

Agosto de 2024

Ano 10 | número 96

SITUAÇÃO ATUAL E PROJEÇÃO HIDROLÓGICA PARA O SISTEMA CANTAREIRA

Diretora Substituta 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

Marcelo Seluchi

Giovanni Dolif

Lucas Carvalho Vieira Cavalcante

Elaboração

Elisângela Broedel



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



Sumário Executivo

Esta edição do boletim traz um resumo da situação referente ao mês de agosto de 2024, e projeções hidrológicas de setembro de 2024 a março de 2025. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de agosto, foi de 57% do volume útil total. Esse valor representa uma redução de 5% em relação ao final do mês anterior, e adicionalmente, um patamar inferior comparativamente ao mesmo período do ano de 2023 (73%). 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 31m³/s. Em agosto de 2024, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 28 m³/s. Ressalta-se que, em maio de 2024, após uma longa temporada desativada, 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, voltou a operar, de acordo a Resolução conjunta ANA 1.931/17. Atualmente, a contribuição mensal proveniente dessa interligação entre o Sistema Cantareira e o Paraíba do Sul é de cerca de 7,5 m³/s, de acordo com o Ofício OA 008/2024.

A precipitação e a vazão registradas no Sistema Cantareira, no mês de agosto foram equivalentes a 110% e 62% da média histórica do mês, respectivamente. Atualmente, o Sistema Cantareira encontra-se classificado em seca hidrológica variando de severa a moderada, de acordo com o Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) para as escalas temporais de 6 e 12 meses, respectivamente. Comparativamente ao mês anterior, a atual condição de seca no Sistema Cantareira se manteve estável.

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 seco de 2024, correspondente a setembro, oscilará em torno de 17 m³/s, o que corresponde a 76% da média histórica deste período. Ainda, considerando o cenário de precipitações na média histórica, o modelo hidrológico projeta um armazenamento no sistema, no final de setembro, de 54%, na faixa de operação “Atenção”. Para um horizonte de tempo maior, entre outubro de 2024 e março de 2025, o modelo indica vazão média de 45 m³/s,

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

correspondente a 91% da média histórica, e armazenamento no final de março de 2024, de 76%, 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.

Tabela 01. Projeções de vazões médias entre o período de setembro de 2024 a março de 2025 e volume armazenado no final de setembro de 2024 e março de 2025, 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. Nessas simulações, foi considerado o aporte proveniente da interligação do Sistema Paraíba do Sul para Sistema Cantareira entre os meses de agosto a novembro de 2024, de acordo com a Resolução conjunta ANA 1.931/17 e o Ofício OA 008/2024.

	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)
Seco: Set/24					
Vazão Afluente (m ³ /s)	9	13	17	22	7
Vazão Afluente (% da MLT)	37%	55%	76%	97%	30%
30/09/2024					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	52%	53%	54%	56%	52%
Faixa de operação	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção
Chuvoso: Out/24 a Mar/25					
Vazão Afluente (m ³ /s)	9	23	45	69	13
Vazão Afluente (% da MLT)	19%	46%	91%	139%	25%
31/03/2025					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	24%	42%	76%	100%	29%
Faixa de operação	Restrição	Atenção	Normal	Normal	Restrição

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses secos de 2024, de abril a agosto, 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 119 mm (152² mm). Esse valor corresponde a 42% (53%²) da média histórica deste período (285 mm), e 32% (41%²) da média histórica para a estação seca, compreendida entre os meses de abril a setembro (368 mm).

No mês de agosto, no auge da estação seca de 2024, a precipitação acumulada foi de 36 mm (46² mm), equivalente a um valor de, aproximadamente, 10% (40%²) acima da média histórica para este mês (33 mm) (**Figura 2**).

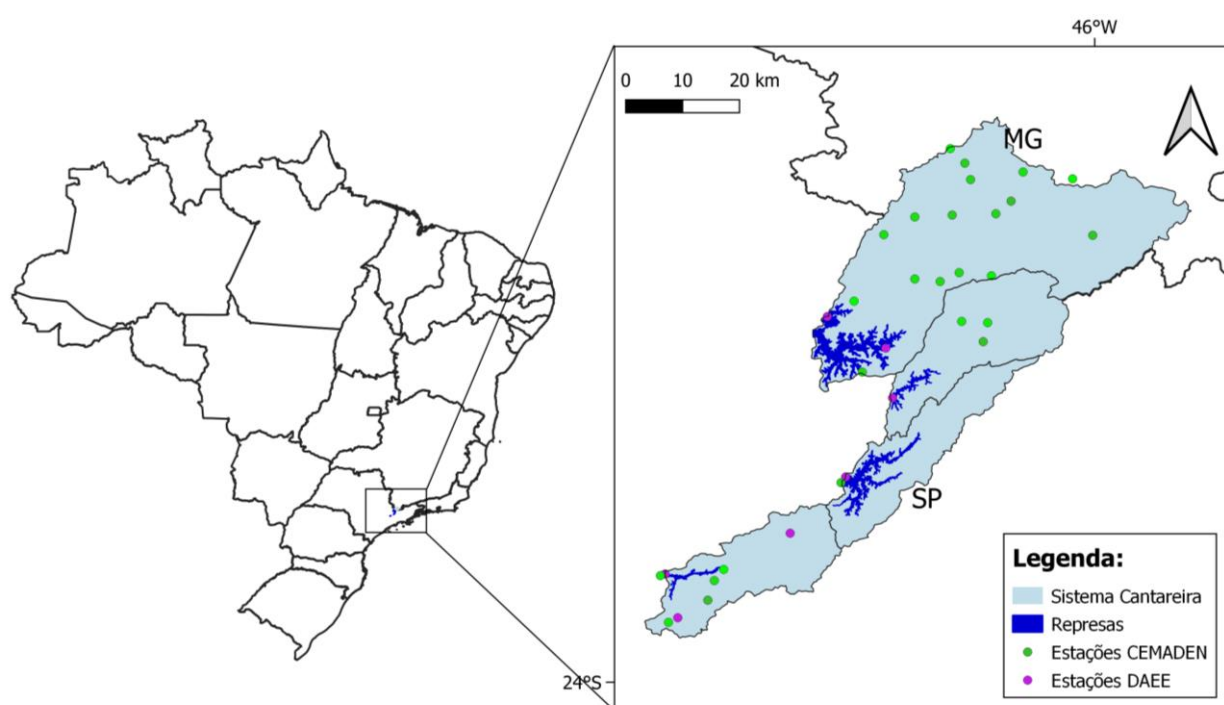


Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias de captação do Sistema Cantareira incluindo Jaguari-Jacaré, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro (contornos em preto), juntamente com a localização dos pluviômetros operantes nesta região, sendo 21 do CEMADEN (pontos verdes) e 7 do DAEE/ SAISP (pontos magentas).

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

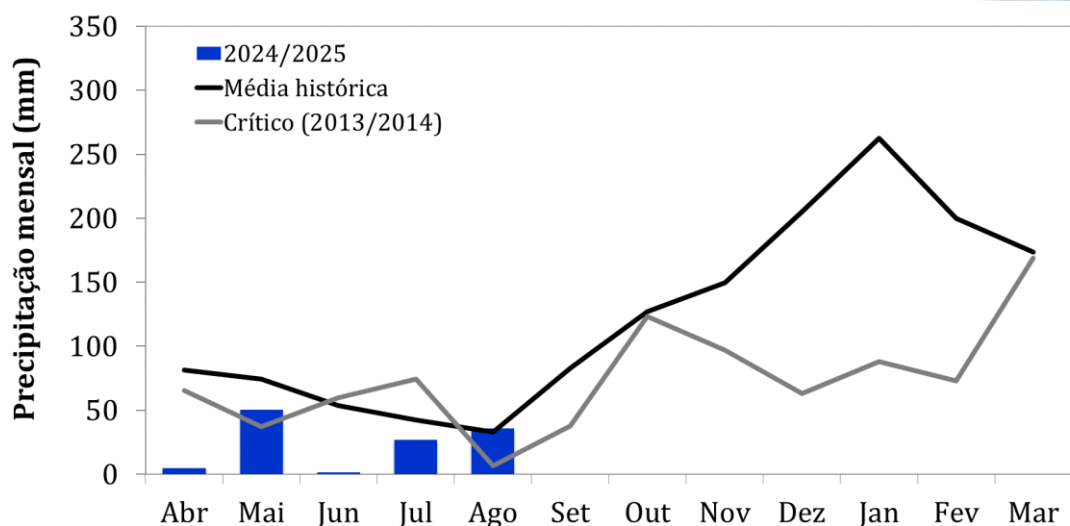


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira, em mm, de acordo com os dados do CEMADEN, entre abril e agosto de 2024 (barras em azul). Ano hidrológico: outubro – setembro. As linhas em preto e cinza representam, respectivamente, a precipitação média histórica (1983-2023) e a precipitação crítica do histórico, compreendida entre abril de 2013 a março de 2014.

A média de vazão afluente aos reservatórios do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro), nos meses secos de 2024, entre abril e agosto, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi, de aproximadamente, 17 m³/s. Esse valor corresponde a, aproximadamente, 55% da média do período (31 m³/s) e 58% da histórica para a estação seca (29 m³/s). Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 37 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 28 m³/s.

No mês de agosto, a vazão média afluente registrada foi, de aproximadamente, 13 m³/s (**Figura 4**), o que representa, cerca de 62% da média mensal histórica (21 m³/s). O Sistema Cantareira encontra-se classificado em condição de seca hidrológica variando de severa à moderada, de acordo com o Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) para as escalas temporais de 6 e 12 meses (TSI-6 = -1,41; TSI-12 = -0,87) (**Figura 3a e 3b**), respectivamente. Ainda de acordo com o TSI, a atual condição no Sistema Cantareira representa uma estabilidade da seca com relação ao mês anterior, em ambas as escalas. Ressalta-se que, embora uma condição de normalidade tenha prevalecido na bacia entre março de 2023 a fevereiro de 2024, o Sistema Cantareira tem enfrentado condições de seca hidrológica crítica desde o início de 2012, variando de fraca a excepcional (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.

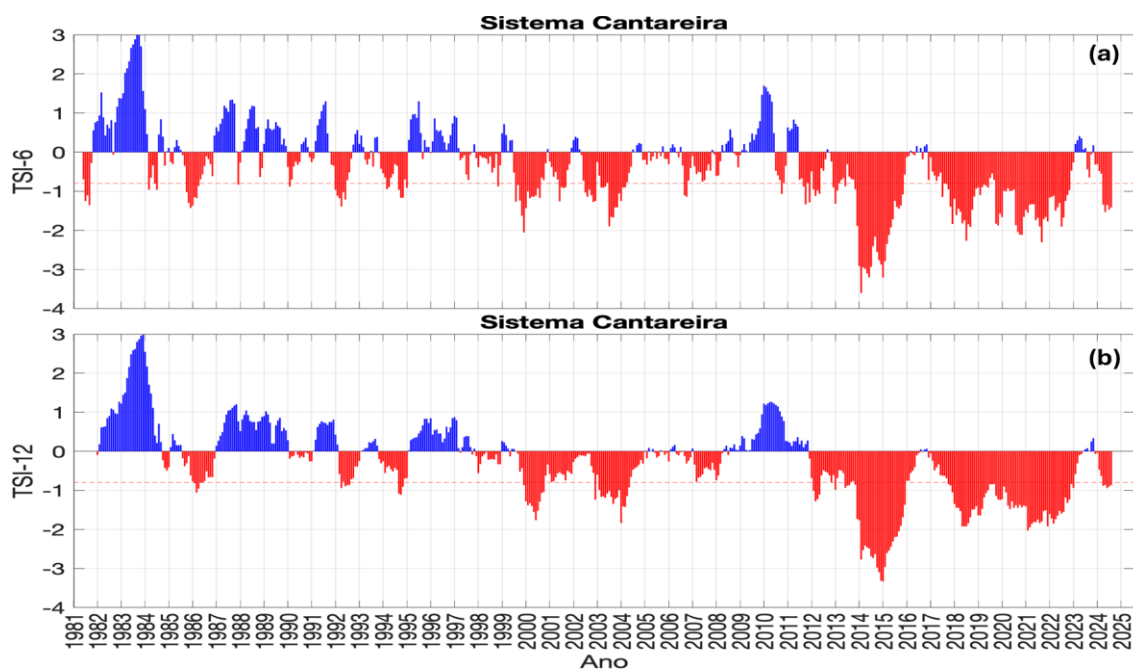


Figura 3. Índice Padronizado Bivariado Precipitação-Vazão (TSI) para o Sistema Cantareira, nas escalas temporais de 6 (a) e 12 (b) meses, entre janeiro de 1981 a agosto de 2024. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre uma condição de seca hidrológica fraca e moderada à excepcional.

Adicionalmente, em agosto de 2024, Qesi foi de, aproximadamente, $28 \text{ m}^3/\text{s}$, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Região do PCJ), foi de, aproximadamente, $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de, aproximadamente, $38 \text{ m}^3/\text{s}$. Esse valor representa, comparativamente ao mês anterior, um aumento equivalente a $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ainda no mês de agosto, o aporte proveniente da interligação foi equivalente a $7,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Ressalta-se que, a interligação que estava suspensa desde 27 de dezembro de 2022, quando o volume registrado nos reservatórios do Sistema Cantareira era de 39% da capacidade total, voltou a operar em 17 de maio de 2024.

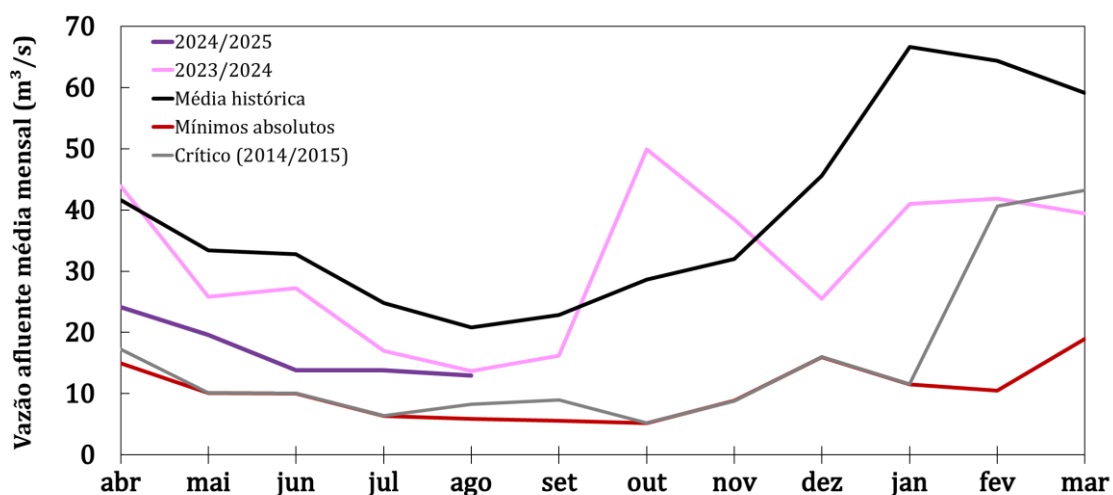


Figura 4. Vazão afluente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1981 - 2023. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente às vazões médias mensais: de abril de 2014 a março de 2015, representando o período crítico do histórico; de abril de 2023 a março de 2024; e de abril a agosto de 2024. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução do nível diário de armazenamento no Sistema Cantareira, entre os anos de 2014 e 2024, considerando o volume útil e as cotas do volume morto⁵ são exibidas na **Figura 5**. O Sistema operou no dia 31 de agosto de 2024 com, aproximadamente, 57% do volume útil total, 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 uma redução de 5% em relação ao final do mês anterior, quando ainda estava classificado na faixa de operação “Normal” (nível de armazenamento entre 60% e 100%). Adicionalmente, representa um patamar inferior comparativamente ao mesmo período do ano de 2023 (73%, na faixa de operação “Normal”). No entanto, comparativamente ao período pré-crise, em agosto de 2013 (47%, na faixa de operação “Atenção”), representa uma condição melhor (**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.

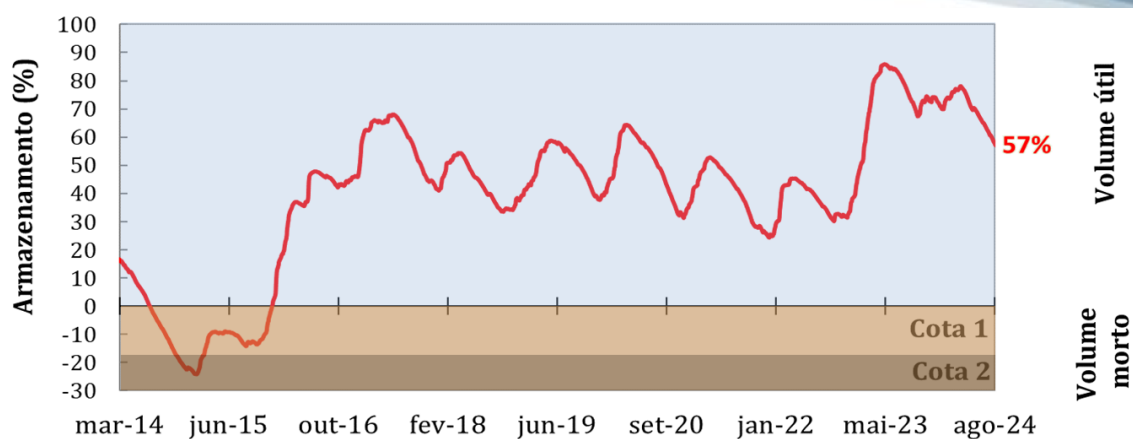


Figura 5. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a agosto de 2024. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm³). Fonte dos dados: SABESP.

Evolução do volume armazenado no Sistema Cantareira (2010-2024)

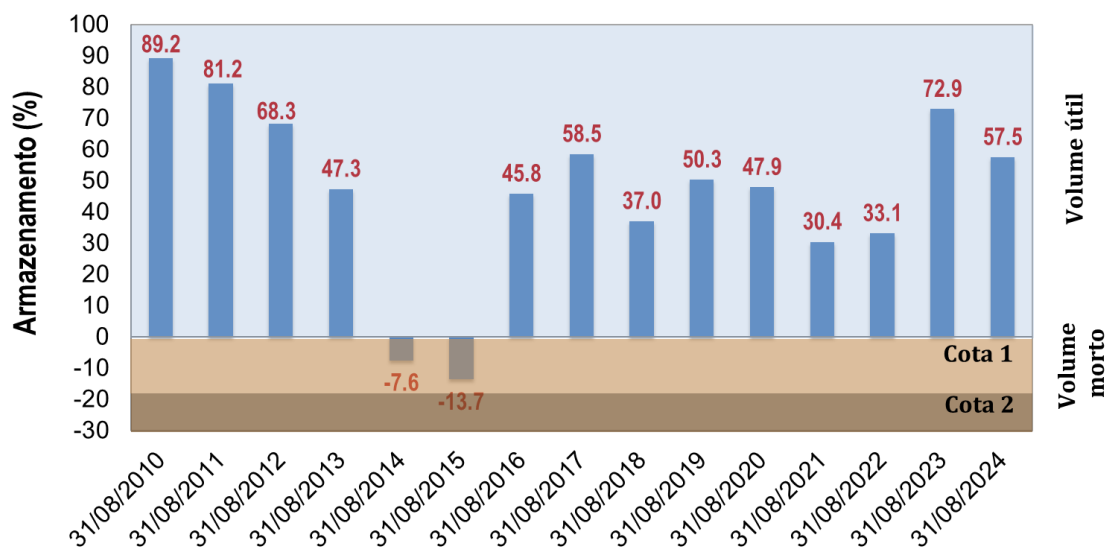


Figura 6. Evolução do volume armazenado (%) nos reservatórios do Sistema Cantareira para o final do mês de agosto, entre os anos de 2010 e 2024.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira ainda está no período seco, caracterizado por chuvas escassas, que ocorrem quase exclusivamente devido à passagem de sistemas frontais. Especificamente, para os próximos 10 dias (**Figura 7**), as previsões baseadas no modelo GEFS/NOAA (50x50 km) indicam a ausência de precipitação na bacia. O mesmo cenário se projeta para a segunda semana (**Figura 8**), sem previsão de início da estação chuvosa no horizonte próximo.

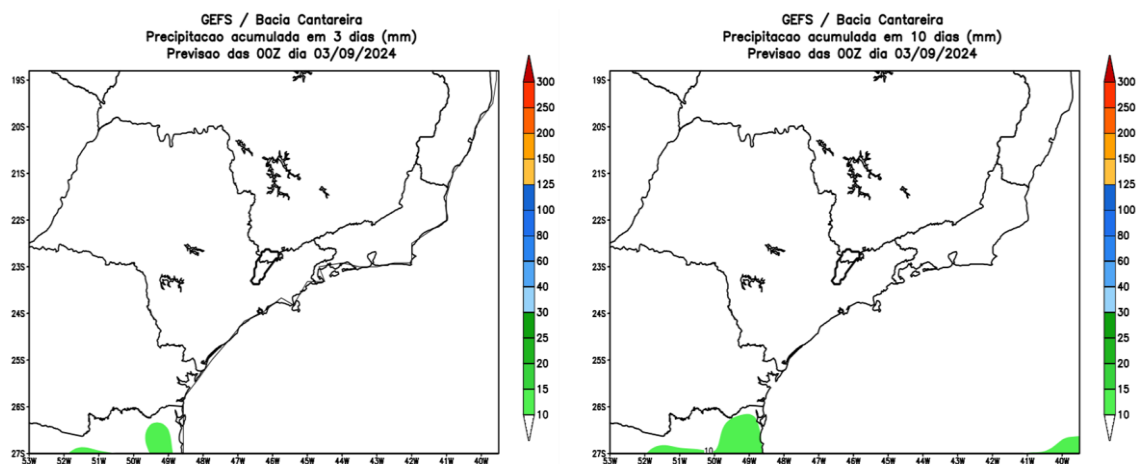


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GENS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

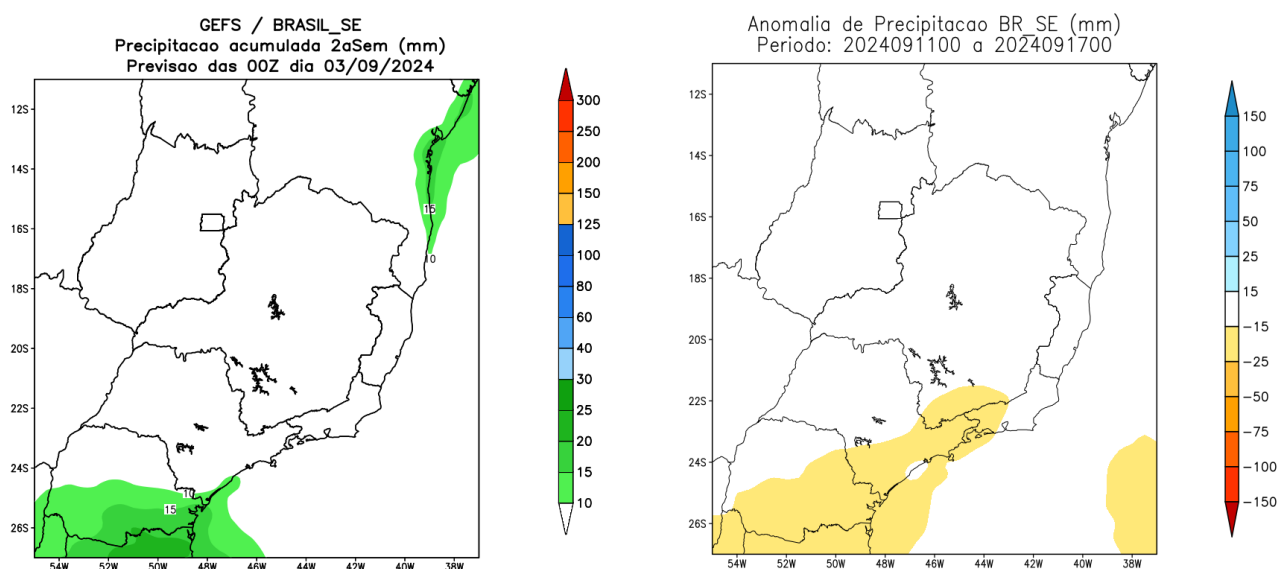


Figura 8. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico GENS/NOAA.

3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias

Na **Figura 9** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (24 de agosto a 02 de setembro de 2024) e previstas (03 a 12 de setembro de 2024) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza apenas 1,4 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, 5 m³/s. Esse patamar de vazão é significativamente inferior à vazão média histórica para o mês de setembro (23 m³/s), de acordo com a SABESP, como pode ser observado pela linha pontilhada preta da **Figura 9** (inferior).

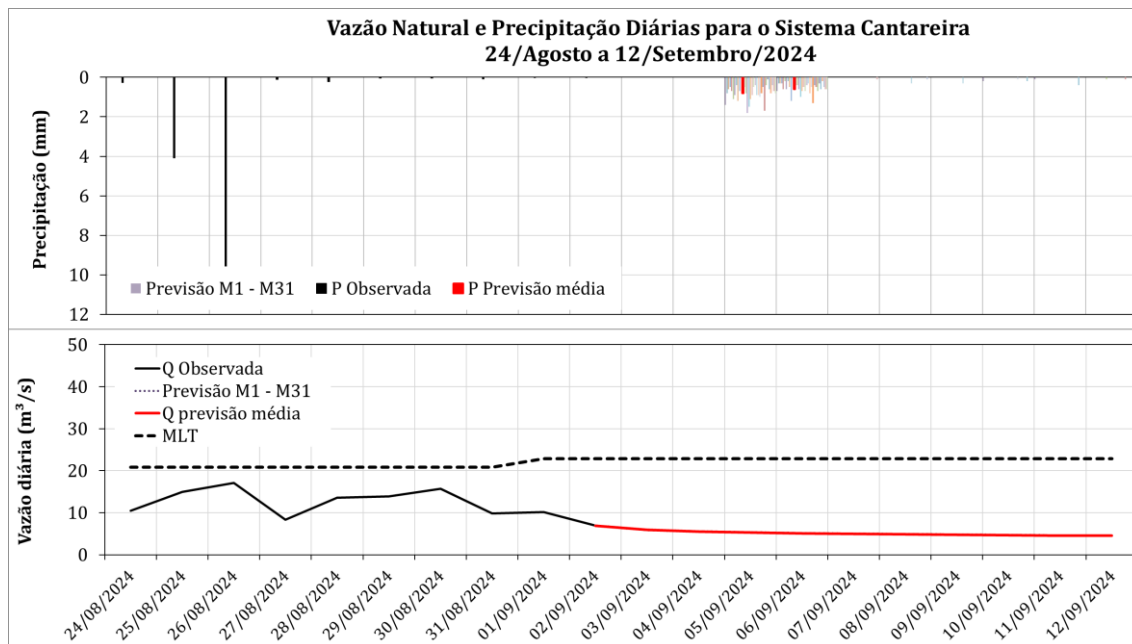


Figura 9. Valores diários de Precipitação (P) e Vazão (Q) para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas representam a média destes membros de previsão. Na figura inferior as linhas pretas contínuas e pontilhadas 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 afluente para os próximos meses

A **Figura 10** 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 setembro de 2024, **Figura 9**) e, a partir do dia 13 de setembro foram considerados cinco cenários hipotéticos de precipitação: média histórica (1981-2023), 25% acima da média, 25% e 50% abaixo da média histórica e cenário crítico (setembro de 2013 a março de 2014, quando choveu 57% da média histórica).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média, correspondente ao último mês seco de 2024, setembro, seria em torno de 17 m³/s, o que representa 76% 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

13 m³/s (55%) e 9 m³/s (37%), respectivamente. Além disso, no cenário de precipitação crítica, ocorrido em 2013, o modelo hidrológico aponta vazão média de 7 m³/s, correspondente a 30% da média do período. Por outro lado, em um cenário de chuvas mais otimista, 25% acima da média histórica, o modelo indica vazão média de 22 m³/s, equivalente a 97% da média histórica deste período. Destaca-se que, apenas para o cenário de precipitações 25% acima da média, o modelo indica vazões próximo da média histórica para o período. Em contrapartida, no demais cenários há um claro um viés negativo de vazão, para esta região até o final da estação seca de 2024.

Considerando um horizonte de tempo maior, de outubro de 2024 a março de 2025, de acordo com as projeções, para o cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente seria em torno de 45 m³/s, o que representa 91% 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 23 m³/s (46%) e 9 m³/s (19%) da média, respectivamente. Em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazão média de 69 m³/s, caracterizando um valor de 39% acima da média histórica deste período. Um resumo de tais valores também podem ser visualizado na **Tabela 1**.

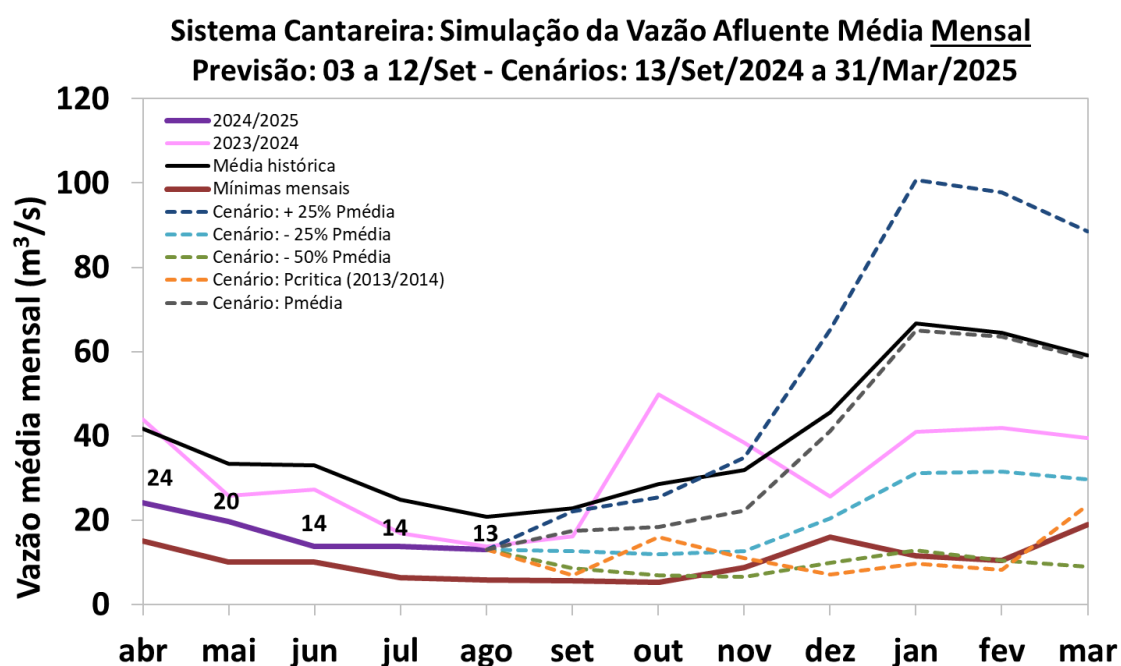


Figura 10. Histórico (linhas contínuas) e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média histórica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (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 2023 a março de 2024 (magenta); e série de abril a agosto de 2024 (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 afluyente 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 7,5 m³/s proveniente da interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha entre os meses de setembro e novembro de 2024, de acordo com o Ofício OA 008/2024 e; (iv) vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) 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, os reservatórios estariam no final da estação seca de 2024 (setembro), na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%), com 54% do seu volume útil” (**Tabela 01**). Nos cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, os reservatórios permaneceriam, ao final de setembro de 2024, na faixa de operação “Atenção”, com 53% e 52% do volume útil, respectivamente. Adicionalmente, para o cenário de precipitação crítica, igual ao ocorrido em 2013, o volume projetado pelo modelo hidrológico no final de setembro de 2024 é de 52% da capacidade total do sistema, também na faixa de operação “Atenção”. Por fim, no cenário de chuvas mais otimista, 25% acima da média histórica, o modelo indica que os reservatórios permaneceriam até o final de setembro de 2024 na faixa de operação “Atenção”, alcançando um valor de 56% da capacidade total.

Considerando um horizonte de tempo maior, para o cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, os reservatórios estariam no final do horizonte de projeções (março de 2025), novamente na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100 %), com 76% do seu volume útil. Nos cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, os reservatórios atingiriam, ao final de março de 2025, as faixas de operação “Atenção” e “Restrição” (armazenamento entre 20% e 30 %), com 42% e 24% do volume útil, respectivamente. Adicionalmente, para o cenário de precipitação crítica, igual ao ocorrido em 2013/2014, o volume projetado pelo modelo hidrológico no final de março de 2025 é de 29% da capacidade total do sistema, também na faixa de operação “Restrição”. Por fim, no cenário de chuvas mais otimista, 25% acima da média histórica, que os reservatórios estariam até o final do horizonte de projeções

na faixa de operação “Normal”, alcançando um valor de 100% da capacidade total, em 31 de março.

Salienta-se que, para o cenário de precipitação igual a média histórica, entre setembro de 2024 a março de 2025, o volume armazenado no Sistema Cantareira, no final do horizonte de projeção (março de 2025), estaria em uma faixa de operação superior à atual, porém em um patamar menor ao registrado no mesmo período de 2023 (82%).

É importante destacar 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.

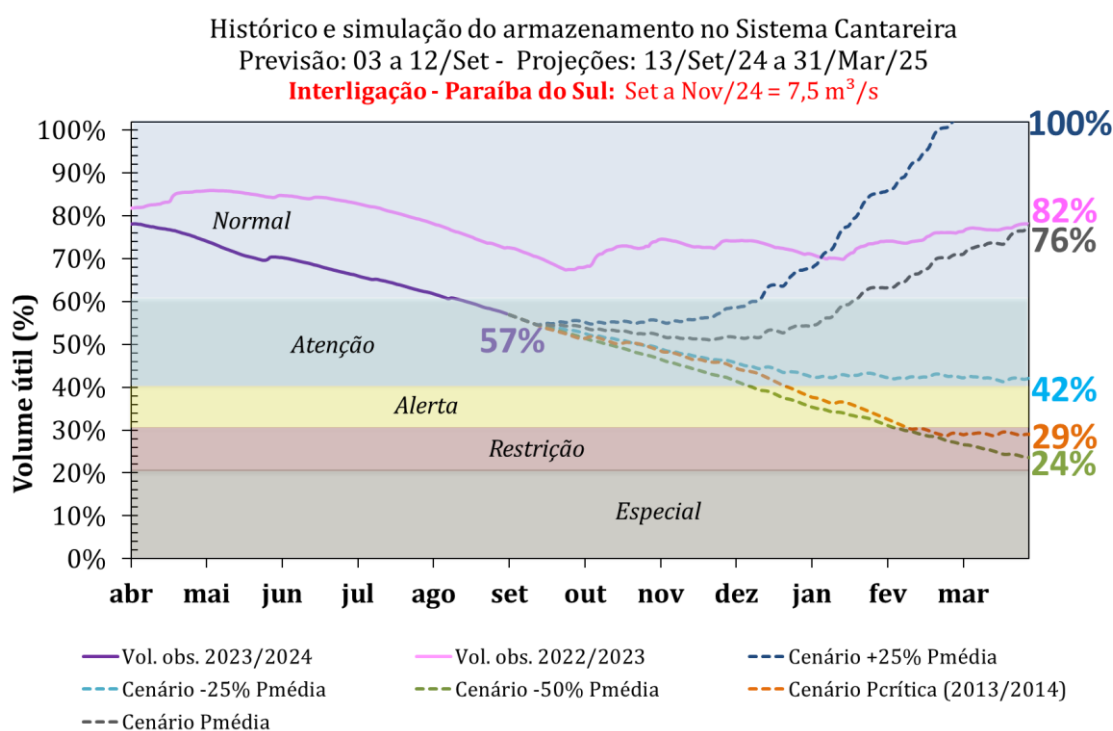


Figura 11. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nessas simulações foi considerada uma vazão de aporte da interligação com a bacia do rio Paraíba do Sul de 7,5 m³/s, entre agosto e novembro de 2024, de acordo a Resolução conjunta ANA 1.931/17 e o Ofício OA 008/2024. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira de abril de 2023 a março de 2024 e a linha roxa no período abril a agosto de 2024. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925/2017.