

Janeiro de 2023

Ano 09 | número 77

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 janeiro de 2023, e projeções hidrológicas de fevereiro a setembro de 2023. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de janeiro, foi de 52%. Esse valor representa um aumento de 10% em relação ao mês anterior, e uma situação melhor quando comparado ao mesmo período do ano de 2022 (34%). Com a situação atual de armazenamento, os reservatórios do Sistema Cantareira encontram-se na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%)¹, cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é 31 m³/s.

Em janeiro de 2023, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 23 m³/s. Adicionalmente, a precipitação e a vazão no Sistema Cantareira foram equivalentes a 80% e 89% da média histórica do mês, respectivamente. Atualmente, o Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de seca hidrológica “Moderada”, com relação ao Índice Padronizado de Vazão (SSFI) para a escala temporal de 12 meses.

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, nos últimos dois meses chuvosos de 2023 (fevereiro e março), alcançaria 65 m³/s, o que representa um valor 7% 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 68%, na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%). Adicionalmente, para os cenários de chuva 25% abaixo e acima da média histórica, a vazão média entre fevereiro e março seria de, aproximadamente, 85% e 129% da média histórica, respectivamente. Ao passo que, o volume armazenado no sistema, para esses mesmos cenários, alcançaria, no final de março, 61% e 74% (ambos na faixa de operação “Normal”).

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 28 m³/s, o que representa 94% da média histórica. Considerando este mesmo cenário, as projeções indicam que, o

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

reservatório estaria ao final de setembro, com 53% do seu volume útil, na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%). Para os cenários de chuva 25% abaixo e acima da média histórica, a vazão média entre abril e setembro seria de, aproximadamente, 63% e 124% 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 40% e 71%, entre as faixas de operação “Atenção” e “Normal”, respectivamente.

Tabela 01. Projeções de vazão média (de fevereiro a 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 2018)
Janeiro a Fevereiro/2023					
Vazão Afluente (m ³ /s)	42	52	65	79	50
Vazão Afluente (% da MLT)	68%	85%	107%	129%	82%
31/03/2023 (Sem interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	56%	61%	68%	74%	60%
Faixa de operação	Atenção	Normal	Normal	Normal	Normal
Abril a Setembro/2023					
Vazão Afluente (m ³ /s)	12	19	28	37	17
Vazão Afluente (% da MLT)	39%	63%	94%	124%	58%
30/09/2023 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	28%	40%	53%	71%	39%
Faixa de operação	Restrição	Atenção	Atenção	Normal	Alerta

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses chuvosos, de outubro de 2022 a janeiro 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 791 mm (799² mm). Esse valor corresponde a 106% (107%²) da média histórica deste período (744 mm) e 71% (72%²) da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre os meses de outubro a março (1115 mm).

No mês de janeiro, a precipitação acumulada foi de 212 mm (193² mm), equivalente a um valor de 80% (73%²) da média histórica para este mês (264 mm) (**Figura 2**). O sistema Cantareira apresentou, neste mês, condição de seca moderada, de acordo com o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) para a escala temporal de 12 meses (SPI-12 = -1.03) (**Figura 3a**). 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.

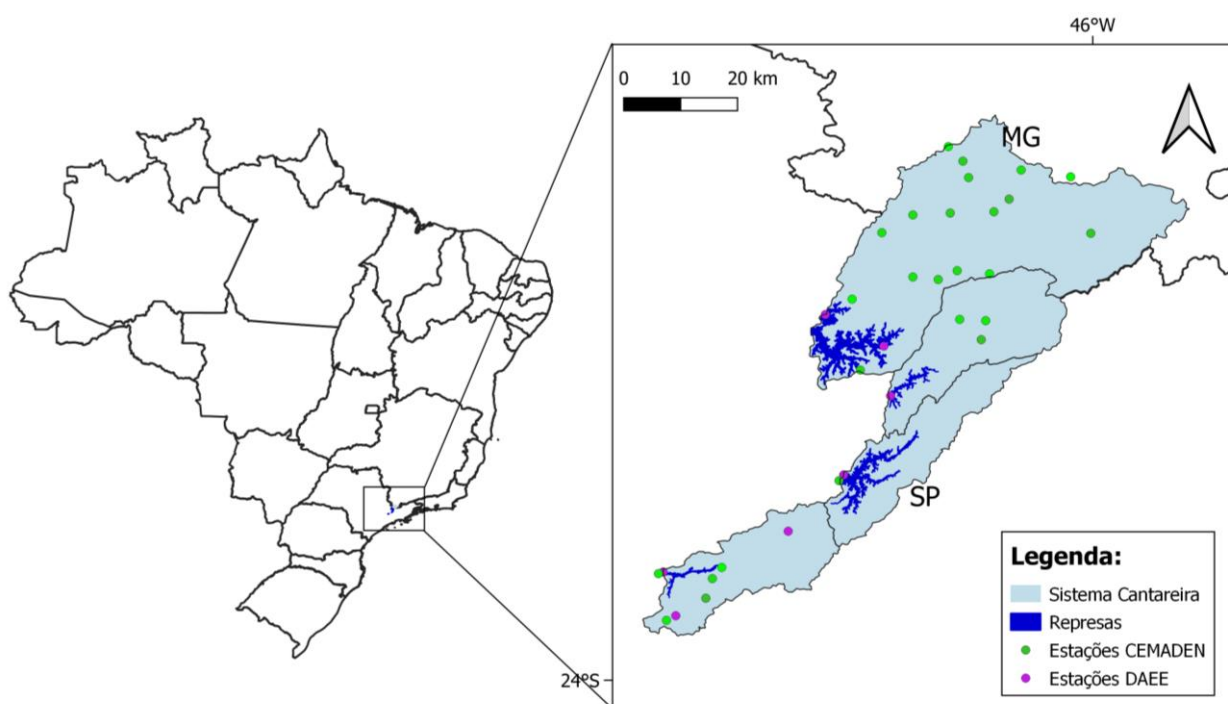


Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias de captação do Sistema Cantareira incluindo Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro (contornos em preto), juntamente com a localização dos pluviômetros operantes nesta região, sendo 26 do CEMADEN (pontos verdes) e 7 do DAEE/ SAISP (pontos magentas).

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

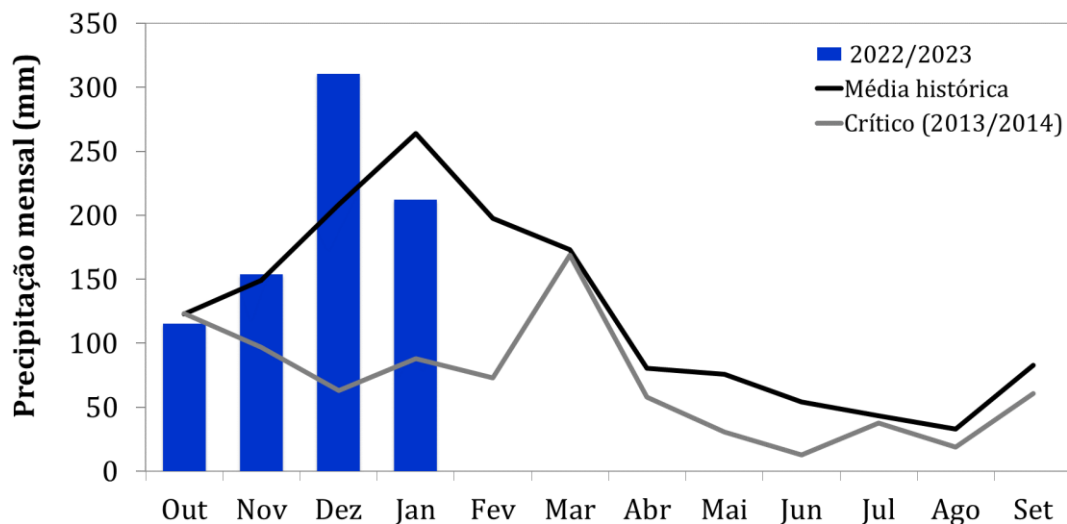


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira, em mm, de acordo com os dados do CEMADEN, entre outubro de 2022 a janeiro de 2023 (barras em azul). Ano hidrológico: outubro – setembro. As linhas em preto e cinza representam, respectivamente, a precipitação média histórica (1983-2022) e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

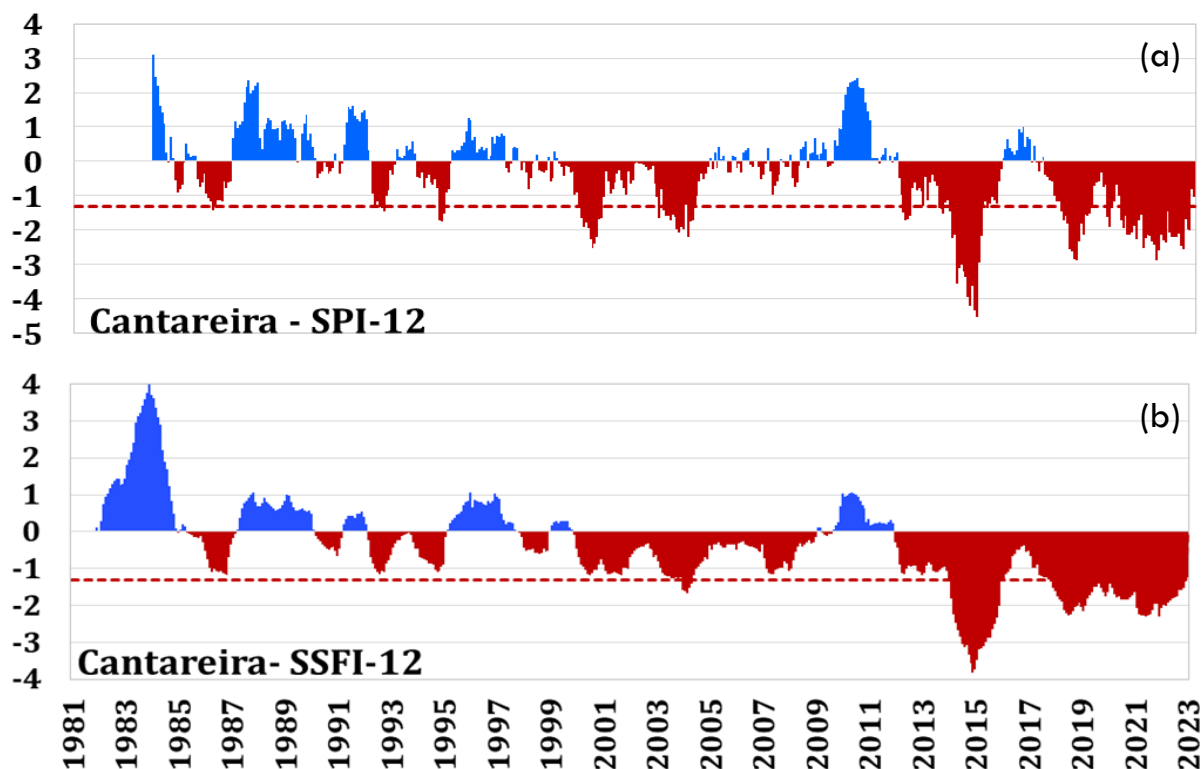


Figura 3. Índice Padronizado de Precipitação - SPI (a) e Índice Padronizado de Vazão - SSFI (b) para o Sistema Cantareira, na escala temporal de 12 meses, referente ao mês de janeiro de 2023. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre a seca hidrológica fraca à moderada e severa à excepcional.

A média de vazão afluyente aos reservatórios do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) nos meses chuvosos de outubro de 2022 a janeiro de 2023, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi, de aproximadamente, 39 m³/s. Esse valor corresponde a, aproximadamente, 91% da média histórica deste período (43 m³/s) e 79% 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 26 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 21 m³/s.

No mês de janeiro, a média de vazão afluyente registrada foi, de aproximadamente, 59 m³/s (**Figura 4**), o que representa, cerca de 89% da média mensal histórica (67 m³/s). O sistema Cantareira apresentou, em janeiro, condição de seca hidrológica moderada (SSFI-12 = -1.23), como é possível observar a partir do Índice Padronizado de Vazão (SSFI), na **Figura 3b**. A condição de seca hidrológica atual no Sistema Cantareira representa uma situação melhor quando comparado ao mês anterior, dezembro de 2022 (seca hidrológica severa). Ressalta-se que o Sistema Cantareira vem enfrentando condições de seca hidrológica desde o início de 2012, à exceção dos meses de agosto a novembro de 2016.

Adicionalmente, em janeiro de 2023 Qesi foi 23 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Região do PCJ), foi 0,9 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 em 2022, que permaneceu inoperante entre 09 de janeiro a 18 de abril, foi desativada novamente a partir de 28 de dezembro.

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

⁴ANA: Agência Nacional de Águas.

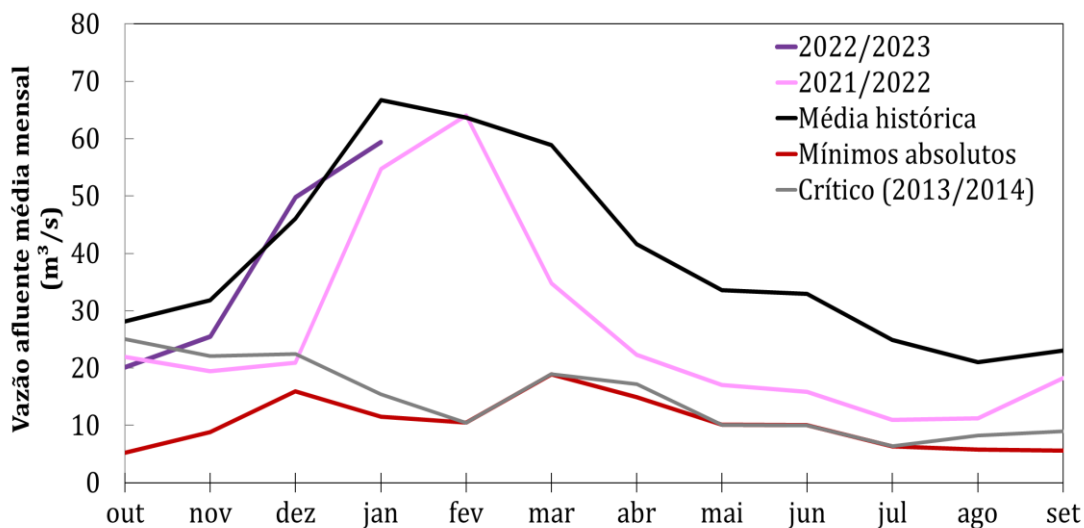


Figura 4. Vazão afluente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1981 – 2022. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente 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 janeiro 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 31 de janeiro de 2023 com 52% do volume útil (982,0 hm³), na faixa de operação “Atenção” (nível de armazenamento entre 40% e 60%), de acordo com o estabelecido pela Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017. O volume atual no Sistema Cantareira caracteriza um aumento de 10% em relação ao final do mês anterior e uma situação melhor que no mesmo período do ano de 2022 (34%). Adicionalmente, representa uma condição similar ao apresentado no período pré-crise, em janeiro de 2013 (52%).

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.

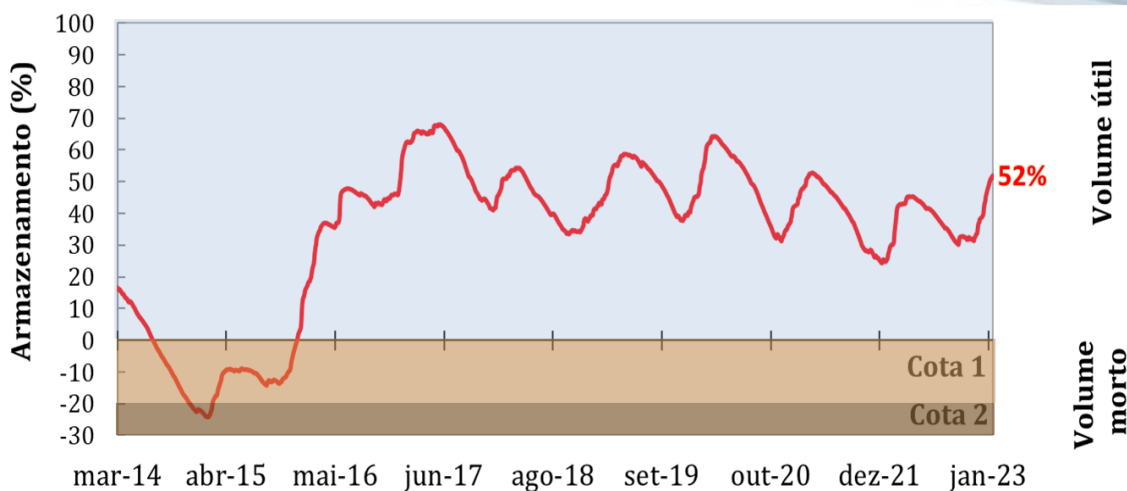


Figura 5. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a janeiro de 2023. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume 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 atualmente no auge da estação chuvosa, que ocorre aproximadamente de outubro a março. Em particular, para os próximos 10 dias (**Figura 6**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) apontam a ocorrência de precipitações abundantes e generalizadas no âmbito da bacia, principalmente em forma de pancadas, totalizando acumulados próximos ou ligeiramente 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 à média histórica.

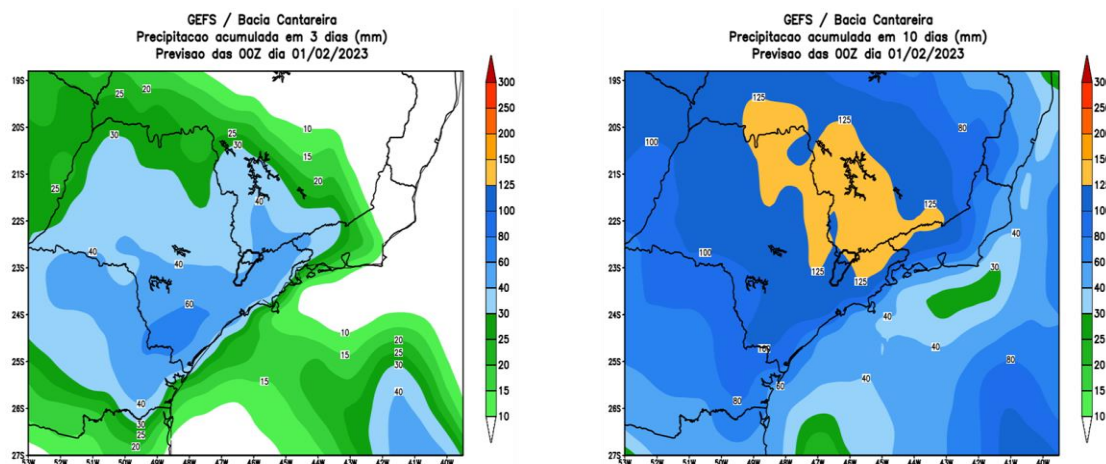


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GENS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

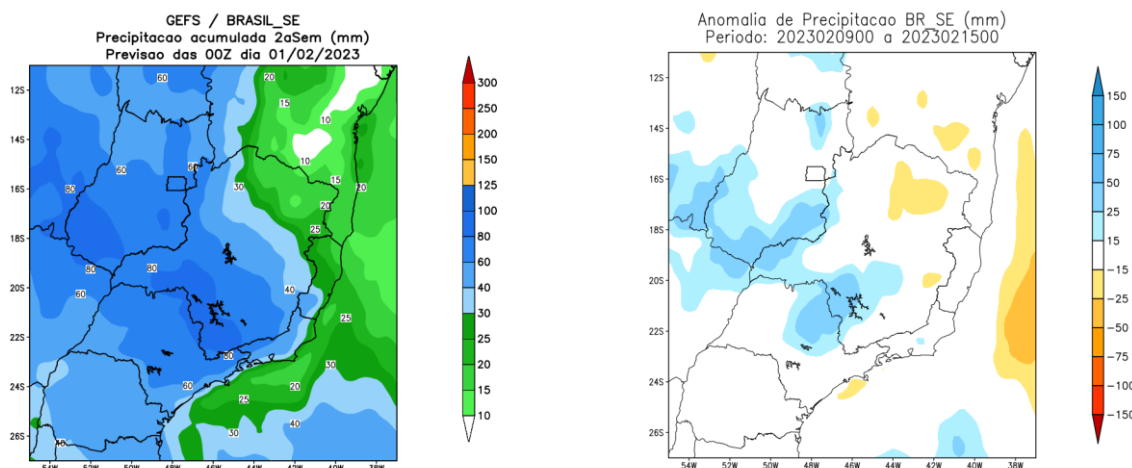


Figura 7. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico GENS/NOAA.

3. Previsão de vazão afluyente para os próximos dias

Na **Figura 8** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (22 a 31 de janeiro de 2023) e previstas (01 a 10 de fevereiro de 2023) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 97 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, 74 m³/s. Esse valor é superior à vazão média histórica para o mês de fevereiro (64 m³/s), de acordo com a SABESP.

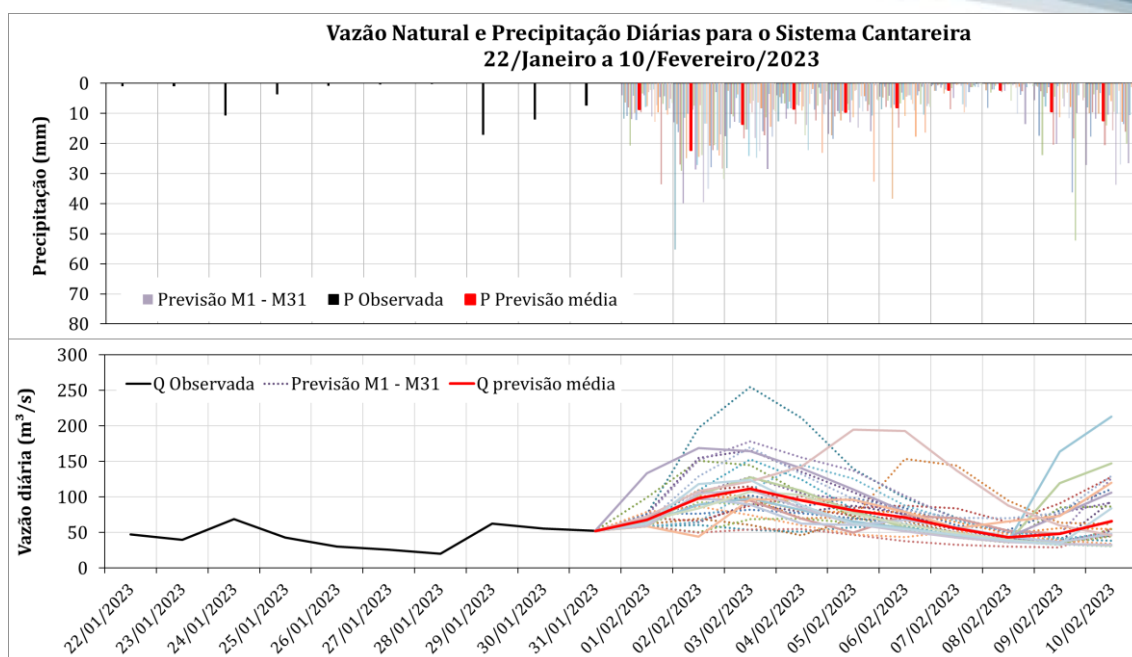


Figura 8. Valores diários de Precipitação (P) e Vazão (Q) para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas 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 fevereiro de 2023, **Figura 8**) e, a partir do dia 11 de fevereiro 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 (fevereiro a setembro de 2018).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média nos últimos dois meses chuvosos de 2023, fevereiro e março, seria de, aproximadamente, $65 \text{ m}^3/\text{s}$, 7% acima da média histórica para este período ($61 \text{ m}^3/\text{s}$). Para esse mesmo intervalo de tempo, considerando cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam vazões da ordem de 85% e 68% da média histórica, respectivamente. No entanto, em um cenário hipotético de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 29% acima da média histórica deste período. Portanto, para os cenários de chuva na média e 25% 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 afluente seria em torno de 28 m³/s, o que representa 94% da média histórica para este período (30 m³/s). Adicionalmente, para os cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam projeções de vazões da ordem de 63% e 39% da média, respectivamente. Em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 24% acima da média histórica deste período.

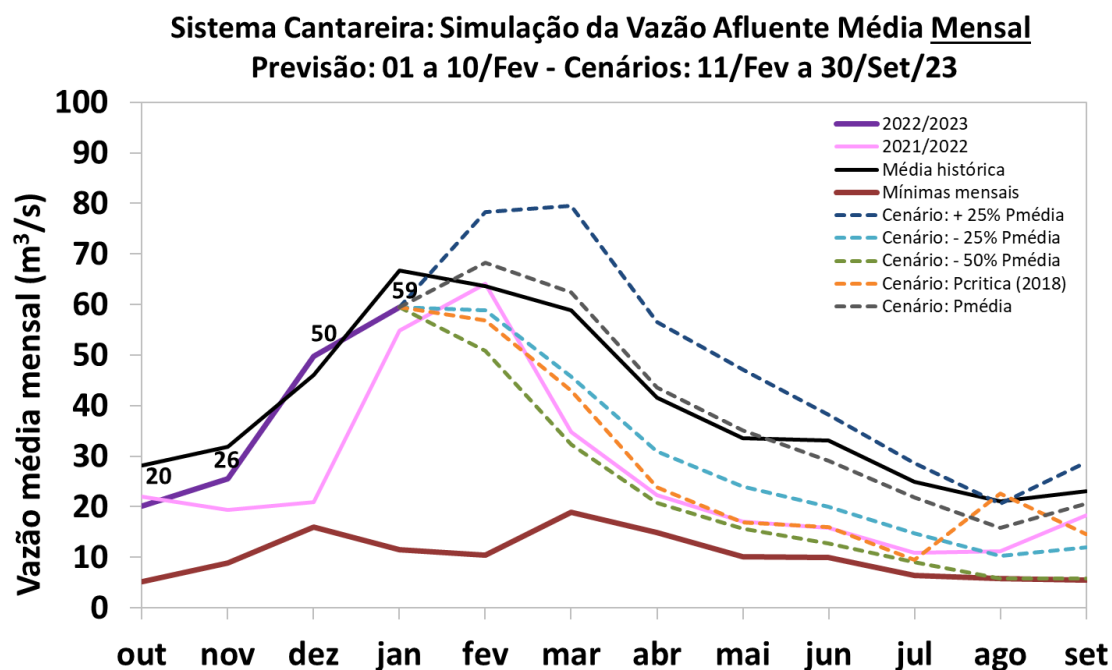


Figura 9. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média histórica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 janeiro 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 afluente 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) com e sem 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 Qjus 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 (**Figura 8a**), as projeções indicam que, os reservatórios estariam no final da estação chuvosa 2023, na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%), com 68% do seu volume útil (**Tabela 01**). Considerando os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria ao final de março, nas faixas de operação variando entre “Normal” e “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%), com 61% e 56% do volume útil, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 74%, também na faixa de operação “Normal”.

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 “Atenção”, com 53% 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, entre as faixas de operação “Atenção” e “Restrição” (armazenamento entre 20% a 30%), com 40% e 28% do volume útil, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 71%, 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/Fev- Projeções: 11/Fev a 30/Set/23

Interligação - Paraíba do Sul:

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

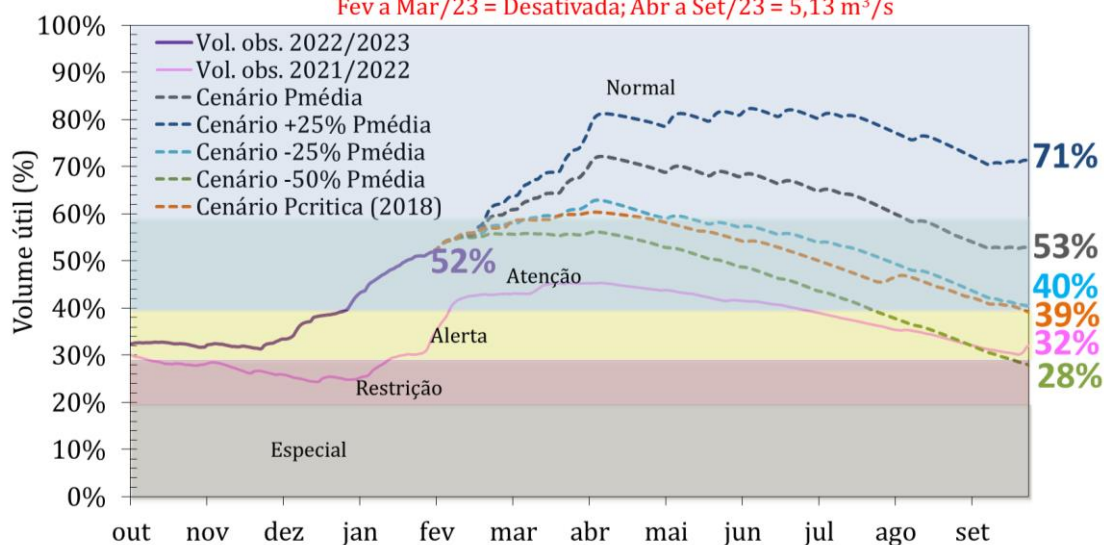


Figura 10. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nestas simulações foi considerada a desativação da vazão de aporte com a bacia do Rio Paraíba do Sul, nos meses chuvosos de fevereiro e março de 2023 e a ativação da mesma, nos meses secos de 2023, entre abril a 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 janeiro 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.