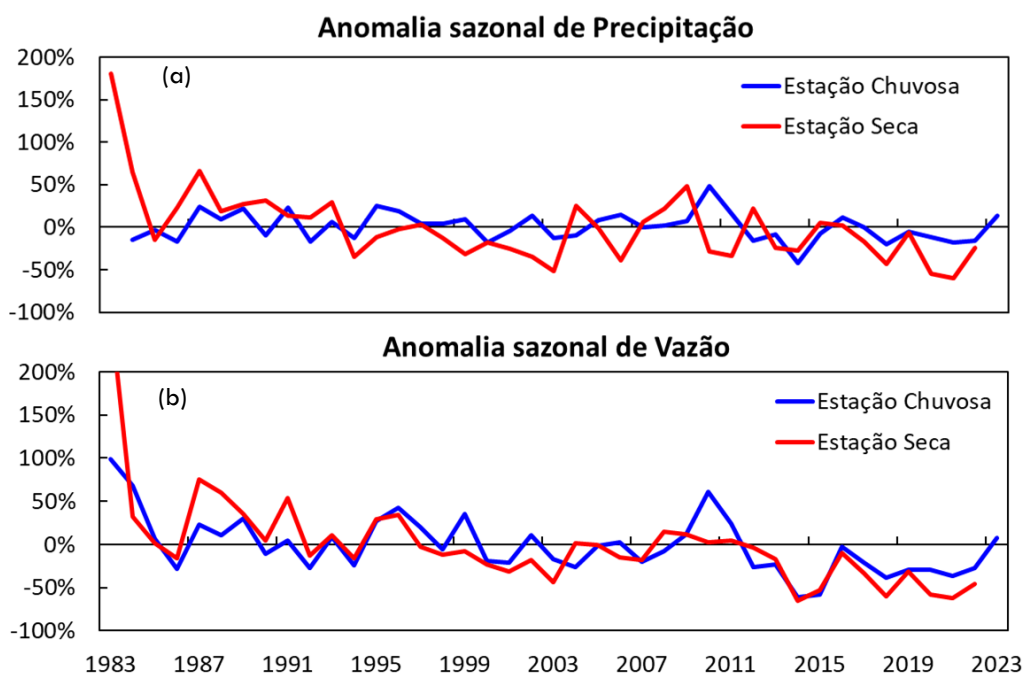


Figura 5. Anomalia sazonal de precipitação (a) e de vazão (b) para o Sistema Cantareira, entre janeiro de 1983 a março de 2023. As linhas vermelha e azul correspondem ao período chuvoso e seco, respectivamente.

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 6**. O Sistema operou no dia 31 de março de 2023 com, aproximadamente, 82% 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 13% em relação ao final do mês anterior e uma situação significativamente melhor que no mesmo período do ano de 2022 (45%). Adicionalmente, representa uma condição melhor ao apresentado no período pré-crise, em março de 2013 (62%), além de ser o maior volume já registrado após a crise hídrica de 2014 (**Figura 7**).

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.

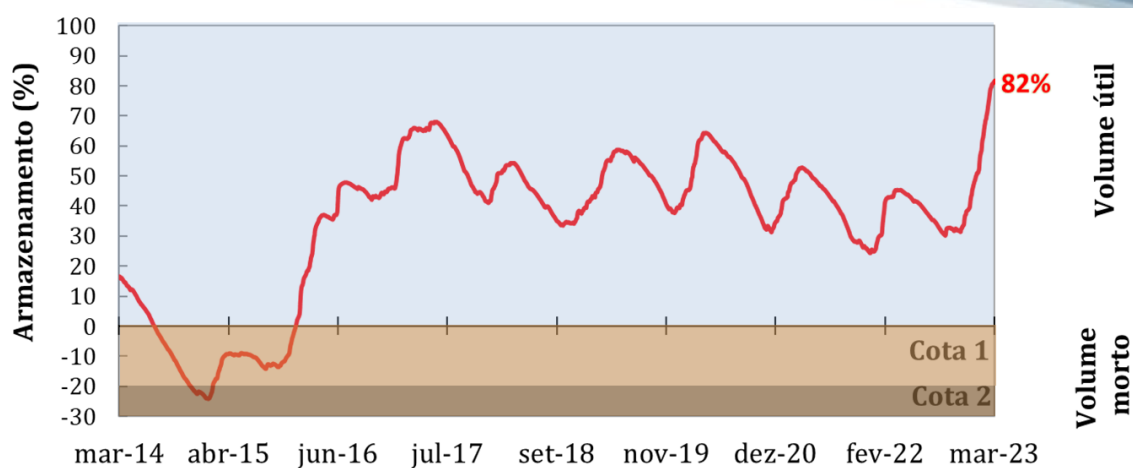


Figura 6. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a março de 2023. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm³). Fonte dos dados: SABESP.

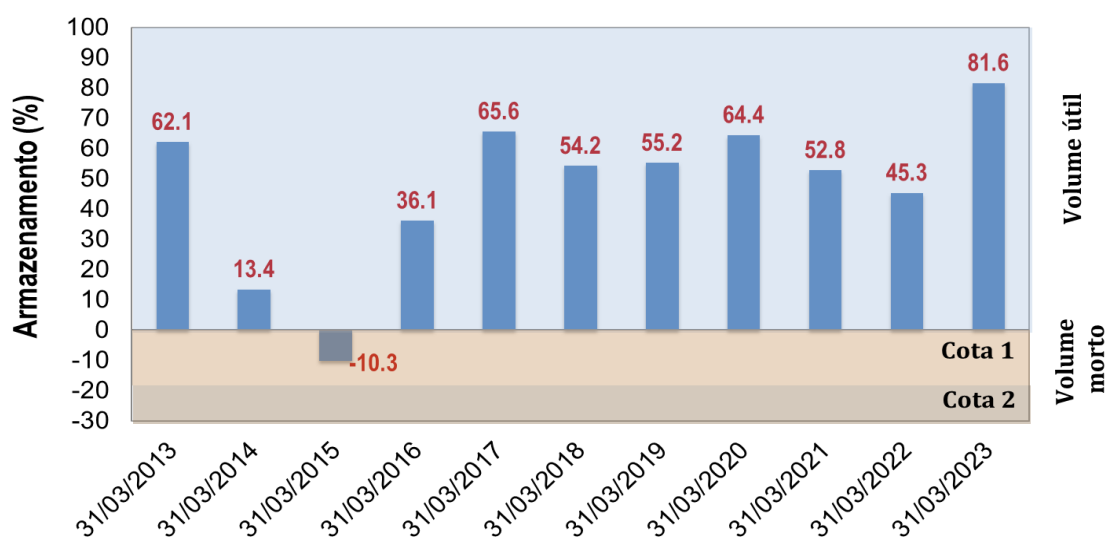


Figura 7. Evolução do volume armazenado (%) nos reservatórios do Sistema Cantareira para o dia 31 de março, dos anos de 2013 a 2023.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra já no período de transição para a estação seca. Em particular, para os próximos 10 dias (**Figura 8**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) apontam a ocorrência de precipitações no âmbito da bacia, totalizando acumulados próximos à média histórica do período, que já é menor em função da época do ano. A tendência para a segunda semana (**Figura 9**), também indica a ocorrência de precipitações com valores próximos à média histórica.

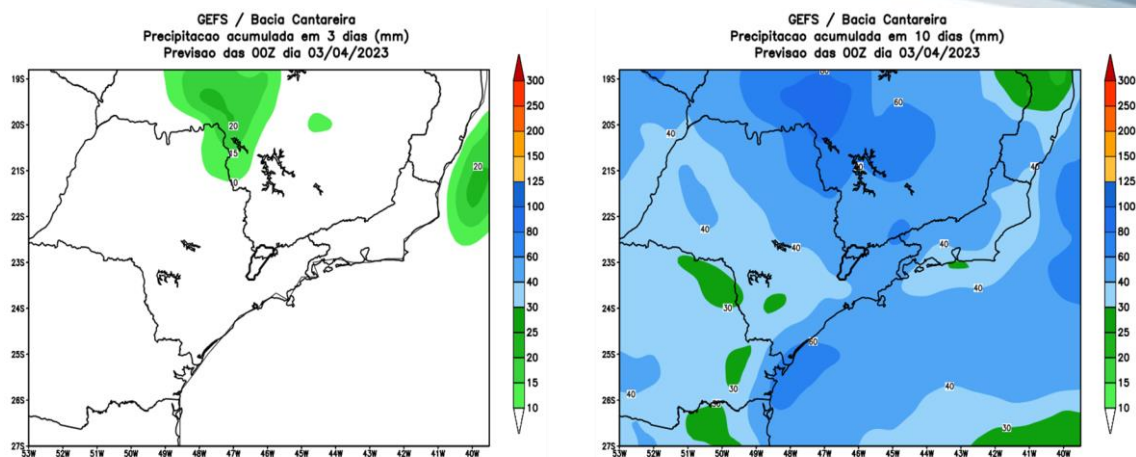


Figura 8. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GENS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta espessa.

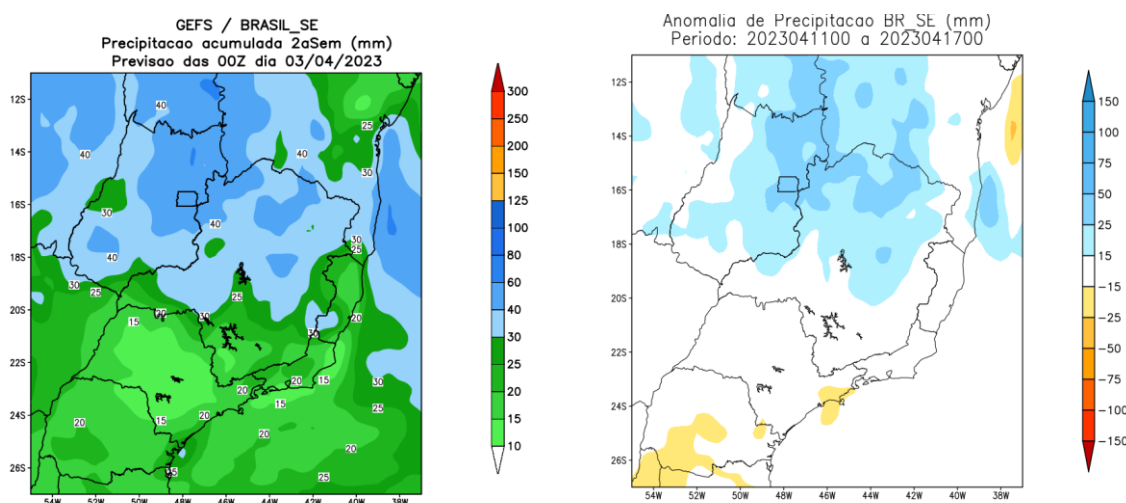


Figura 9. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico GENS/NOAA.

3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias

Na **Figura 10** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (24 de março a 02 de abril de 2023) e previstas (03 a 12 de abril de 2023) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 34 mm. A **Figura 10** (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, 43 m³/s. Esse valor é ligeiramente superior à vazão média histórica para o mês de abril (42m³/s), de acordo com a SABESP.

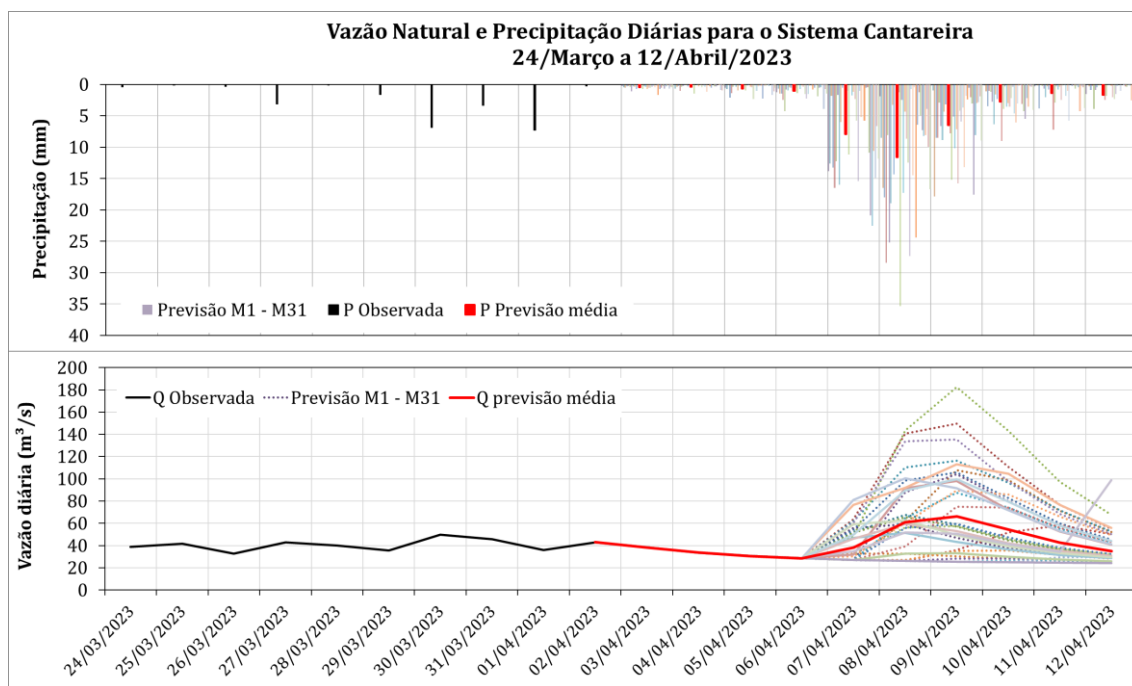


Figura 10. Valores diários de Precipitação (P) e Vazão (Q) para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas 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 11** apresenta as médias mensais de vazão afluente observada e, na sequência, projeções de vazão usando a média dos membros de previsão (03 a 12 de abril de 2023, **Figura 10**) e, a partir do dia 13 de abril 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 (abril a setembro de 2021).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média entre abril e setembro, seria em torno de 29 m³/s, o que representa 99% da média histórica para este período. Adicionalmente, para os cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações projetam vazões da ordem de 23 m³/s (77%) e 18 m³/s (61%), respectivamente. Além disso, em um cenário de precipitação crítica ocorrido em 2021 (valores de 40% em relação a média histórica), o modelo hidrológico aponta vazão média de 21 m³/s, correspondente a 71% da média do período. Por outro lado, em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazão média de 35 m³/s, equivalente a 120% da média histórica deste período. Um resumo de tais valores também podem ser visualizados na **Tabela 1**.

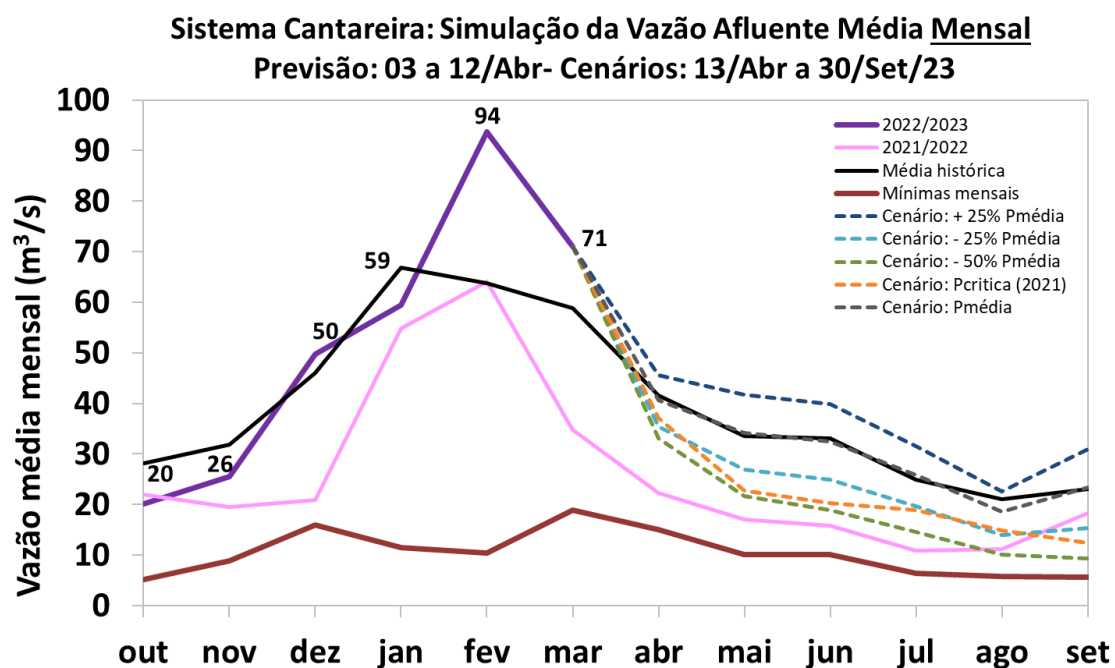


Figura 11. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média histórica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 março de 2023 (roxo).

5. Projeções de armazenamento para os próximos meses

A **Figura 12** apresenta as projeções da evolução do volume útil armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira utilizando: (i) previsão e projeções de vazão afluente da **Figura 10** e **Figura 11**, 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) 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 3,8 m³/s e 1,0 m³/s para estação seca e chuvosa, respectivamente. Os valores médios de Qjus utilizados nessas simulações referem-se aos anos 2016/2017, período que o volume armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira foi o mais próximo (máximo de 68% da capacidade total) ao atual desde a crise hídrica de 2014.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica e a interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha, as projeções indicam que, os reservatórios estariam no final da estação seca 2023, na faixa de operação “Normal”

(armazenamento entre 60% e 100%), com 71% do seu volume útil (**Tabela 01**). Considerando os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria ao final de setembro, nas faixas de operação “Normal” e “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%), com 61% e 53% do volume útil, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações mais otimista, 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 81%, na 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.

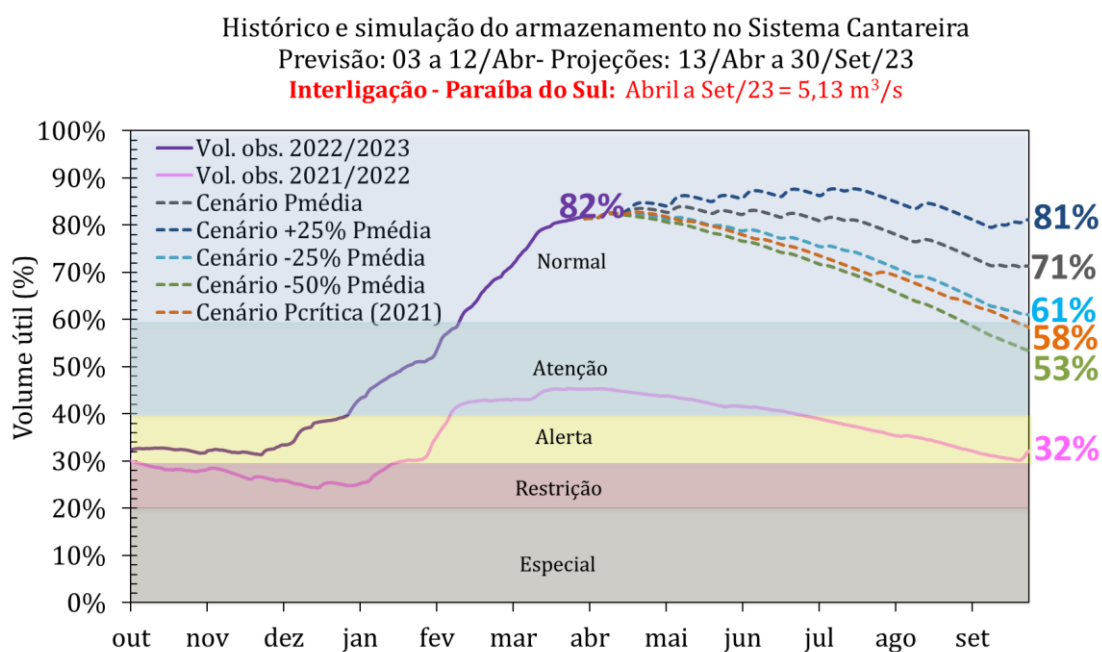


Figura 12. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nestas simulações foi considerado o aporte de 5,13 m³/s com a bacia do Rio Paraíba do Sul, entre o período de abril e setembro. 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 março 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.