

Outubro de 2022

Ano 08 | número 74

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 outubro de 2022, e projeções hidrológicas de novembro de 2022 a março de 2023. O armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de outubro de 2022, manteve-se estável em relação ao mês anterior (32%). Esse valor representa uma situação melhor quando comparado ao mesmo período do ano de 2021 (28%). Com a situação atual de armazenamento, os reservatórios do Sistema Cantareira encontram-se na faixa de operação “Alerta” (armazenamento entre 30% e 40%)¹, cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é 27 m³/s. Em outubro de 2022, a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi, de aproximadamente, 21 m³/s. Ainda no mês de outubro, a precipitação e a vazão no Sistema Cantareira foram equivalentes a 93% e 75% da média histórica do mês, respectivamente.

Com relação às projeções, as simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média aos reservatórios do sistema Cantareira, no período de novembro a dezembro de 2022, alcançaria 35 m³/s, o que representa 95% 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 2022, de 37%, na faixa de operação “Alerta”. Para um horizonte de tempo maior, entre novembro de 2022 a março de 2023, o modelo indica vazão média de 51 m³/s, correspondente a 96% da média histórica e armazenamento no final de março, de 64%, na faixa de operação “Normal”.

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

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses da estação seca de 2022, de abril a setembro, baseado nas redes pluviométricas que cobrem as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (**Figura 1**), incluindo 7 pluviômetros do DAEE/ SAISP² e 23 pluviômetros em operação do CEMADEN foi 278 mm (265² mm). Esse valor corresponde a 75% (71%²) da média histórica deste período (372 mm). No mês de outubro, de acordo com o monitoramento do Cemaden, a precipitação acumulada foi de 115 mm, equivalente a 97% da média histórica para este mês (119 mm) (**Figura 2**). A partir do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) para a escala temporal de 12 meses (**Figura 3a**) é possível notar um déficit de chuva nessa região, que vem se repetindo, de forma sistemática, desde a estação chuvosa 2016/2017.

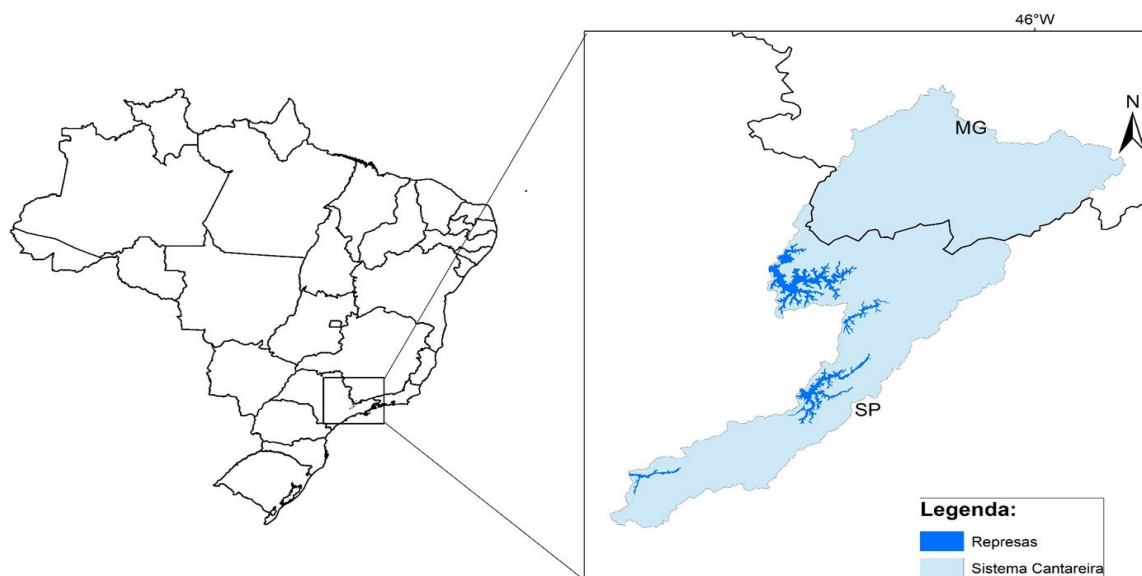


Figura 1: Mapa de localização da bacia de drenagem do Sistema Cantareira.

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

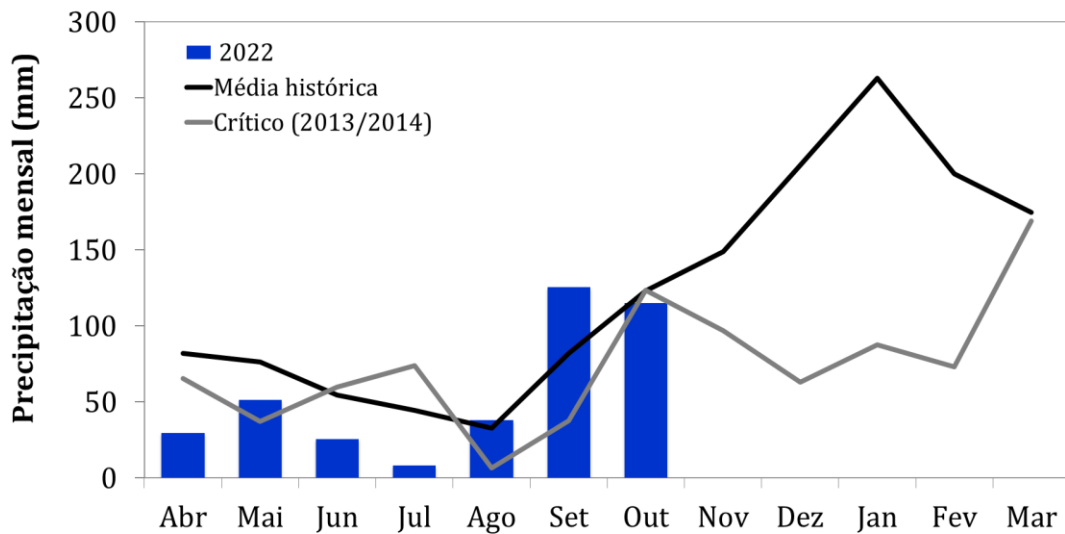


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN, entre abril e outubro de 2022. Ano hidrológico: outubro – setembro. A linha cinza representa a precipitação crítica do histórico, entre o período de abril de 2013 e março de 2014.

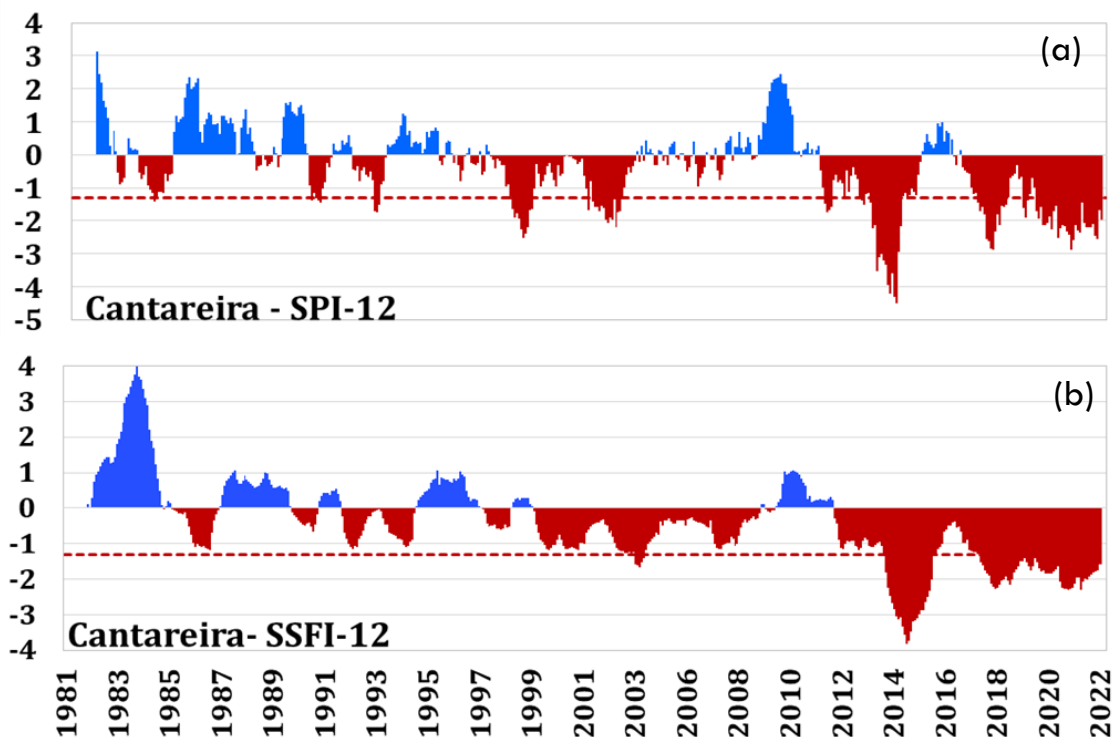


Figura 3. Índice Padronizado de Precipitação - SPI (a) e Índice Padronizado de Vazão - SSFI (b) para o Sistema Cantareira, na escala temporal de 12 meses, referente ao mês de outubro de 2022. A linha vermelha pontilhada indica o limiar entre a seca hidrológica fraca à moderada e severa à excepcional.

A média de vazão afluyente aos reservatórios do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) na estação seca de abril a setembro de 2022, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi, de aproximadamente, 15,9 m³/s. Esse valor corresponde 54% da média histórica deste período (30m³/s). Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 31 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 20 m³/s.

No mês de outubro, a média de vazão afluyente registrada foi 20 m³/s (**Figura 4**), o que representa 75% da média mensal histórica (27 m³/s). O sistema Cantareira apresentou, em outubro, condição de seca hidrológica severa (SSFI-12 = -1.58) como é possível observar a partir do Índice Padronizado de Vazão (SSFI), na **Figura 3b**. Neste mesmo período, Qesi foi 21 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Região do PCJ), foi 8 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de aproximadamente 29 m³/s. Ainda no mês de outubro de 2022 a média do aporte, proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, foi 7,2 m³/s. Ressalta-se que, a interligação em 2022 manteve-se inoperante entre 09 de janeiro a 18 de abril.

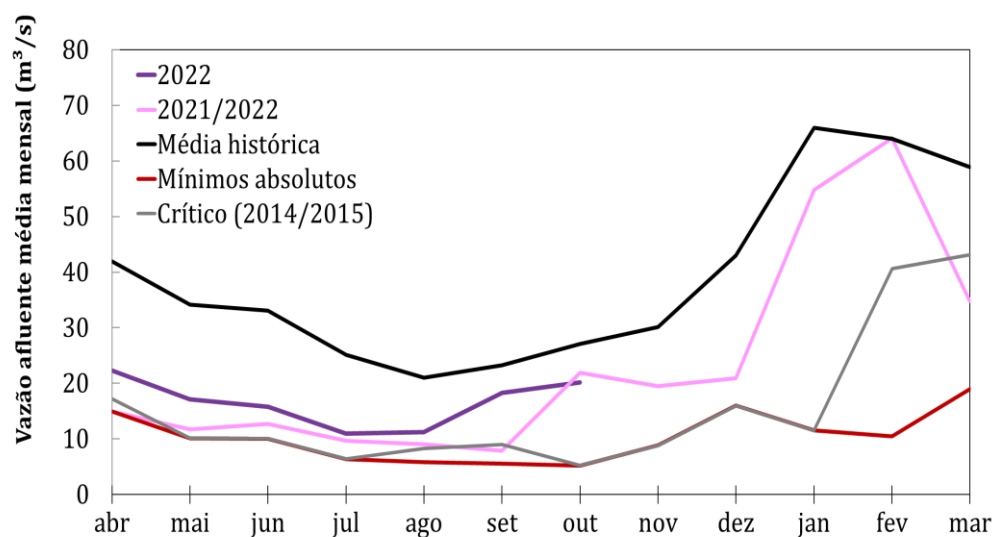


Figura 4. Vazão afluyente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1983 – 2021. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente às vazões médias mensais de: abril de 2014 a março de 2015, representando o período crítico do histórico; de abril de 2021 a março de 2022; e de abril a outubro de 2022. Fonte dos dados: SABESP.

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

A evolução do nível de armazenamento no Sistema Cantareira, considerando o volume útil e as cotas do volume morto⁵ são exibidas na **Figura 5**. O Sistema operou no dia 31 de outubro de 2022 com 32% do volume útil (982,0 hm³), 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 situação estável em relação ao final do mês anterior e uma situação ligeiramente melhor que no mesmo período do ano de 2021 (28%). Adicionalmente, também representa uma condição inferior ao apresentado no período pré-crise, em outubro de 2013 (37%).

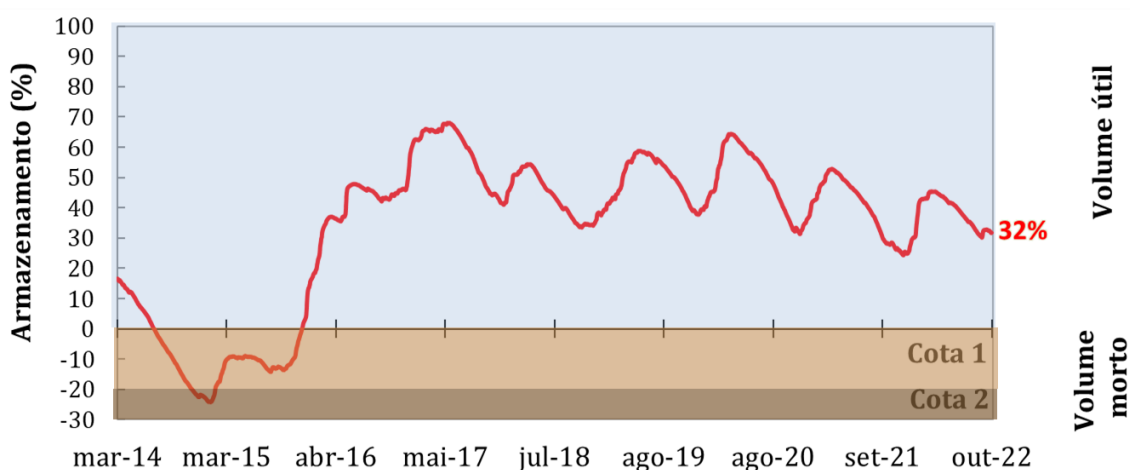


Figura 5. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira entre o período de março de 2014 a outubro de 2022. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume 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 em pleno período de transição entre a estação seca e a chuvosa. Até o momento esse processo vem ocorrendo sem atraso. Em particular para os próximos 10 dias (**Figura 6**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) apontam a ocorrência de precipitações abundantes, totalizando valores acumulados superiores à média histórica da época. A tendência para a segunda semana (**Figura 7**), também indica a ocorrência de chuva com valores próximos à média histórica.

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.

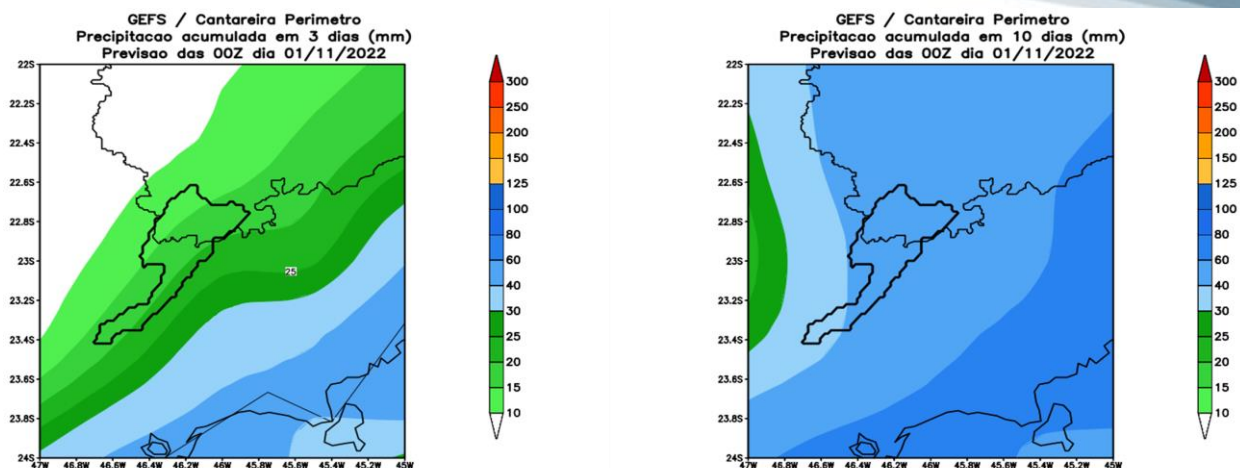


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GFS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

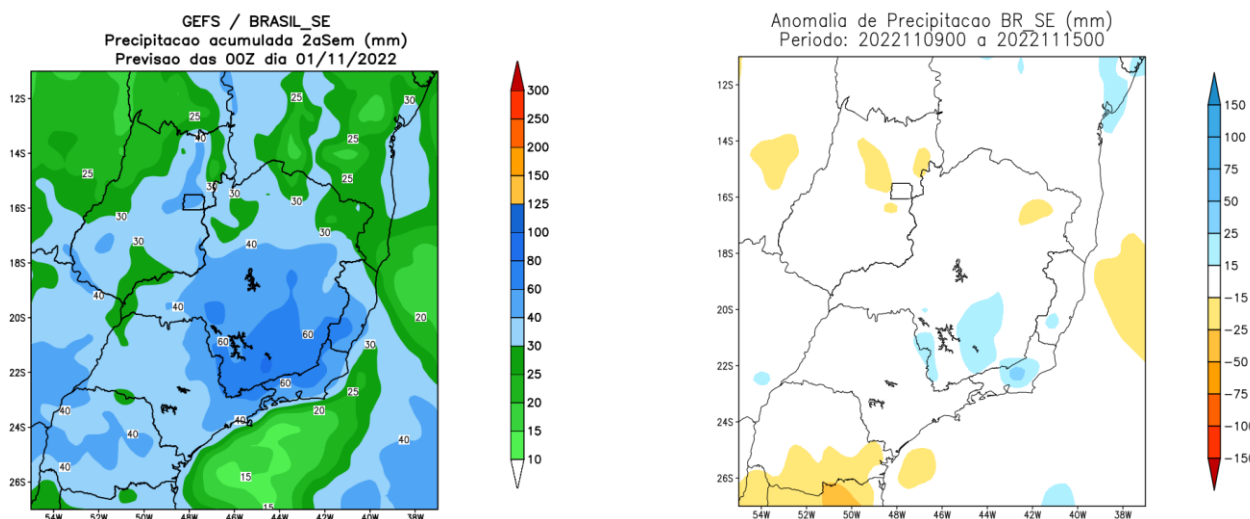


Figura 7. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico americano GEFS/NCEP/NOAA.

3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias

Na **Figura 8** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (22 a 31 de outubro de 2022) e previstas (01 a 10 de novembro de 2022) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 43 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, 22 m³/s.

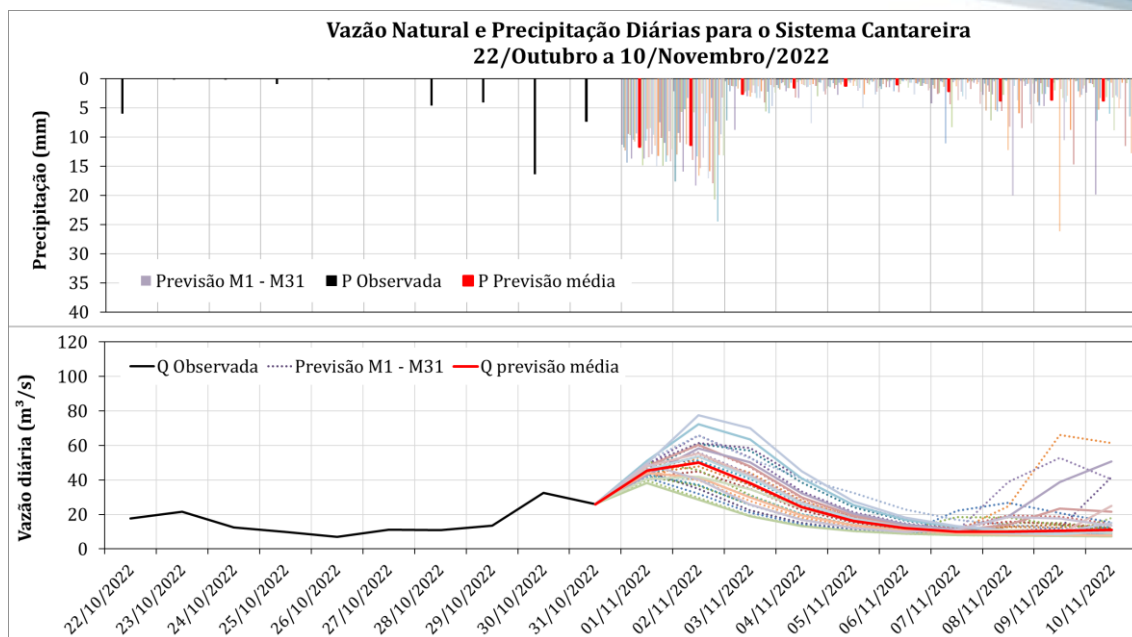


Figura 8. Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas 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 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 novembro de 2022, **Figura 8**) e, a partir do dia 11 de novembro 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 (novembro de 2013 a março de 2014).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média no período de novembro a dezembro de 2022 seria de, aproximadamente, $35 \text{ m}^3/\text{s}$, 95% da média histórica para este período ($37 \text{ m}^3/\text{s}$). Para esse mesmo período, considerando cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam vazões da ordem de 66% e 43% da média histórica, respectivamente. No entanto, em um cenário hipotético de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 24% acima da média histórica deste período.

Considerando um horizonte de tempo maior, novembro de 2022 a março de 2023, de acordo com as projeções, para o cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente seria em torno de $51 \text{ m}^3/\text{s}$, o que representa 96% da média histórica para este período ($52 \text{ m}^3/\text{s}$). Nos

cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam projeções de vazões da ordem de 58% e 30% da média, respectivamente. Em um cenário de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 38% acima da média histórica deste período.

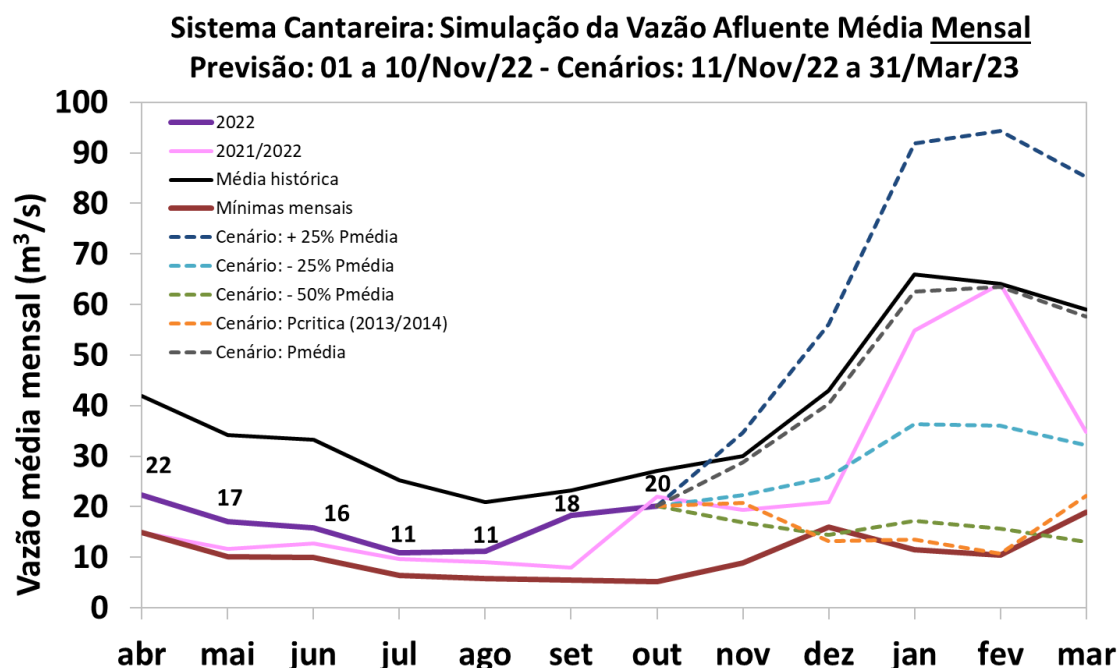


Figura 9. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m^3/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média histórica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 abril de 2021 a março de 2022 (magenta); e abril a outubro 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 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 (foram aplicados valores médios entre as faixas); (iii) aporte médio de $7,4 m^3/s$ proveniente da interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha (valor médio entre maio e outubro de 2022), 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 $10,6 m^3/s$ e $7,0 m^3/s$ para estação seca e chuvosa, respectivamente, valores médios referentes ao período de 2020/2021.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final de dezembro de 2022, na faixa de operação “Alerta” (armazenamento entre 30% e 40%), com 37% do seu volume útil (**Tabela 01**). Para os cenários de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria, no final de dezembro, nas faixas de operação “Alerta” e “Restrição” (armazenamento entre 20% e 30%), com volume útil de 31% e 28%, respectivamente. Por fim, para o cenário mais otimista, de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 43%, aproximadamente, na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% e 60%).

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 (março de 2023) na faixa de operação “Normal” (armazenamento entre 60% e 100%), com 64% do seu volume útil. Entretanto, considerando o cenário de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório chegaria, ao final de março, nas faixas de operação “Alerta” e “Restrição” com 39% e 26% do volume útil, respectivamente. Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 89%, 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.

Histórico e simulação do armazenamento no Sistema Cantareira
 Previsão: 01 a 10/Nov- Projeções: 11/Nov/22 a 31/Mar/23
 Interligação - Paraíba do Sul - Nov/22 a Mar/23 = 7,4 m³/s

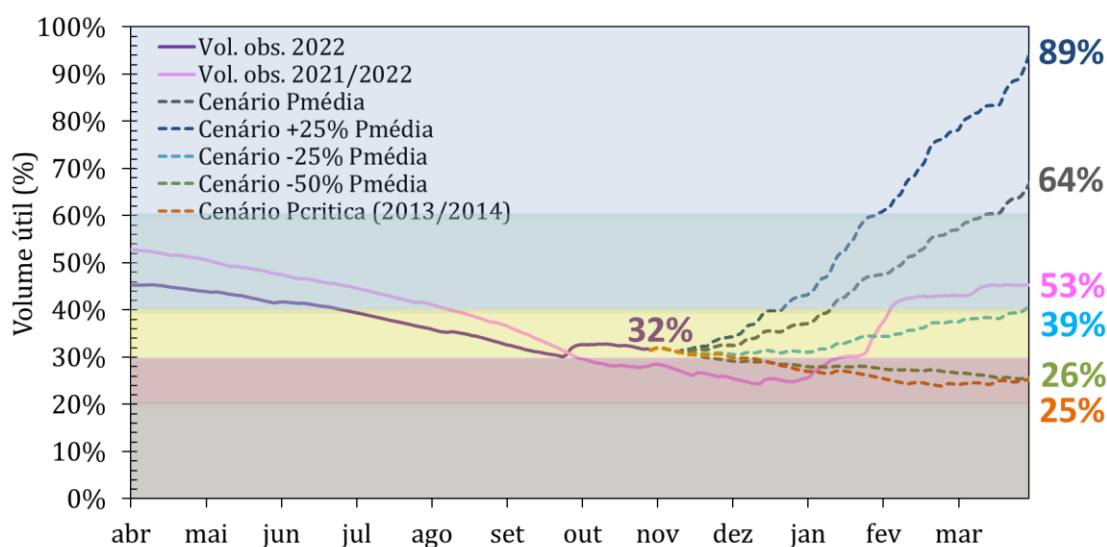


Figura 10. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nestas simulações foi considerada uma vazão de aporte da interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul, entre novembro de 2022 a março de 2023, de 7,4 m³/s. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira de abril de 2021 a março de 2022 e a linha roxa no período abril a outubro 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 dezembro de 2022 e março 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 2013/2014)
31/12/2022 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	28%	31%	37%	43%	27%
Faixa de operação	Restrição	Alerta	Alerta	Atenção	Restrição
Extração máxima (m ³ /s)	23 m ³ /s	27 m ³ /s	27 m ³ /s	31 m ³ /s	23 m ³ /s
31/03/2023 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	26%	39%	64%	89%	25%
Faixa de operação	Restrição	Alerta	Normal	Normal	Restrição
Extração máxima (m ³ /s)	23 m ³ /s	27 m ³ /s	33 m ³ /s	33 m ³ /s	23 m ³ /s