

Junho de 2022

Ano 08 | número 70

# 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

## **Elaboração**

Elisângela Broedel

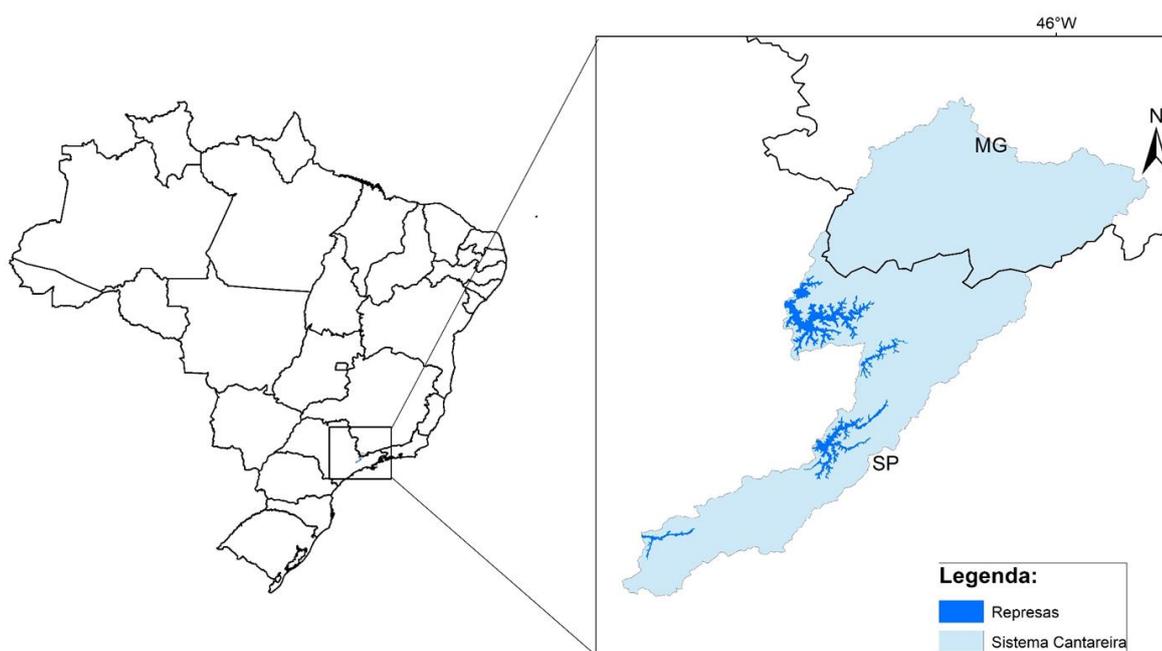


MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



## Preâmbulo

Localizado ao norte da Grande São Paulo, o Sistema Cantareira é formado por 5 reservatórios: Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras (**Figura 1**). Os quatro primeiros, de regularização de vazões, captam e desviam água através de túneis e canais, de alguns afluentes do rio Piracicaba para a bacia do rio Juqueri, na bacia do Alto Tietê, até o reservatório Paiva Castro, também de regularização. Finalmente, as águas são bombeadas deste último para o reservatório Águas Claras, para o abastecimento de, atualmente, 7,4 milhões de pessoas na Região Metropolitana de São Paulo. O CEMADEN, desde 2014, devido à intensa seca na região Sudeste, estabeleceu um sistema de monitoramento, previsão e projeção de vazão e de armazenamento para o Sistema Cantareira, e desde janeiro de 2015 publica boletins periódicos da Situação Atual e Projeções Hidrológicas para o Sistema Cantareira.



**Figura 1:** Mapa de localização da bacia de drenagem do Sistema Cantareira.

Esta edição do boletim traz um resumo da situação referente ao mês de junho de 2022, e projeções hidrológicas de julho a dezembro de 2022. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de junho de 2022 apresentou um nível inferior (39,7%) quando comparado ao mesmo período do ano de 2021 (45%). Com a situação atual de armazenamento, os reservatórios do Sistema Cantareira encontram-se na faixa de operação “Alerta” (armazenamento

entre 30% e 40%)<sup>1</sup>, cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é 27 m<sup>3</sup>/s. Em junho de 2022, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 21 m<sup>3</sup>/s. Ainda no mês de junho, a precipitação e a vazão foram equivalentes a 47% e 48% da média histórica do mês, respectivamente.

Com relação às projeções, as simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluyente média aos reservatórios do sistema Cantareira, no período de julho a dezembro de 2022, alcançaria 22 m<sup>3</sup>/s, o que representa 79% da média histórica para este período (28 m<sup>3</sup>/s). Ainda considerando o cenário de precipitações na média histórica, o modelo hidrológico projeta um armazenamento no sistema, no final da estação seca (setembro de 2022), de 27%, na faixa de operação “Restrição” (armazenamento entre 20% a 30%). Para um horizonte de tempo maior (dezembro de 2022), o volume útil alcançaria 35%, na faixa de operação “Alerta” (armazenamento entre 30% a 40%). Adicionalmente, em um cenário de chuvas 25% abaixo da média, o modelo indica, para o mesmo período, vazão média de 48% da média histórica e armazenamento no final de dezembro, de 22%, na faixa de operação “Restrição”.

---

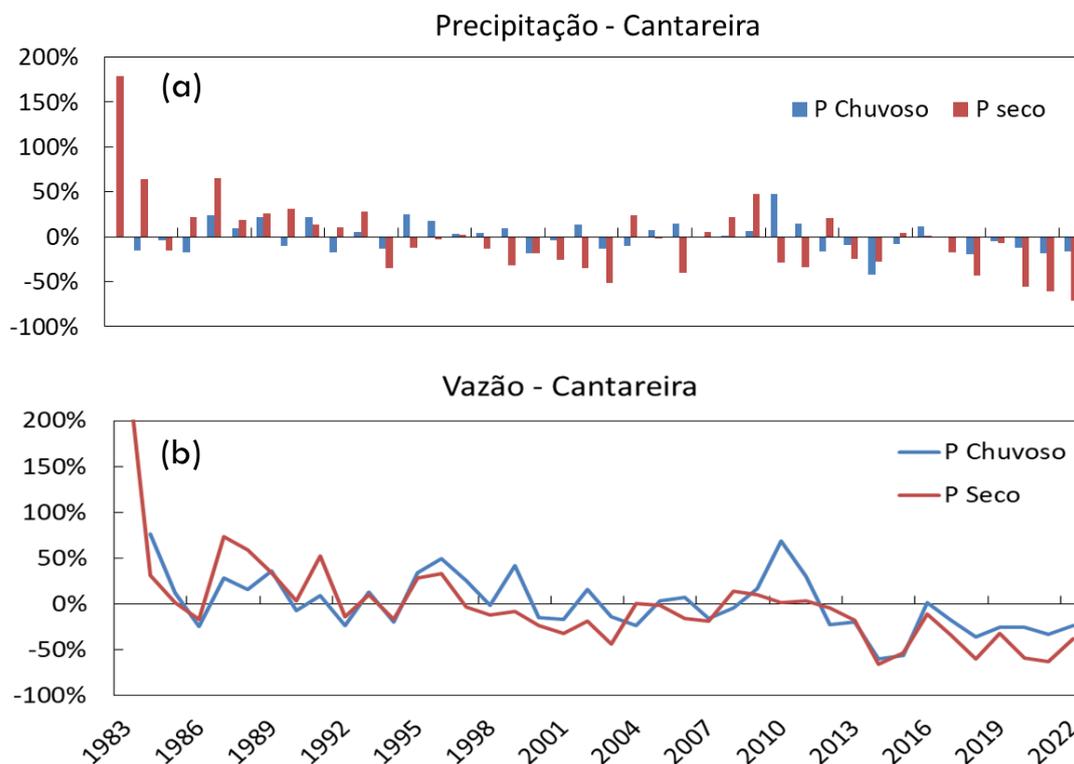
<sup>1</sup> De acordo com a Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925.

## Sumário

<b>Preâmbulo .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Situação atual do Sistema Cantareira .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Previsão de vazão afluyente para os próximos dias.....</b>	<b>9</b>
<b>4. Projeções de vazão afluyente para os próximos meses .....</b>	<b>9</b>
<b>5. Projeções de armazenamento para os próximos meses.....</b>	<b>11</b>

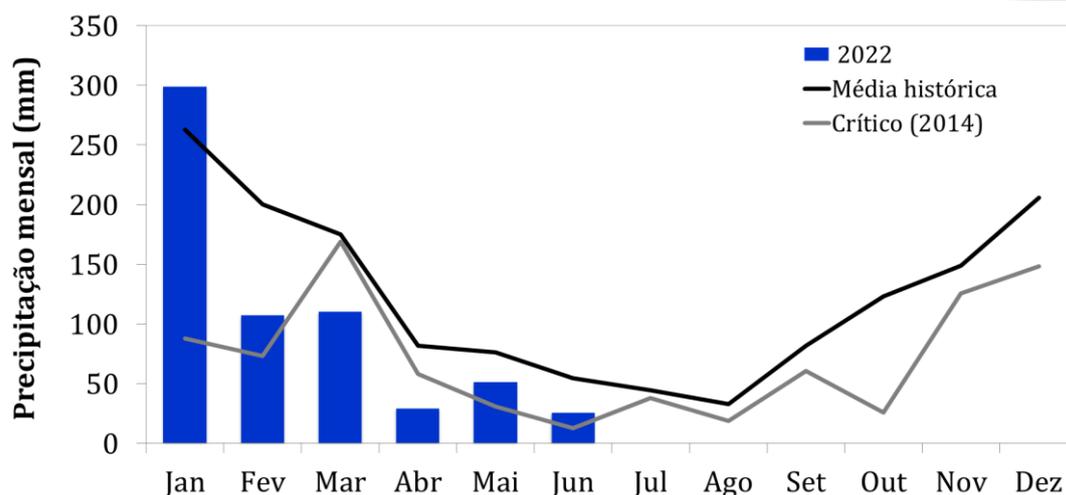
## 1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses da estação seca, de abril a junho de 2022, baseado nas redes pluviométricas que cobrem as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE/ SAISP<sup>2</sup> e 23 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi 106 mm (100<sup>2</sup> mm). Esse valor corresponde a 50% (47%<sup>2</sup>) da média histórica (1983-2021) deste período (213 mm) e 29% (27%<sup>2</sup>) da média histórica para a estação seca, compreendida entre os meses de abril a setembro (372 mm). Isso pode ser observado na **Figura 2a**, que exibe as anomalias de precipitação sazonal, entre os anos de 1983 a 2022, destacando um déficit de chuva tanto em relação à estação chuvosa 2021/2022 (barra azul), quanto à estação seca 2022 (barra vermelha). No mês de junho, de acordo com o monitoramento do Cemaden, a precipitação acumulada foi 26 mm, o que representa 47% da média histórica para este mês (55 mm) (**Figura 3**).



**Figura 2.** Anomalia de: (a) precipitação (P); e (b) vazão (Q) sazonais para o Sistema Cantareira. Período seco: abril a setembro. Período chuvoso: outubro a março.

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



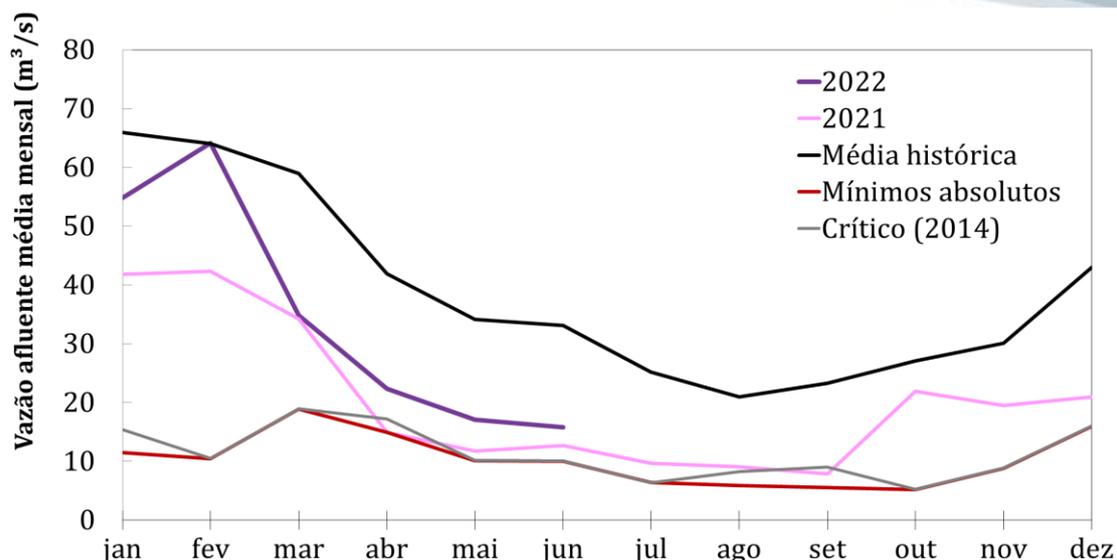
**Figura 3.** Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN, entre janeiro a junho de 2022. Ano hidrológico: outubro – setembro. A linha cinza representa a precipitação crítica do histórico, entre o período de janeiro a dezembro.

A média de vazão afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) nos meses secos de abril a junho de 2022, de acordo com dados da SABESP<sup>3</sup> e da ANA<sup>4</sup> foi, de aproximadamente, 18 m<sup>3</sup>/s. Esse valor corresponde 50% da média histórica deste período (36 m<sup>3</sup>/s) e de 62% da média histórica para a estação seca, compreendida entre abril a setembro (30 m<sup>3</sup>/s), como observado na **Figura 2b**. Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 31 m<sup>3</sup>/s, enquanto a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo (vazão do elevatório Santa Inês) foi 21 m<sup>3</sup>/s.

Para o mês de junho, a média de vazão afluente registrada foi 16 m<sup>3</sup>/s (**Figura 4**), o que representa 48% da média mensal histórica (33 m<sup>3</sup>/s). Neste mesmo período, 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 m<sup>3</sup>/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Região do PCJ), foi, aproximadamente, 10 m<sup>3</sup>/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi 31 m<sup>3</sup>/s. Ainda no mês de junho de 2022 a média do aporte, proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, foi 7,6 m<sup>3</sup>/s. Ressalta-se que, a interligação que estava inoperante desde 09 de janeiro de 2021 foi reestabelecida em 19 de abril de 2022.

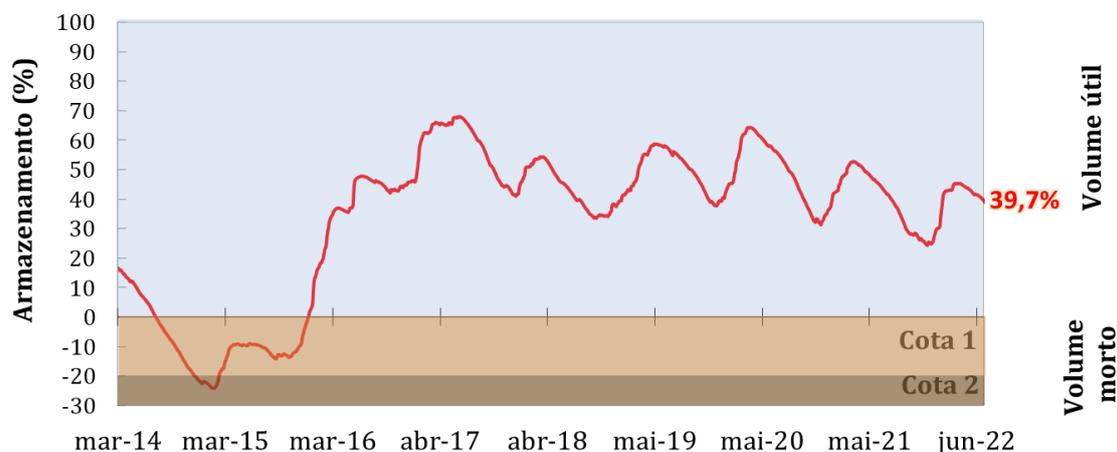
<sup>3</sup> SABESP: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo/Situação dos Mananciais.

<sup>4</sup> ANA: Agência Nacional de Águas.



**Figura 4.** Vazão afluyente (em  $m^3/s$ ) 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 1983 – 2021. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais de janeiro a dezembro de 2014, representando o período crítico do histórico, de janeiro a dezembro de 2021 e de janeiro a junho de 2022. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução do nível de armazenamento no Sistema Cantareira, considerando o volume útil e as cotas do volume morto<sup>5</sup> são exibidas na **Figura 5**. O Sistema operou no dia 30 de junho de 2022 com 39,7% do volume útil (982,0  $hm^3$ ), na faixa de operação “Alerta” (nível de armazenamento entre 30% e 40%), de acordo com o estabelecido pela Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017. O volume atual no Sistema Cantareira caracteriza uma redução de 2% em relação ao final do mês anterior e uma situação pior que no mesmo período pré-crise (56% no final de junho de 2013).

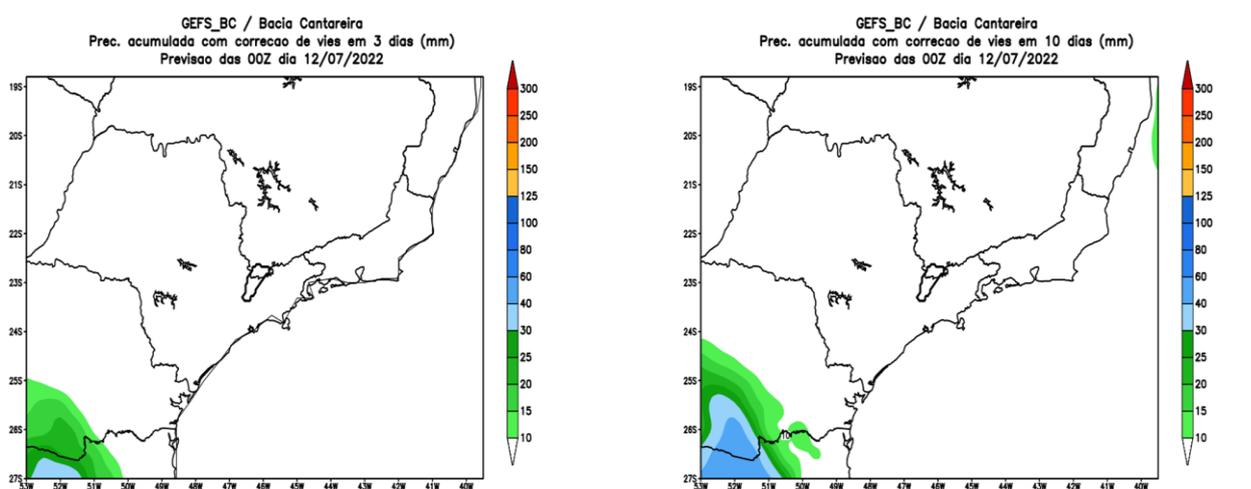


**Figura 5.** Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982  $hm^3$ ), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5  $hm^3$ ) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105  $hm^3$ ). Fonte dos dados: SABESP.

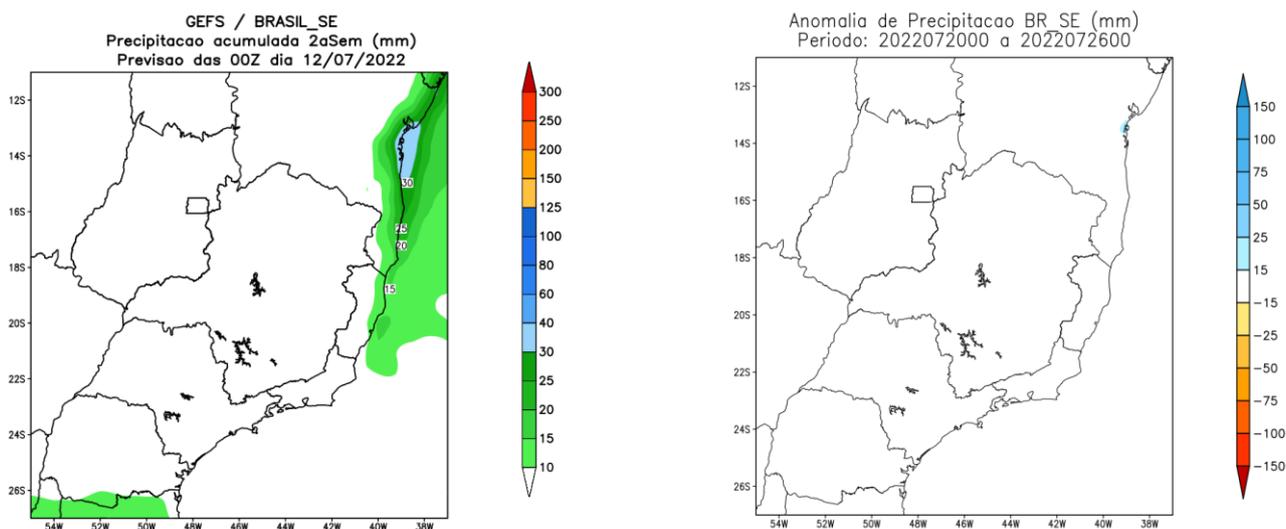
<sup>5</sup> Volume morto refere-se ao volume de água armazenado abaixo da cota de tomada de água por gravidade e, portanto, para sua utilização é necessário o bombeamento.

## 2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra no auge do período seco, durante o qual as chuvas só ocorrem em decorrência da presença/passagem de sistemas meteorológicos específicos, como frentes frias. Em particular para os próximos 3 e 10 dias (**Figura 6**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) não indicam a ocorrência de precipitações expressivas. A tendência para a segunda semana (**Figura 7**), também aponta baixa possibilidade de chuva. Dessa forma, embora a época seja de precipitações escassas, a previsão para as próximas duas semanas é de acumulados pluviométricos inferiores à média histórica.



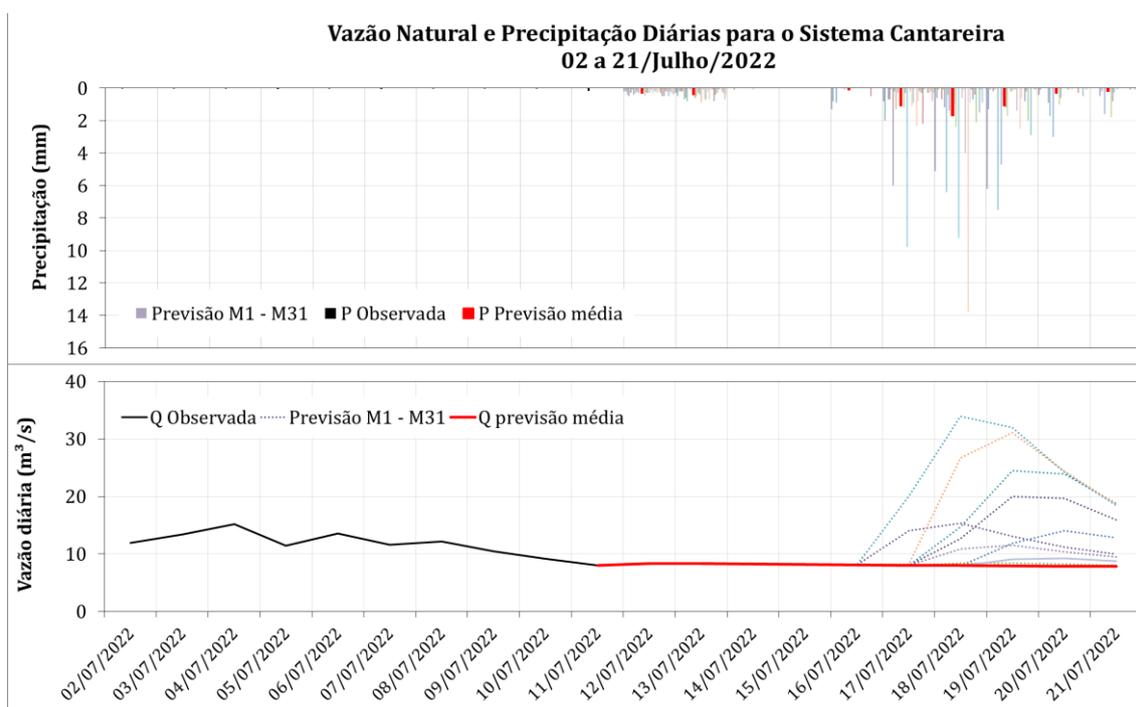
**Figura 6.** Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GFS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha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

### 3. Previsão de vazão afluyente para os próximos dias

Na **Figura 8** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (2 a 11 de julho de 2022) e previstas (12 a 21 de julho de 2022) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 5 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, 8 m<sup>3</sup>/s.



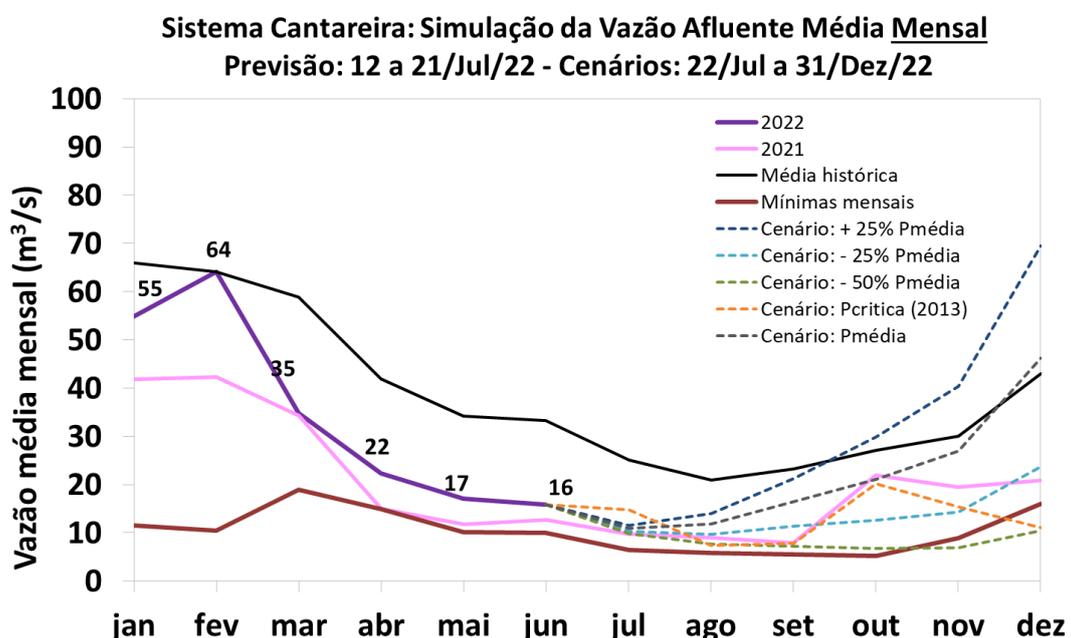
**Figura 8.** Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas 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 afluyente para os próximos meses

A **Figura 9** apresenta as médias mensais de vazão afluyente observada e, na sequência, projeções de vazão usando a média dos membros de previsão (12 a 21 de julho de 2022, **Figura 8**) e, a partir do dia 22 de julho foram considerados cinco cenários hipotéticos de precipitação: média histórica (1983-2021), 25% acima da média, 25% e 50% abaixo da média histórica e cenário crítico (julho a dezembro de 2013).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média no período de julho a setembro de 2022 seria de, aproximadamente, 13 m<sup>3</sup>/s, 57% da média histórica para este período (23 m<sup>3</sup>/s). Para esse mesmo período, considerando cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam vazões da ordem de 45% e 35% da média histórica, respectivamente. Adicionalmente, em um cenário hipotético de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 67% da média histórica deste período. Ressalta-se que em todos os cenários de chuva, incluindo precipitações 25% acima da média, o modelo indica vazões abaixo da média histórica do período.

Considerando um horizonte de tempo maior, julho a dezembro de 2022, de acordo com as projeções, para o cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média seria em torno de 22 m<sup>3</sup>/s, o que representa 79% da média histórica para este período (28 m<sup>3</sup>/s). Adicionalmente, para os cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam projeções de vazões da ordem de 48% e 29% da média, respectivamente. Em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 10% acima da média histórica deste período.



**Figura 9.** Histórico e simulação de vazão média mensal (em m<sup>3</sup>/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 janeiro a dezembro de 2021 (magenta); e de janeiro a junho de 2022 (roxo).

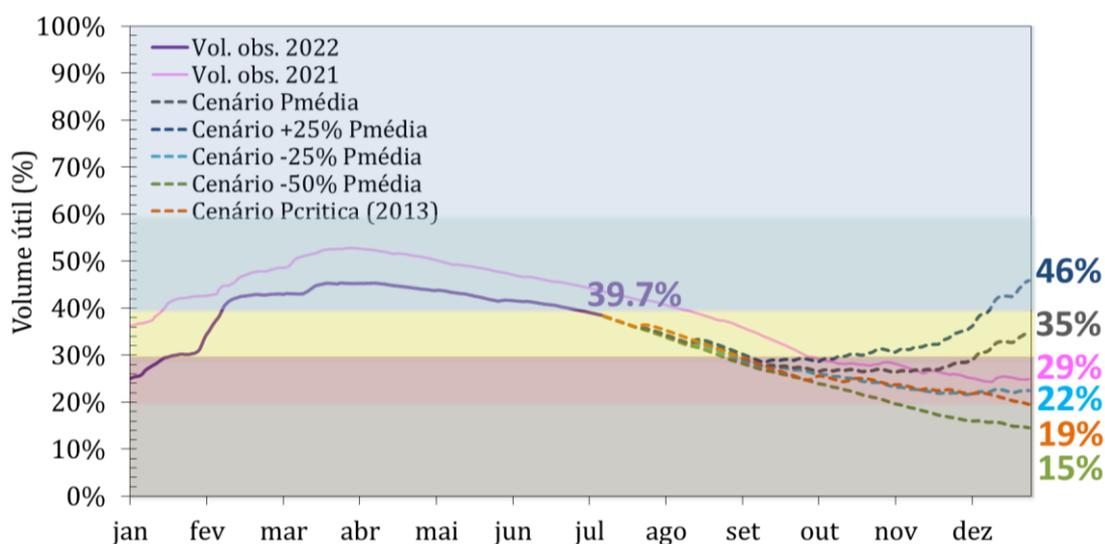
## 5. Projeções de armazenamento para os próximos meses

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 (foram aplicados valores médios entre as faixas); (iii) aporte médio de  $5,13 \text{ m}^3/\text{s}$  proveniente da interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha (abaixo do praticado no mês de junho), reativada no dia 19 de abril de 2022 e; (iv) vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) de  $8,7 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $8,0 \text{ m}^3/\text{s}$  para estação seca e chuvosa, respectivamente, valores médios do ano de 2020.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final da estação seca (setembro de 2022) na faixa de operação “Restrição” (armazenamento entre 20% a 30%), com 27% do seu volume útil (**Tabela 01**). Para os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório também ficaria, no final de setembro de 2022, na faixa de operação “Restrição”, com volume útil de 27% e 25%, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 29%, aproximadamente, na faixa de operação “Restrição”.

Considerando um horizonte de tempo maior, para o cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final do horizonte de projeções (dezembro de 2022) na faixa de operação “Alerta” (armazenamento entre 30% a 40%), com 35% do seu volume útil. Entretanto, considerando o cenário de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório estaria, ao final de dezembro de 2022, nas faixas de operação “Restrição” e “Especial” (armazenamento entre 0% a 20%), respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 46%, na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% a 60%). 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: 12 a 21/Jul - Projeções: 22/Jul a 31/Dez/2022  
 Interligação - Paraíba do Sul - Julho a Dezembro = 5,13 m<sup>3</sup>/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 uma vazão de aporte da interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul com média igual a 5,13 m<sup>3</sup>/s entre julho a dezembro de 2022. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira entre janeiro a dezembro de 2021 e a linha roxa no período janeiro a junho de 2022. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925.

**Tabela 01.** Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira, no final dos meses de setembro e dezembro de 2022, 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 2013)
<b>30/09/2022 (Com interligação)</b>					
Volume útil - 982 hm <sup>3</sup> - (%)	25%	27%	27%	29%	25%
Faixa de operação	Restrição	Restrição	Restrição	Restrição	Restrição
Extração máxima (m <sup>3</sup> /s)	23 m <sup>3</sup> /s	23 m <sup>3</sup> /s	23 m <sup>3</sup> /s	23 m <sup>3</sup> /s	23 m <sup>3</sup> /s
<b>31/12/2022 (Com interligação)</b>					
Volume útil - 982 hm <sup>3</sup> - (%)	15%	22%	35%	46%	19%
Faixa de operação	Especial	Restrição	Alerta	Atenção	Especial
Extração máxima (m <sup>3</sup> /s)	15,5 m <sup>3</sup> /s	23 m <sup>3</sup> /s	27 m <sup>3</sup> /s	31 m <sup>3</sup> /s	15,5 m <sup>3</sup> /s