

Outubro de 2023

Ano 09 | número 86

SITUAÇÃO ATUAL E PROJEÇÃO HIDROLÓGICA PARA O SISTEMA CANTAREIRA

Diretora do Cemaden

Regina Célia dos Santos Alvalá

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 outubro de 2023, e projeções hidrológicas de novembro de 2023 a março de 2024. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de outubro, foi de 73%. Esse valor representa um aumento de 6% em relação ao final do mês anterior, e uma situação significativamente melhor quando comparado ao mesmo período do ano de 2022 (32%). 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 outubro de 2023, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 26 m³/s. Ressalta-se que, com o atual nível de armazenamento superior a 60%, a contribuição proveniente do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Jaguari, na bacia do rio Paraíba do Sul, para o reservatório do rio Atibainha, integrante do Sistema Cantareira é suspensa, de acordo a Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017.

A precipitação e a vazão registradas no Sistema Cantareira, no mês de outubro, foram equivalentes a 140% e 77% acima da média histórica do mês, respectivamente. Atualmente, o Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de normalidade em relação a seca hidrológica, de acordo com o Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) em ambas as escalas temporais, de 12 e 24 meses. Condição essa melhor à registrada no mês anterior.

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 período de novembro a dezembro de 2023, seria 50 m³/s, o que representa 29% acima da média histórica para este período. Ainda, considerando o cenário de precipitações na média histórica, o modelo hidrológico projeta um armazenamento no sistema, no final de dezembro de 2023, de 81%, na faixa de operação “Normal”. Para um horizonte de tempo maior, entre novembro de 2023 e março de 2024, o modelo indica vazão média de 62 m³/s, correspondente a 16% acima da média histórica e armazenamento no final de março de 2024, de 100%, na faixa de operação “Normal”.

¹ De acordo com a Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017.

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.

Tabela 01. Projeções de vazão média entre o período de novembro de 2023 a março de 2024 e volume armazenado no final de dezembro de 2023 e março de 2024, 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 925/2017.

	Cenários de Precipitação				
	50% abaixo da média histórica	25% abaixo da média histórica	Média histórica	25% acima da média histórica	Crítico (precipitação de 2013/2014)
Novembro a Dezembro/2023					
Vazão Afluente (m ³ /s)	27	38	50	63	26
Vazão Afluente (% da MLT)	68%	97%	129%	162%	68%
31/12/2023 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	68%	74%	81%	87%	68%
Faixa de operação	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Novembro/2023 a Março/2024					
Vazão Afluente (m ³ /s)	24	41	62	84	25
Vazão Afluente (% da MLT)	45%	77%	116%	156%	47%
31/03/2024 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	58%	80%	100%	100%	61%
Faixa de operação	Atenção	Normal	Normal	Normal	Normal

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses da estação seca de 2023, de abril a setembro, 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 290 mm (295² mm). Esse valor corresponde a, aproximadamente, 79% (80%²) da média histórica deste período (370 mm).

No mês de outubro de 2023, início da estação chuvosa na região, a precipitação acumulada foi de 295 mm (302² mm), equivalente a um valor de, aproximadamente, 140% (145%²) acima da média histórica para este mês (123 mm) (**Figura 2**).

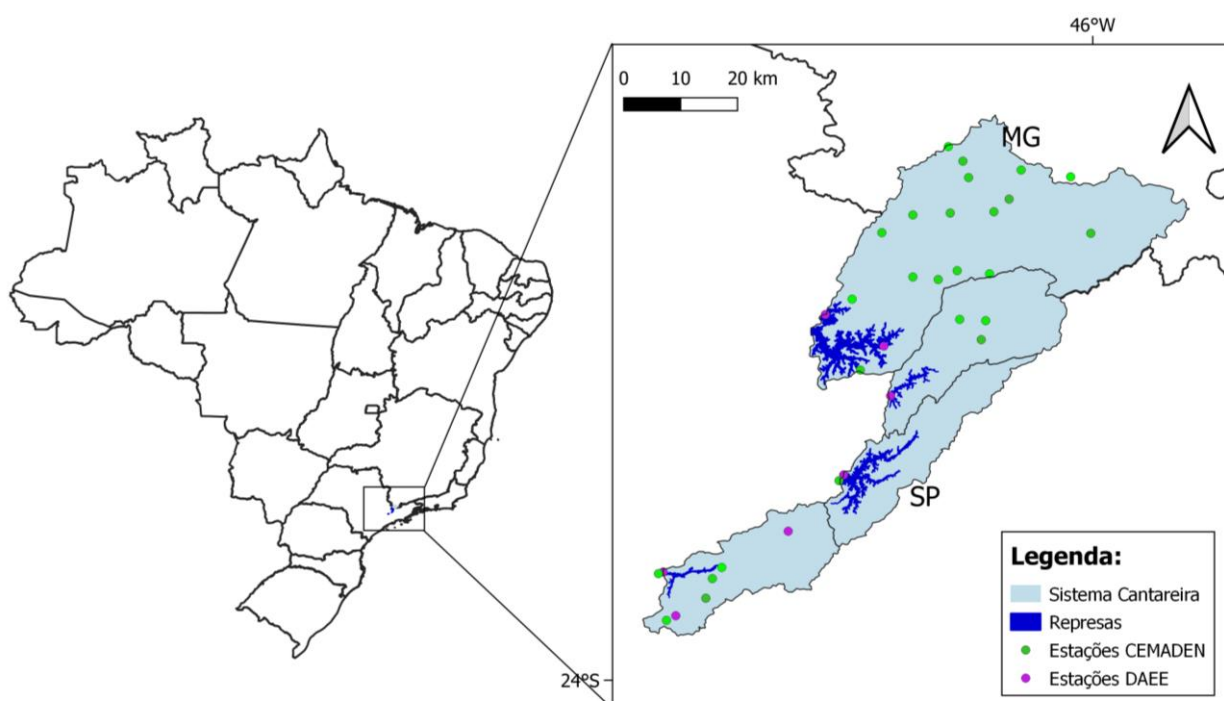


Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias de captação do Sistema Cantareira incluindo Jaguari-Jacaré, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro (contornos em preto), juntamente com a localização dos pluviômetros operantes nesta região, sendo 21 do CEMADEN (pontos verdes) e 7 do DAEE/ SAISP (pontos magentas).

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

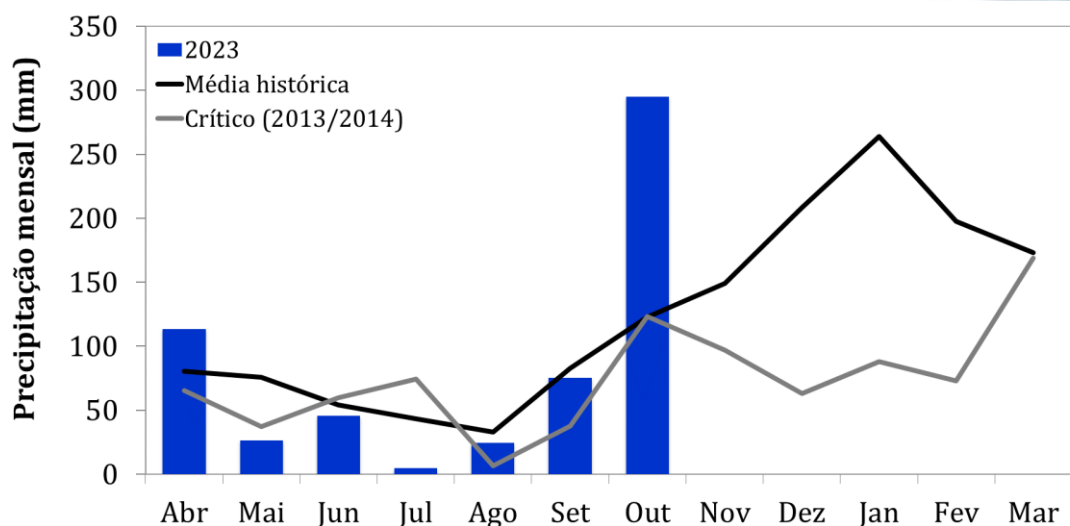


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira, em mm, de acordo com os dados do CEMADEN, entre abril e outubro de 2023 (barras em azul). Ano hidrológico: outubro – setembro. As linhas em preto e cinza representam, respectivamente, a precipitação média histórica (1983-2022) e a precipitação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

A média de vazão afluyente aos reservatórios do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro), na estação seca de 2023, compreendida entre abril e setembro de 2023, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi, de aproximadamente, 24 m³/s. Esse valor corresponde a, aproximadamente, 81% da média histórica deste período (30 m³/s). Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 33 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 25 m³/s.

No mês chuvoso correspondente a outubro de 2023, a média de vazão afluyente registrada foi, de aproximadamente, 50 m³/s (**Figura 4**), o que representa, cerca de 77% acima da média mensal histórica (28 m³/s). O Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de normalidade em relação a seca hidrológica, de acordo com o Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) para as escalas temporais de 12 e 24 meses (TSI-12 = 0,25; TSI-24 = -0,43) (**Figura 3a e 3b**). Ainda de acordo com o TSI, a atual condição no Sistema Cantareira representa uma desintensificação da seca em relação ao mês anterior (de normal a seca fraca). Ressalta-se que, apesar da condição atual de normalidade, o Sistema Cantareira enfrentou condições de seca hidrológica crítica, variando de fraca a excepcional, desde o início de 2012, à exceção dos meses entre maio e 2016 e maio de 2017.

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

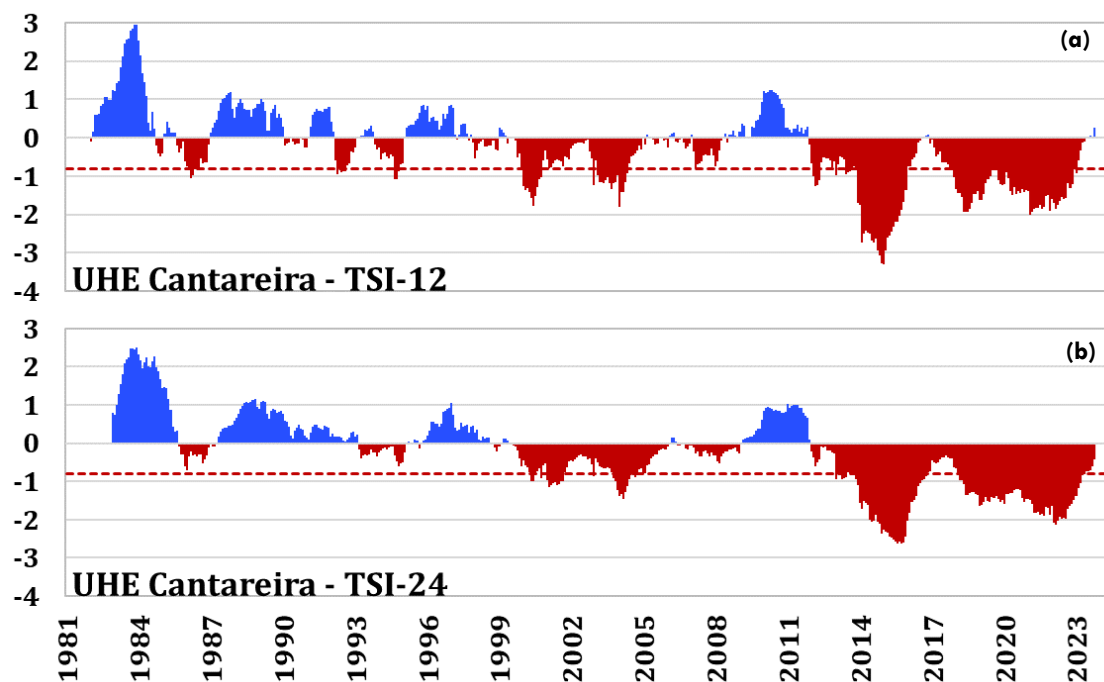


Figura 3. Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) para o Sistema Cantareira, nas escalas temporais de 12 e 24 meses, entre janeiro de 1981 a outubro de 2023. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre a seca hidrológica fraca à excepcional.

Adicionalmente, em outubro de 2023, Qesi foi de, aproximadamente, $26 \text{ m}^3/\text{s}$, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Região do PCJ), foi de $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de, aproximadamente, $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Neste mês, o aporte proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, manteve-se desativado, uma vez que, o armazenamento foi superior a 60% da capacidade total (em acordo com a Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017). Ressalta-se que, a interligação foi suspensa em 27 de dezembro de 2022, quando o volume registrado nos reservatórios do Sistema Cantareira era de 39% da capacidade total.

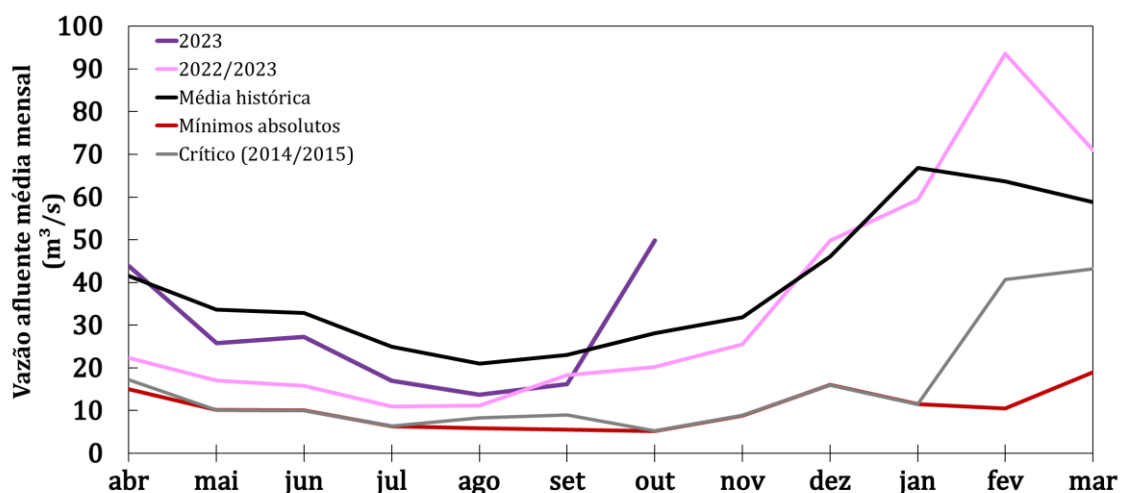


Figura 4. Vazão afluente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1981 – 2022. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente às vazões médias mensais: de abril de 2014 a março de 2015, representando o período crítico do histórico; de abril de 2022 a março de 2023; e de abril a outubro de 2023. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução do nível diário 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 outubro de 2023 com, aproximadamente, 73% do volume útil (716 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 uma elevação de 6% em relação ao final do mês anterior e uma situação significativamente melhor que no mesmo período do ano de 2022 (32%, na faixa de operação “Alerta”). Adicionalmente, representa uma condição melhor ao apresentado no período pré-crise, em outubro de 2013 (37%), como pode ser observado na **Figura 6**.

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.

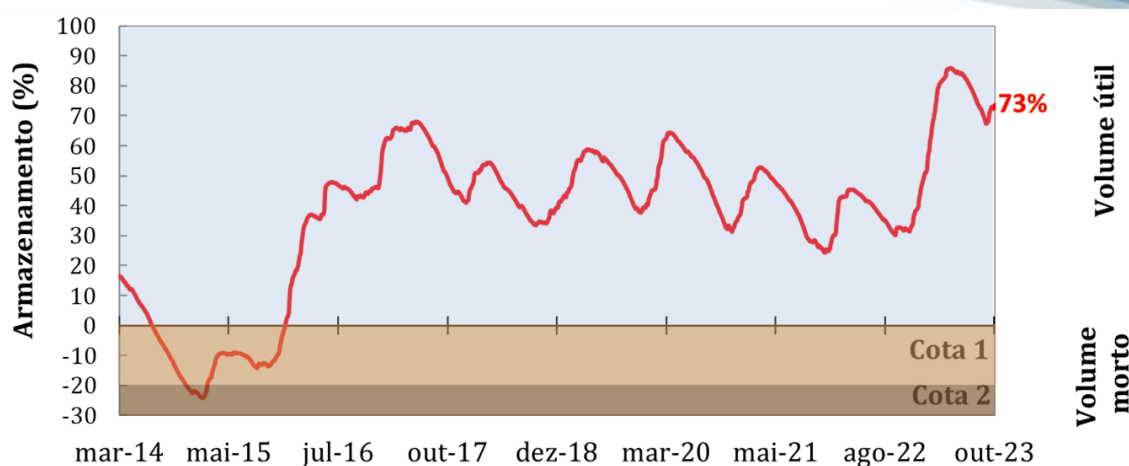


Figura 5. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a outubro de 2023. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume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

Evolução do volume armazenado no Sistema Cantareira (2010-2023)

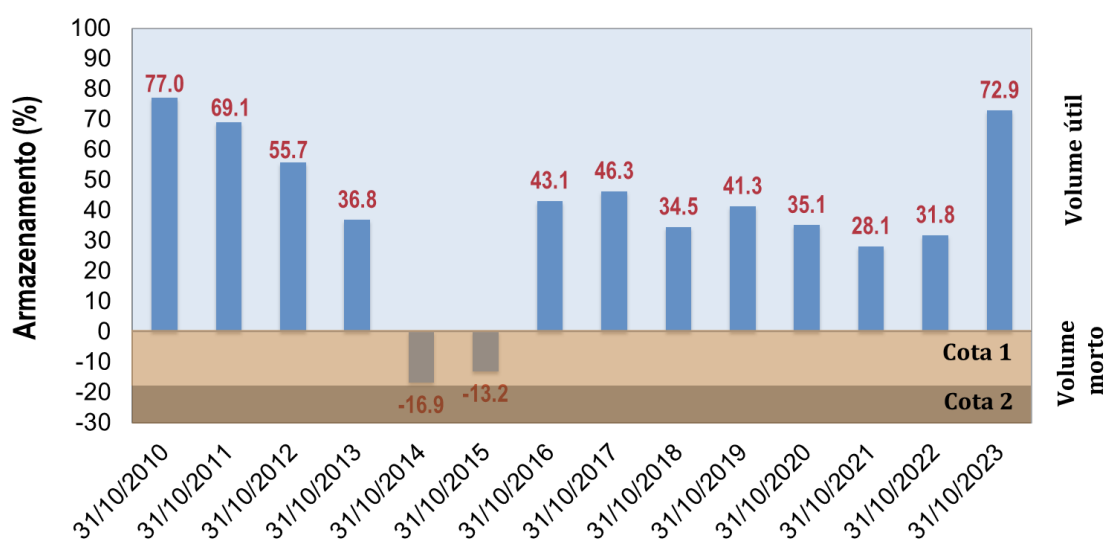


Figura 6. Evolução do volume armazenado (%) nos reservatórios do Sistema Cantareira para o dia 31 de outubro, dos anos de 2010 a 2023.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se já encontra no período chuvoso. Contudo, é importante ressaltar que o início antecipado da estação chuvosa não garante a qualidade (volume, duração, entre outros) da quadra chuvosa como um todo. Por outro lado, as precipitações na região de captação do Sistema Cantareira não são influenciadas, pelo menos de forma clara, pelo fenômeno do “El Niño”, atualmente em curso.

Em particular, para os próximos 10 dias (**Figura 7**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) apontam ocorrência de precipitações irregulares na bacia, fundamentalmente em forma de pancadas relativamente localizadas, com volumes totais que estarão, provavelmente, abaixo dos valores médios da época. A tendência para a segunda semana (**Figura 8**), também indica precipitações relativamente irregulares em forma de pancadas e com volumes totais inferiores à média histórica.

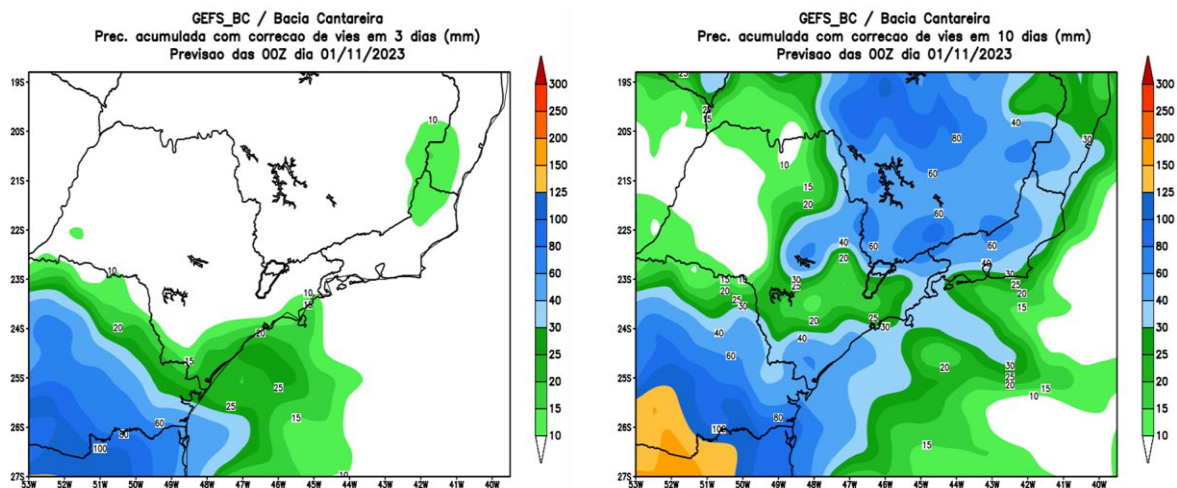


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GENS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta espessa.

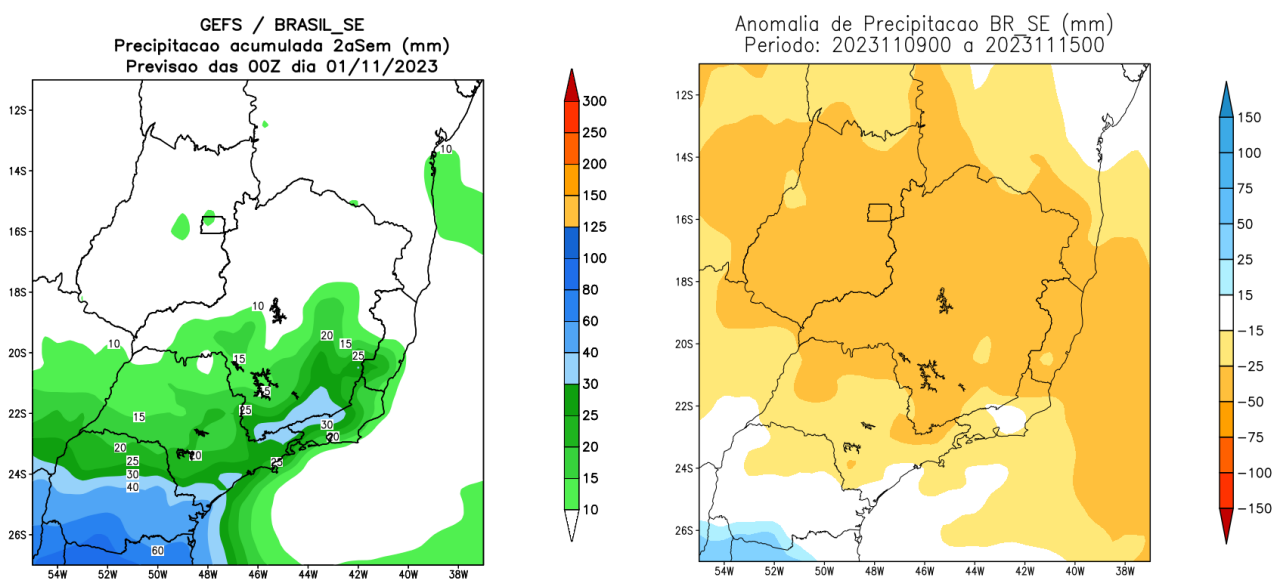


Figura 8. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico GENS/NOAA.

3. Previsão de vazão afluyente para os próximos dias

Na **Figura 9** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (22 a 31 de outubro de 2023) e previstas (01 a 10 de novembro de 2023) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 19 mm. A **Figura 9** (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, 45 m³/s. Esse valor é superior à vazão média histórica para o mês de novembro (32 m³/s), de acordo com a SABESP, como pode ser observado pela linha pontilhada preta da **Figura 9** (inferior).

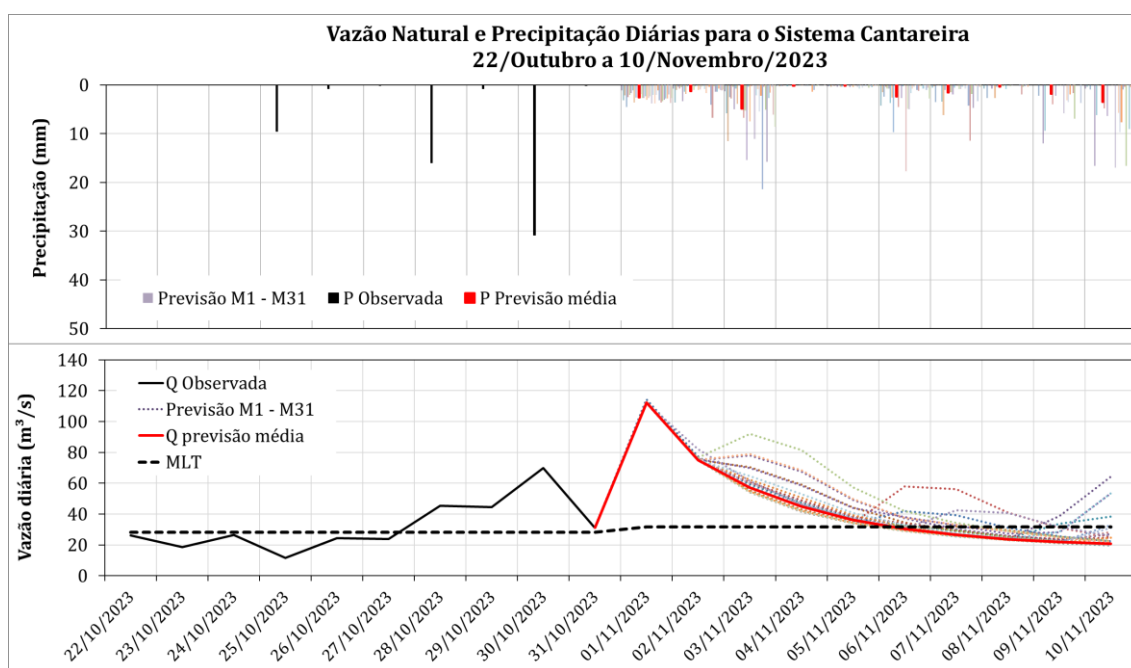


Figura 9. Valores diários de Precipitação (P) e Vazão (Q) para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas representam a média destes membros de previsão. Na figura inferior as linhas pretas contínua e pontilhada representam a vazão diária observada e a vazão média histórica ou Média de Longo Termo (MLT), respectivamente. Adicionalmente, as linhas coloridas correspondem aos 31 membros de previsão de vazão e a linha vermelha corresponde à média destes membros.

4. Projeções de vazão afluyente para os próximos meses

A **Figura 10** apresenta as médias mensais de vazão afluyente observada e, na sequência, projeções de vazão usando a média dos membros de previsão (01 a 10 de novembro de 2023, **Figura 9**) e, a partir do dia 11 de novembro 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 (novembro de 2013 a março de 2014).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluyente média nos últimos dois meses de 2023, novembro e dezembro, seria em torno de $50 \text{ m}^3/\text{s}$, o que representa 29% acima 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 $38 \text{ m}^3/\text{s}$ (97%) e $27 \text{ m}^3/\text{s}$ (68%), respectivamente. Além disso, no cenário de precipitação crítica, ocorrido em 2013, o modelo hidrológico aponta vazão média de $26 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondente a 68% da média do período. Por outro lado, em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazão média de $63 \text{ m}^3/\text{s}$, equivalente a 62% acima da média histórica deste período. Um resumo de tais valores também podem ser visualizado na **Tabela 1**.

Considerando um horizonte de tempo maior, de novembro de 2023 a março de 2024, de acordo com as projeções, para o cenário de chuva na média histórica, a vazão afluyente seria em torno de $62 \text{ m}^3/\text{s}$, o que representa 16% acima da média histórica para este período. Nos cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam projeções de vazões da ordem de $41 \text{ m}^3/\text{s}$ (77%) e $24 \text{ m}^3/\text{s}$ (45%) da média, respectivamente. Em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazão média de $84 \text{ m}^3/\text{s}$, caracterizando um valor de 56% acima da média histórica deste período.

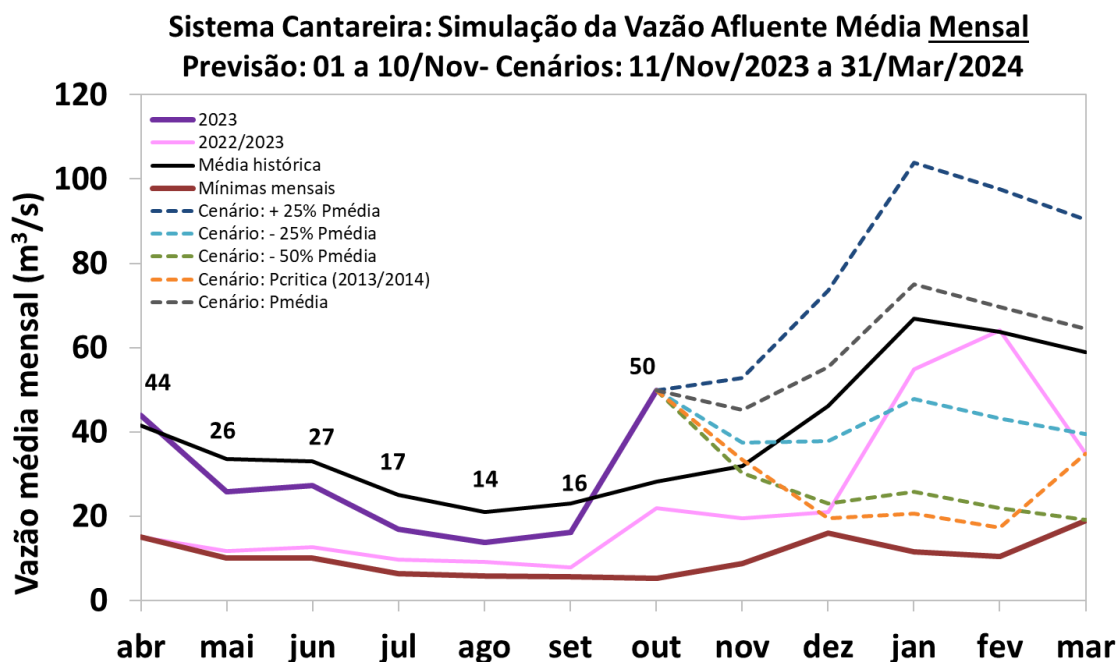


Figura 10. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média histórica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 abril de 2022 a março de 2023 (magenta); e série de abril a outubro 2023 (roxo).

5. Projeções de armazenamento para os próximos meses

A **Figura 11** apresenta as projeções da evolução do volume útil armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira utilizando: (i) previsão e projeções de vazão afluente da **Figura 9** e **Figura 10**, 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 (apenas para volume armazenado inferior a 60% da capacidade total) e; (iv) vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí) de 7,0 m³/s e 3,2 m³/s para estação seca e chuvosa, respectivamente, valores médios referentes ao período de 2022/2023.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica, por exemplo, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final de dezembro de 2023, na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%), com 81% do seu volume útil. Para os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria ao final de dezembro, com 74% e 68% do volume útil, respectivamente, também na faixa de operação “Normal”. Por fim, para o

cenário de precipitações mais otimista, 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado, no final de dezembro, de 87% da capacidade total (**Tabela 01**). Ressalta-se que, em todos os cenários hipotéticos de precipitação, o volume armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de dezembro de 2023, estaria na faixa de operação “Normal” e adicionalmente, numa condição significativamente melhor quando comparado ao mesmo período do ano anterior, 2022 (32%).

Considerando um horizonte de tempo maior, para os cenários hipotéticos de precipitação na média histórica e 25% acima da média histórica, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final do horizonte de projeções (março de 2024), na faixa de operação “Normal”, com 100% do seu volume útil. Nos cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria, ao final de março de 2024, com 80% (faixa de operação “Normal”) e 58% (faixa de operação “Atenção”, armazenamento entre 40% e 60%) do volume útil, respectivamente. Adicionalmente, para o cenário de precipitação crítica, igual ao ocorrido entre novembro de 2013 e março de 2014, o volume projetado pelo modelo hidrológico no final de março de 2024 é de 61% da capacidade total do sistema. Salienta-se que, se chover 25% abaixo na média histórica, nesse mesmo período, o volume no final do horizonte de projeção alcançaria um valor similar ao registrado no mesmo período de 2022 (82%).

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.

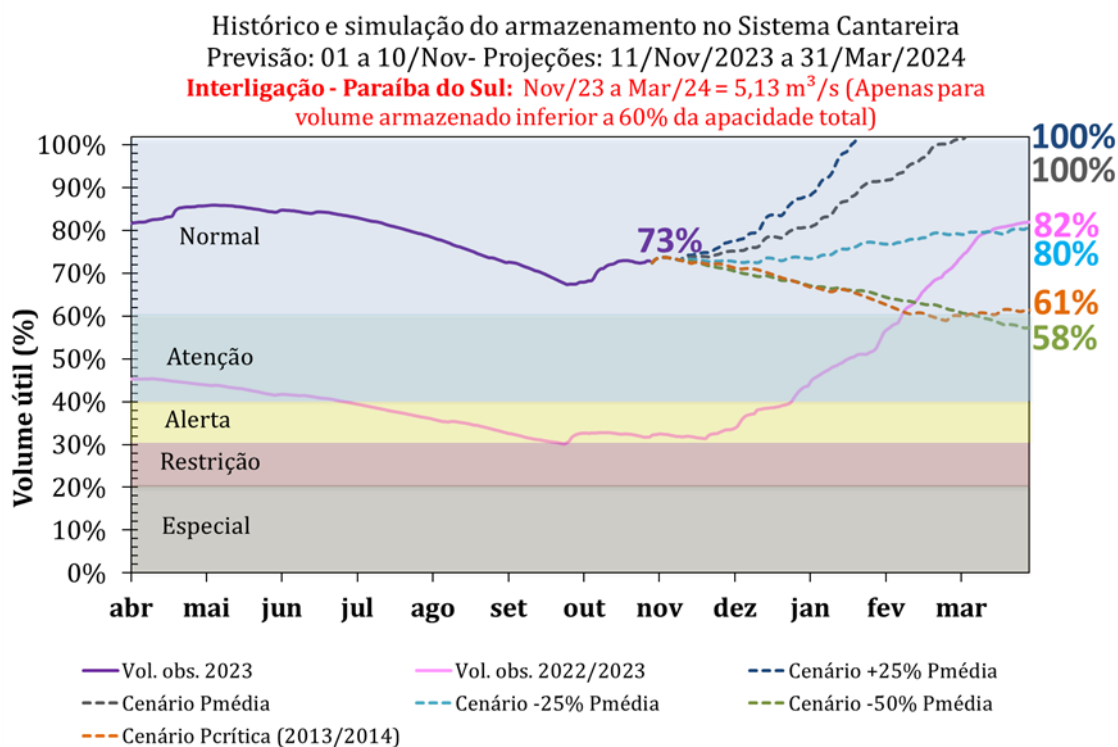


Figura 11. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nessas simulações foi considerada uma vazão de aporte da interligação com a bacia do rio Paraíba do Sul de 5,13 m³/s, entre novembro de 2023 a março de 2024, apenas quando o volume armazenado se manteve inferior a 60% da capacidade total. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira de abril de 2022 a março de 2023 e a linha roxa no período abril a outubro 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.