

Janeiro de 2022

Ano 08 | número 65

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

Tárcio Lopes

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.

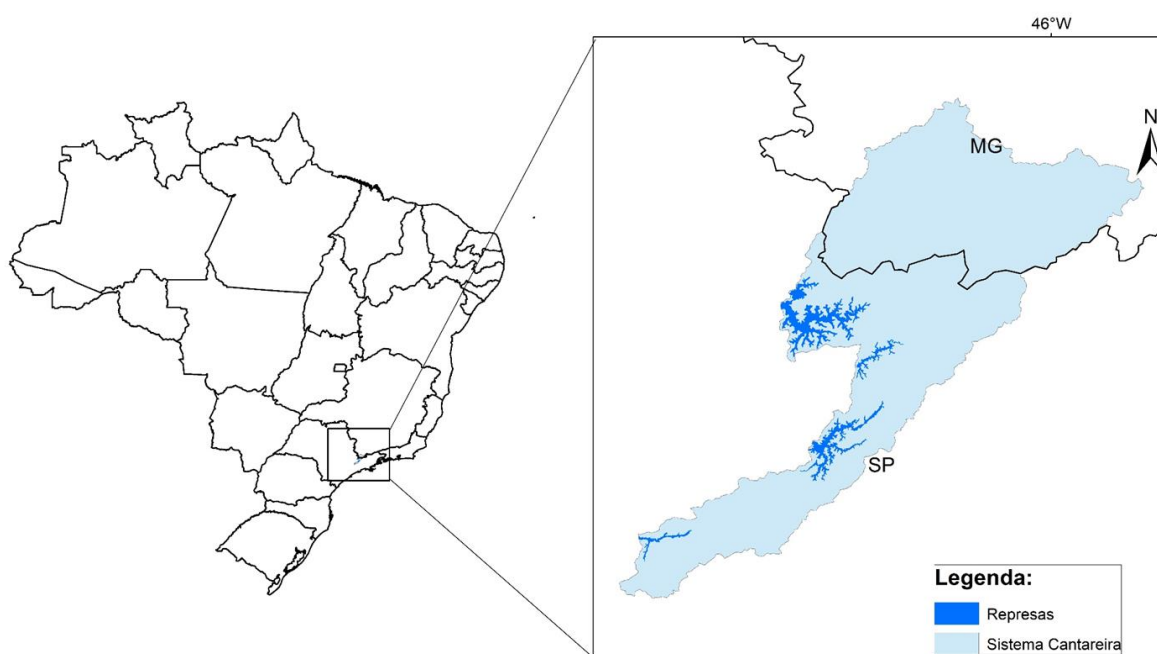


Figura 1: Mapa de localização da bacia de drenagem do Sistema Cantareira.

Esta edição do boletim traz a situação para o mês de janeiro de 2022, e projeções hidrológicas de fevereiro a setembro de 2022. A situação de armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de janeiro de 2022 (34%), é pior quando comparada ao mesmo período do ano de 2021 (43%). 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 janeiro de 2022, a média desta vazão de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi 19 m³/s. Ainda em janeiro, a precipitação foi o equivalente a 114% da média histórica do mês, enquanto a vazão afluyente aos reservatórios foi 83% da média histórica.

Com relação às projeções, as simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluyente ao reservatório, no período de fevereiro a abril de 2022, seria 59 m³/s, 8% acima da média histórica para este período (55 m³/s). Considerando um horizonte de tempo maior, fevereiro a setembro de 2022, para o mesmo cenário de chuvas, a vazão afluyente alcançaria 36 m³/s, o que representa 94% da média histórica para este período (38 m³/s). Ainda considerando o cenário de precipitações na média histórica, o modelo hidrológico projeta um armazenamento no sistema, no final dos meses de março e abril, de 2022 de 53% e 54%, respectivamente, ambos na faixa de operação “Atenção”. No entanto, para o final do horizonte de projeções (setembro de 2022), o armazenamento poderá chegar a 30,4% (faixa de operação “Alerta”). Considerando um cenário de chuvas 25% abaixo da média, o modelo indica, para o mesmo período, vazão média de 72% da média histórica e armazenamento no final de setembro, de 17% (faixa de operação “Especial”).

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

Sumário

Preâmbulo	2
1. Situação atual do Sistema Cantareira	5
2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira	8
3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias.....	9
4. Projeções de vazão afluente para os próximos meses	10
5. Projeções de armazenamento para os próximos meses.....	11

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação acumulada durante os meses chuvosos, de outubro de 2021 a janeiro de 2022, baseado nas redes pluviométricas que cobrem as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE/ SAISP e 16 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi 715 mm (736² mm), o que representa cerca de 64% (66%²) da média histórica da estação chuvosa (outubro a março) de 1983-2021 (1116 mm). Isso pode ser observado na **Figura 2a**, que exibe as anomalias de precipitação sazonal, entre os anos de 1983 a 2022, destacando assim, a importância da ocorrência de chuvas nos próximos meses, para a recuperação do sistema. No mês de janeiro de 2022, a precipitação acumulada foi 299 mm (322² mm), o que representa 114% (122%²) da média histórica para este mês (263 mm) (**Figura 3**).

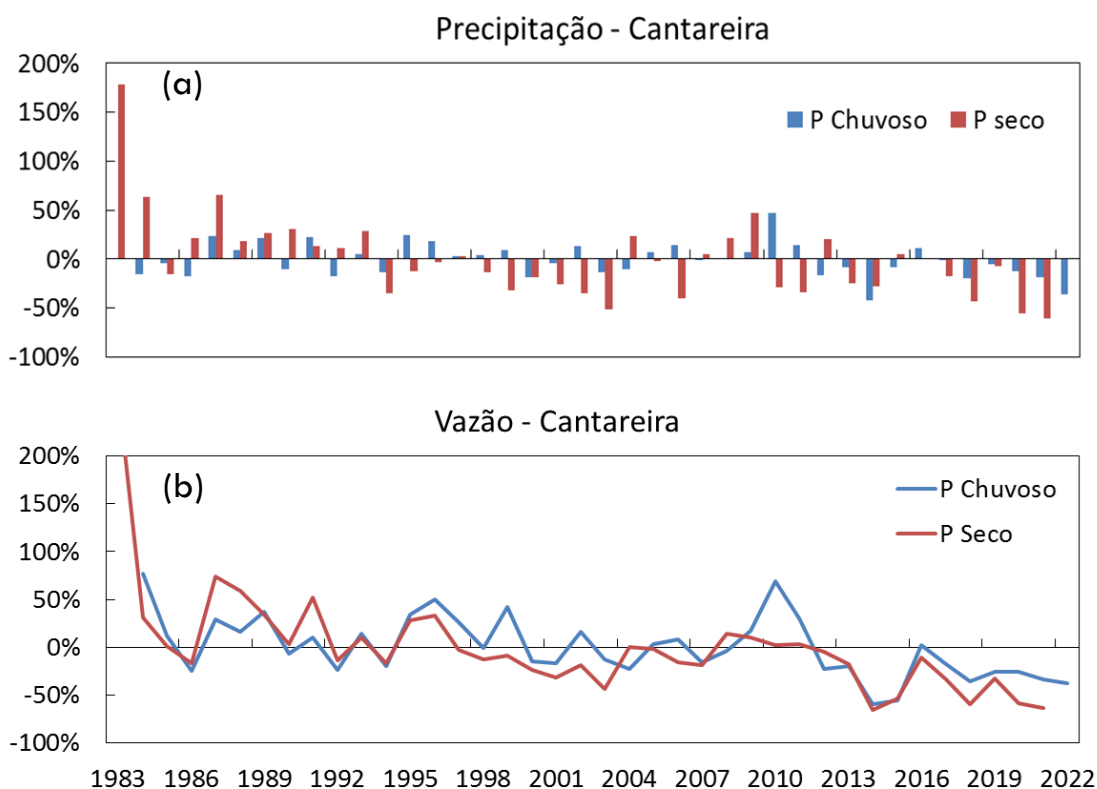


Figura 2. Anomalia de (a) precipitação (P) e (b) vazão (Q) sazonais para o Sistema Cantareira. Período seco: abril a setembro. Período chuvoso: outubro a março.

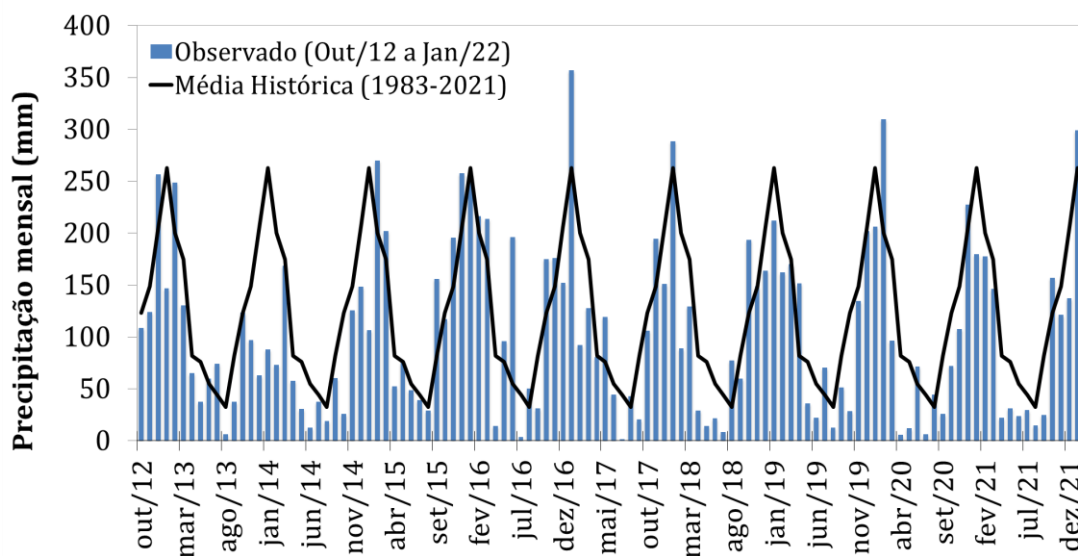


Figura 3. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN, entre outubro de 2012 a janeiro de 2022. Ano hidrológico: outubro – setembro.

A média de vazão afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) de outubro de 2021 a janeiro de 2022, de acordo com dados da SABESP² e da ANA³ foi 29 m³/s. Esse valor corresponde a 71% da média deste período (41 m³/s) e 61% da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre outubro a março (48 m³/s) como observado na **Figura 2b**. Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 30 m³/s, enquanto a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo (vazão do elevatório Santa Inês), foi 22 m³/s.

Durante o período de 01 de outubro de 2021 a 31 de janeiro de 2022, a média do aporte recebido por meio da interligação com o Sistema Paraíba do Sul foi 3,8 m³/s. Ressalta-se ainda que, a interligação manteve-se inoperante entre os dias 09 a 31 de janeiro de 2022. Para o mês de janeiro de 2022, a média de vazão afluente foi 55 m³/s (**Figura 4**), o que representa 83% da vazão média mensal histórica (66 m³/s). Para o 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 19 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com a bacia dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiaí (Região do PCJ), foi 4,2 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de 23,2 m³/s (**Figura 5**). Ainda no mês de janeiro, de acordo com a

² SABESP: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo/Situação dos Mananciais.

³ ANA: Agência Nacional de Águas.

SABESP, a média do aporte, proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, foi 0,43 m³/s.

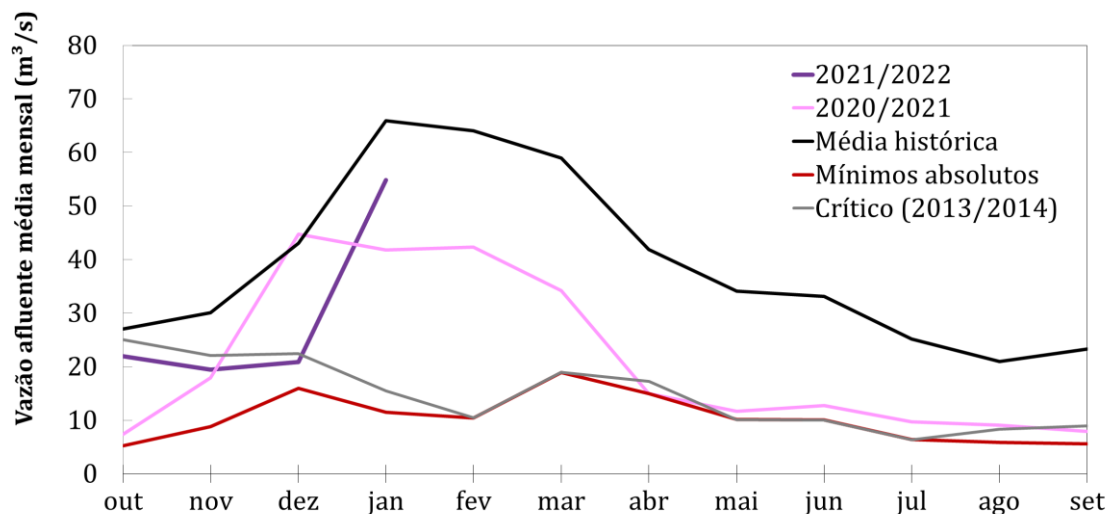


Figura 4. Vazão afluente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1983 – 2021. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais de outubro de 2013 a setembro de 2014, representando o período crítico do histórico, de outubro de 2020 a setembro de 2021 e de outubro de 2021 a janeiro de 2022. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução diária, de 01 de março de 2014 a 31 de janeiro de 2022, da vazão afluente e vazão de extração do reservatório somada à vazão defluente podem ser observados na **Figura 5**. Para este mesmo período, a evolução do nível de armazenamento no Sistema Cantareira, considerando o volume útil e as cotas do volume morto⁴ são exibidas na **Figura 6**. O Sistema operou no dia 31 de janeiro de 2022 com 34% 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 N° 925/2017.

⁴ 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.

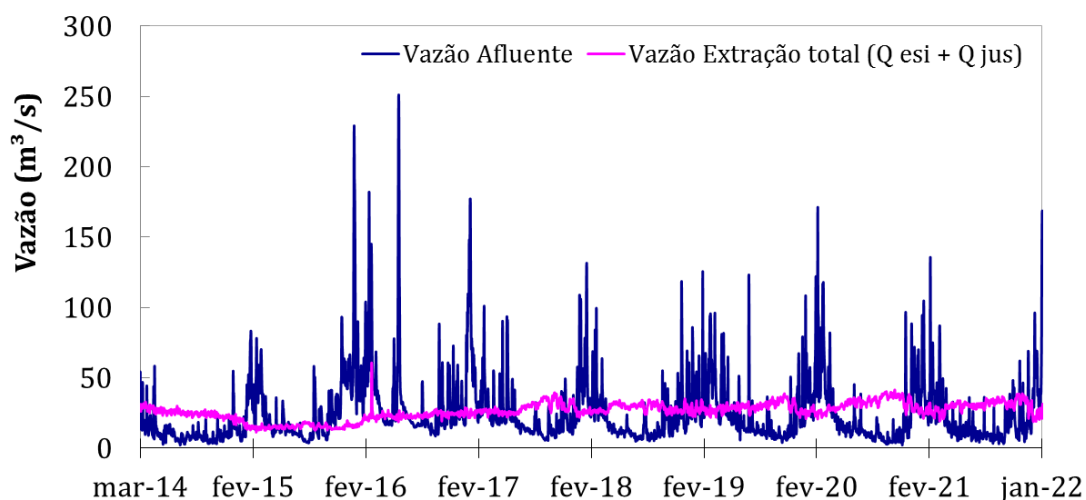


Figura 5. Evolução das vazões (m^3/s) diárias observadas no Sistema Cantareira: afluente (linha azul) e extração total, referente à vazão para atendimento da demanda da Região Metropolitana de São Paulo – Q esi - somada à vazão a jusante para a bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jaguari – Q jus (linha magenta). Fonte dos dados: SABESP.

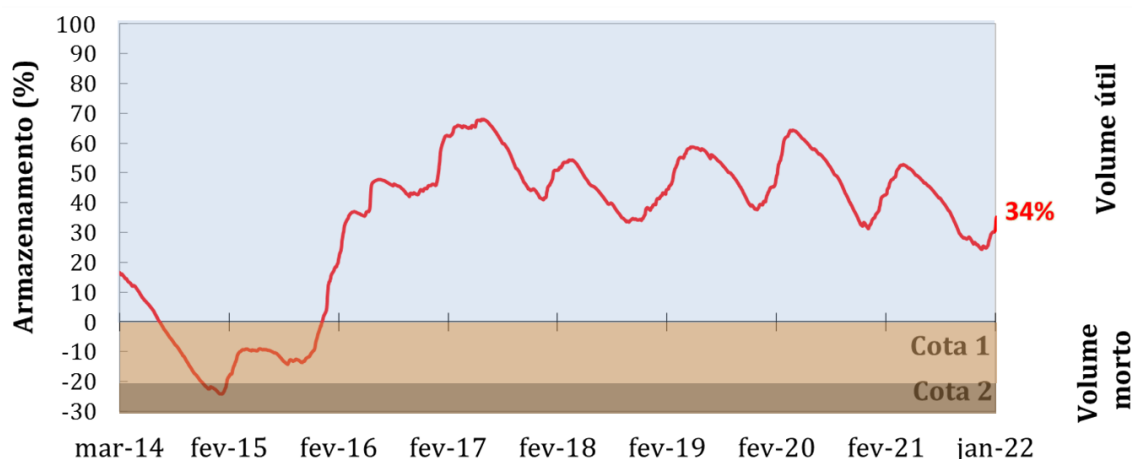


Figura 6. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm^3), em marrom claro à primeira cota do volume morto ($182,5 \text{ hm}^3$) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm^3). Fonte dos dados: SABESP.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra atualmente no auge do período chuvoso, que tem apresentado irregularidade ao longo das semanas e dos meses. Em particular para os próximos 3 e 10 dias (**Figura 7**) as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA ($50 \times 50 \text{ km}$) indicam precipitações generalizadas e volumosas no âmbito da bacia, com acumulados pluviométricos totais superiores à média histórica da época. A tendência para a segunda semana

(Figura 8), é de chuvas relativamente menos volumosas, provavelmente com acumulados totais próximos aos valores médios da época.

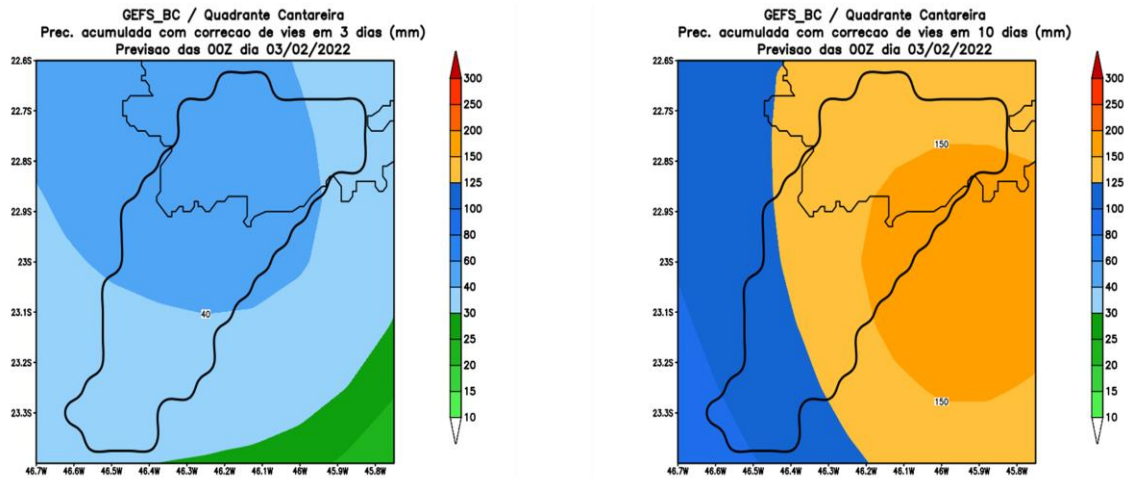


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GFS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

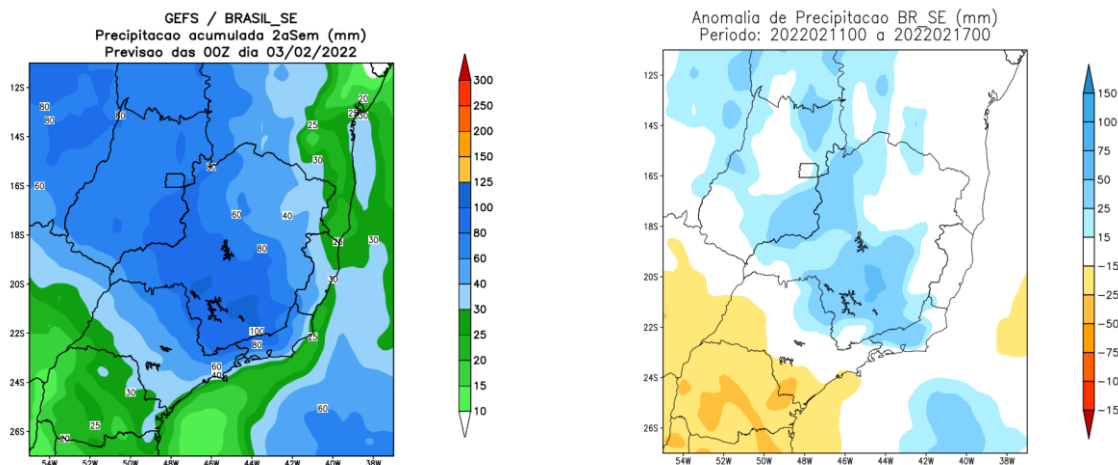


Figura 8. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico americano GEFS/NCEP/NOAA.

3. Previsão de vazão afluente para os próximos dias

Na **Figura 9** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (24 de janeiro a 02 de fevereiro de 2022) e previstas (03 a 12 de fevereiro de 2022) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 143 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, 122 m³/s.

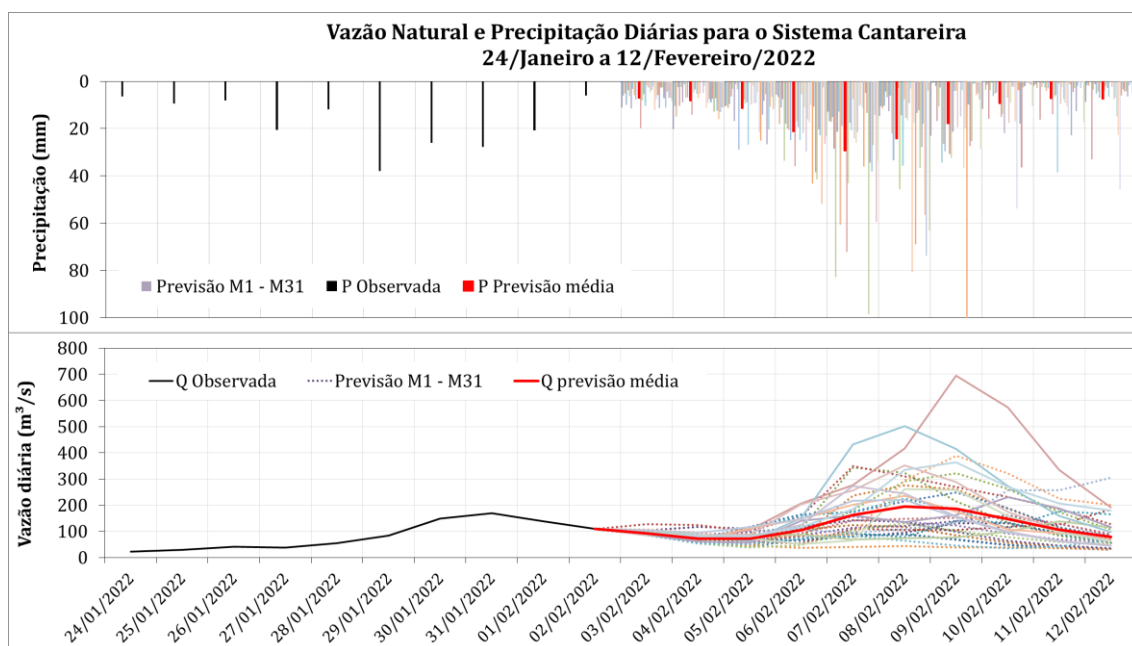


Figura 9. Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 31 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas 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 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 fevereiro de 2022, **Figura 9**) e, a partir do dia 13 de fevereiro 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 (fevereiro a setembro de 2018).

As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente média no período de fevereiro a abril de 2022, seria cerca de 59 m³/s, 8% acima da média histórica para este período (55 m³/s). Para esse mesmo período, considerando cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam vazões da ordem de 89% e 73% da média histórica, respectivamente. Por fim, considerando um cenário hipotético de chuvas 25% acima da média histórica, o modelo indica vazões 26% acima da média histórica deste período.

Considerando um horizonte de tempo maior, fevereiro a setembro de 2022, de acordo com as projeções, para o cenário de chuva na média histórica, a vazão afluyente seria em torno de 36 m³/s, o que representa 94% da média histórica para este período (38 m³/s). Adicionalmente, para os cenários de precipitações 25% abaixo e acima da média histórica, as simulações apontam projeções de vazões da ordem de 72% e 116% da média histórica desse mesmo período, respectivamente.

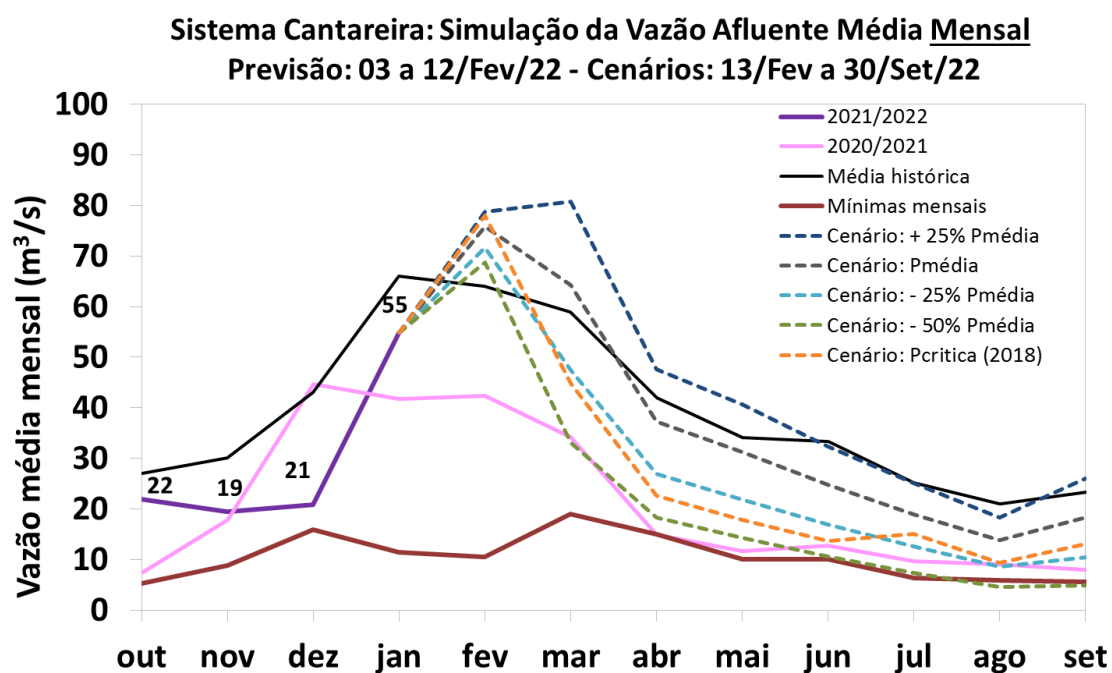


Figura 10. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluyente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média climatológica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul 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 2020 a setembro de 2021 (magenta); e de outubro de 2021 a janeiro de 2022 (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: previsão e projeções de vazão afluyente da **Figura 9** e **Figura 10**, respectivamente; vazão de extração para a estação elevatória Santa Inês (Q esi) de acordo com as regras condicionais estabelecidas pela resolução conjunta ANA/DAEE N^o 925; aporte médio de 5,13 m³/s proveniente da interligação entre o Sistema Paraíba do Sul e o reservatório Atibainha; e vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí) de 8,7 m³/s e 8,0 m³/s para estação seca e chuvosa, respectivamente.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, o reservatório estaria no final dos meses de março e de abril de 2022 na faixa de operação “Atenção” (armazenamento entre 40% a 60%) com armazenamento de 53% e 54%, respectivamente (**Tabela 01**). Para os cenários de precipitação 25% abaixo e acima da média, o reservatório estaria, ao final março de 2022 com 47% e 58% do volume útil, respectivamente, ambos na faixa de operação “Atenção”. No entanto, as simulações mostram que, considerando os mesmos cenários, porém para final de abril de 2022 o reservatório alcançaria 46% e 62%, respectivamente, faixas de operação “Atenção” e “Normal” (armazenamento entre 60% a 100%).

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 (setembro de 2022) na faixa de operação “Alerta” (armazenamento entre 30% a 40%), com 30,4% 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 de 2022, na faixa de operação “Especial”* (armazenamento entre 0% a 20%). Por fim, para o cenário de precipitações 25% acima da média, as simulações apontam um volume armazenado de 46%, faixa de operação “Atenção”. Ressalta-se que esses cenários podem ser modificados de acordo com mudanças na vazão de interligação (atualmente inoperante) com o 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: 03 a 12/Fev - Projeções: 13/Fev a 30/Set/2022
 Interligação - Paraíba do Sul - Fev a Set/22= 5,13 m³/s

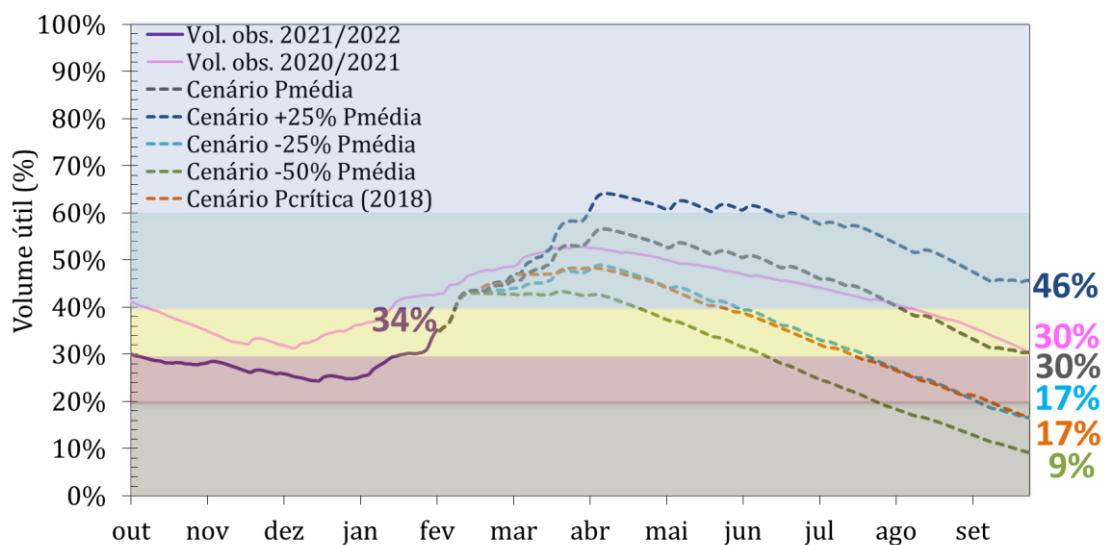


Figura 11. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nesta simulação foi considerada uma vazão de aporte da interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul com média igual a 5,13 m³/s entre fevereiro a setembro de 2022. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira entre outubro de 2020 a setembro de 2021 e a linha roxa no período outubro de 2021 a janeiro 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 março, abril e de setembro 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 2018)
31/03/2022 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	43%	47%	53%	58%	48%
Faixa de operação	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção
Extração máxima (m ³ /s)	31 m ³ /s	31 m ³ /s	31 m ³ /s	31 m ³ /s	31 m ³ /s
30/04/2022 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	39%	46%	54%	62%	45%
Faixa de operação	Alerta	Atenção	Atenção	Normal	Atenção
Extração máxima (m ³ /s)	27 m ³ /s	31 m ³ /s	31 m ³ /s	33 m ³ /s	31 m ³ /s
30/09/2022 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	9%	17%	30.4%	46%	17%
Faixa de operação	Especial	Especial	Alerta	Atenção	Especial
Extração máxima (m ³ /s)	15,5 m ³ /s	15,5 m ³ /s	27 m ³ /s	31 m ³ /s	15,5 m ³ /s