

Novembro de 2021

Ano 07 | número 63

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 (como mostrado na **Figura 1**) e Águas Claras (fora da área da 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.

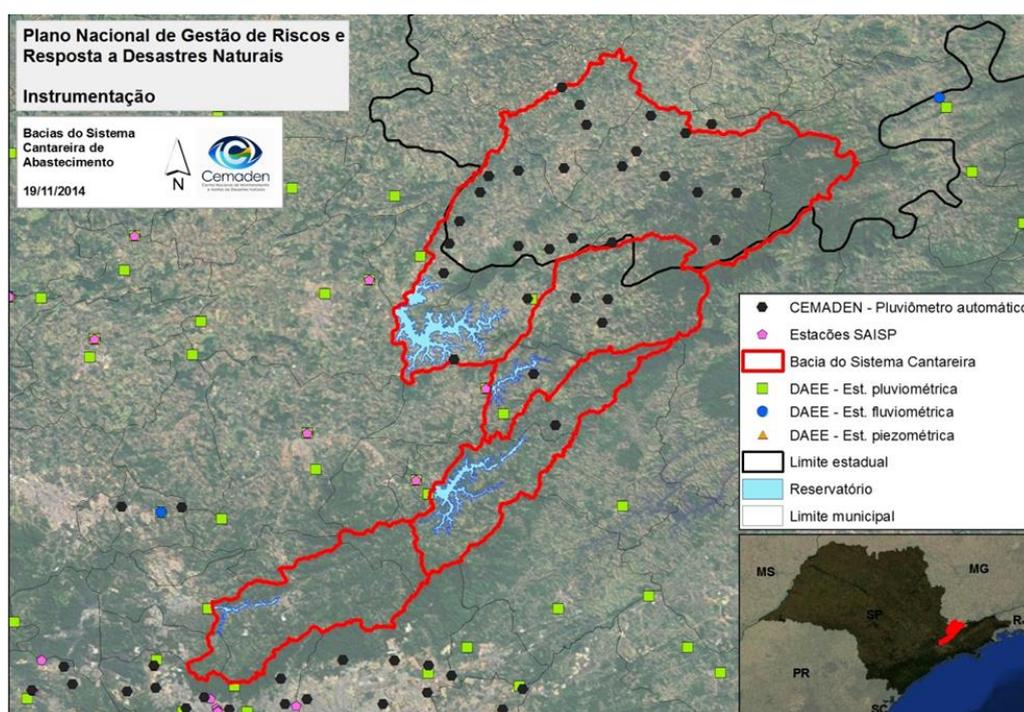


Figura 1: Localização do Sistema Cantareira no contexto do estado de São Paulo. Pontos pretos destacam Estações pluviométricas do CEMADEN, quadrados verdes destacam as do DAEE. Os espelhos de água são destacados em azul.

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.

Esta edição do boletim traz a situação para o mês de novembro de 2021, e projeções hidrológicas de dezembro de 2021 até abril de 2022. A situação de armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira, no final de novembro de 2021 (26%), é pior quando comparada ao mesmo período do ano de 2020 (32%). Com a situação atual de armazenamento, os reservatórios do Sistema Cantareira encontram-se na faixa de operação “Restrição” (armazenamento entre 20% e 30%)¹, cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é 23 m³/s. Em novembro de 2021, a média

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

desta vazão de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi 25 m³/s. Ainda em novembro, tanto a precipitação quanto a vazão registradas no Sistema Cantareira ficaram abaixo da média. Choveu o equivalente a 81% da média histórica do mês, enquanto a vazão afluyente aos reservatórios foi 64% da média histórica.

Com relação às projeções, considerando um cenário hipotético de chuvas na média histórica de dezembro de 2021 a abril de 2022, o modelo hidrológico projeta que a média de vazão afluyente poderá ser em torno da média histórica do período (55 m³/s) e o armazenamento no sistema, no final de abril de 2022, poderá chegar a 61% (na faixa de operação “Normal”). No entanto, considerando um cenário de chuvas 25% abaixo da média, o modelo indica, para o mesmo período, vazão cerca de 65% da média histórica e armazenamento no final do horizonte de projeções de 39% (na faixa de operação “Alerta”).

Sumário

Preâmbulo	2
1. Situação atual do Sistema Cantareira	5
2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira	8
3. Previsão de vazão afluyente para os próximos dias.....	9
4. Projeções de vazão afluyente 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 01 de outubro a 30 de novembro de 2021, baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE/ SAISP² e 16 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi 279 mm (278² mm), o que representa cerca de 25% (25%²) da média histórica de 1983-2020 (1121 mm). Na **Figura 2** apresenta-se a distribuição espaço-temporal do índice de anomalias sazonais de precipitações e de vazão para esta bacia, entre os anos de 1983 a 2021, tornando possível identificar períodos onde esses eventos foram mais intensos e/ou duradouros. É possível observar a ocorrência consecutiva de anomalias negativas de precipitação e consequentemente de vazão nas últimas 5 estações chuvosas (barras verticais e linha azuis), entre os anos de 2016 a 2021, destacando assim, a importância da atual estação chuvosa para a recuperação do sistema. No mês de novembro de 2021, a precipitação acumulada foi em torno de 122 mm (112² mm), o que representa 81% (75%²) acima da média histórica para este mês (150 mm) (**Figura 3**).

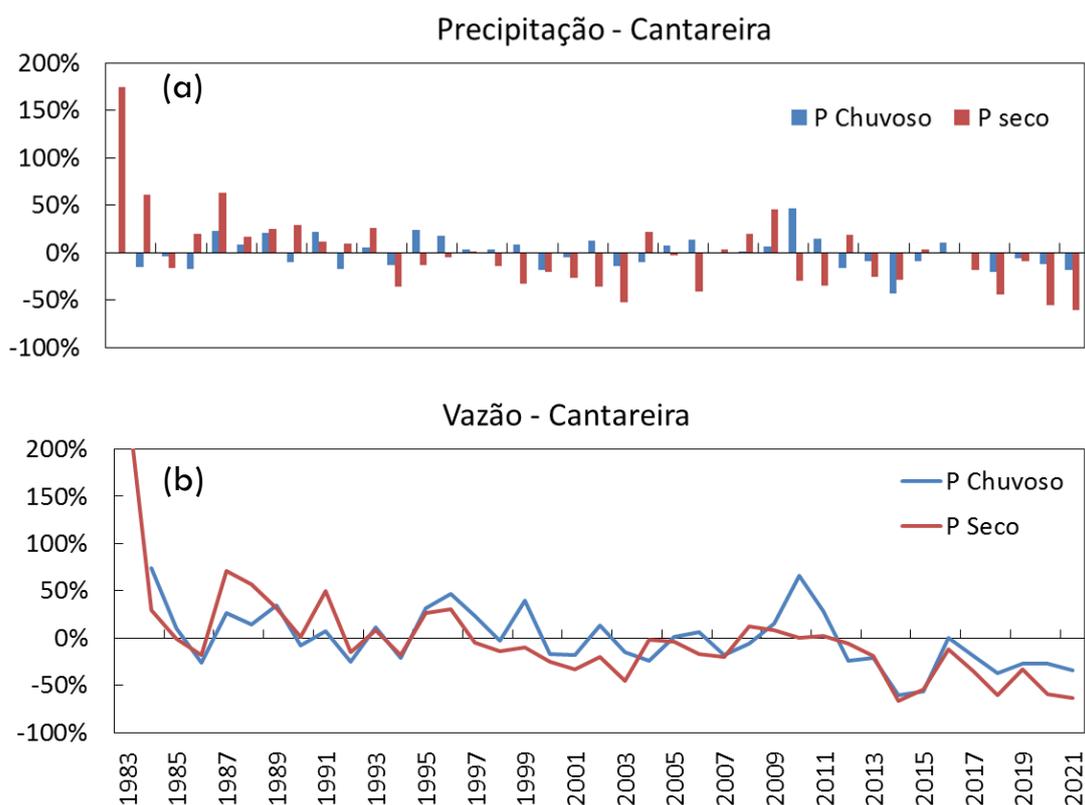


Figura 2. Anomalia de (a) precipitação (P) e (b) vazão (Q) sazonais para o Sistema Cantareira. Período seco: abril a setembro. Período chuvoso: outubro a março.

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

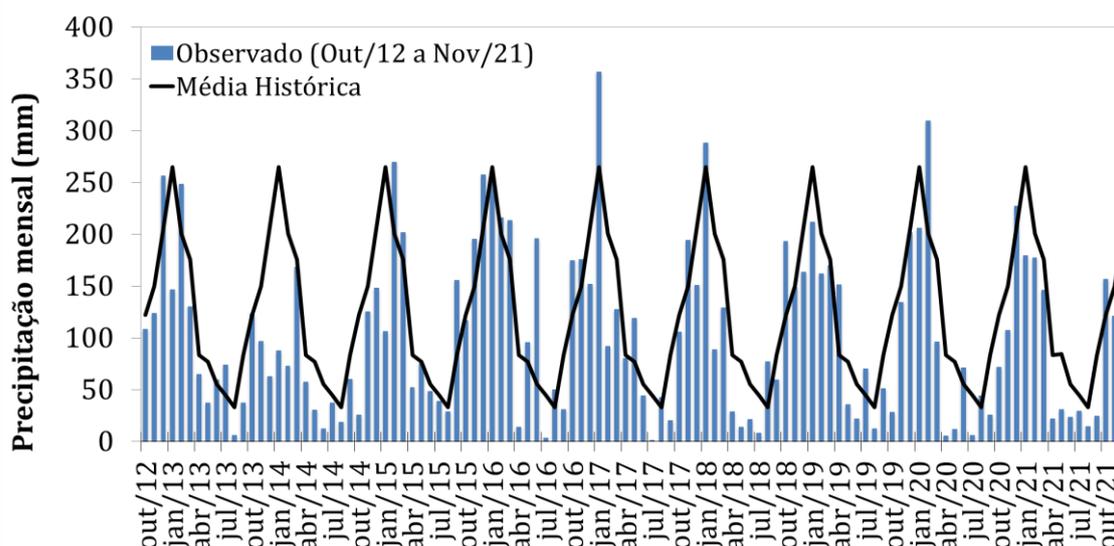


Figura 3. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN, entre outubro de 2012 a novembro de 2021. Ano hidrológico: outubro – setembro.

A média de vazão afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) de outubro a novembro de 2021, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi 21 m³/s, 43% da média histórica para a estação chuvosa, compreendida entre outubro a março (49 m³/s). Para o mesmo período, a extração total média dos reservatórios foi 33 m³/s, enquanto a média de extração para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo (vazão do elevatório Santa Inês), foi 24 m³/s. Durante o período de 01 de outubro a 30 de novembro de 2021, a média do aporte recebido através da interligação com o Sistema Paraíba do Sul foi 4,3 m³/s. É importante salientar que, após desligamento das bombas no início de setembro de 2021, devido ao limite anual de transferência de água entre os dois sistemas (162 milhões m³) ter sido alcançado, foi aprovada em outubro, em caráter excepcional e temporário, até 31 de dezembro de 2021, a manutenção da transferência do reservatório da UHE Jaguari para o reservatório Atibainha, no valor máximo de 5,13 m³/s quando armazenamento do sistema ficar abaixo de 30%.

Para o mês de novembro de 2021, a média de vazão afluente foi 19 m³/s (**Figura 4**), o que representa 64% da vazão média mensal histórica (30 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 25 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus), que contribui com a bacia dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiá (bacia PCJ), foi 10 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi 35 m³/s (**Figura 5**). Ainda no mês de novembro, de acordo com a SABESP, a média do aporte, proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul para o reservatório Atibainha, foi 7,5 m³/s.

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

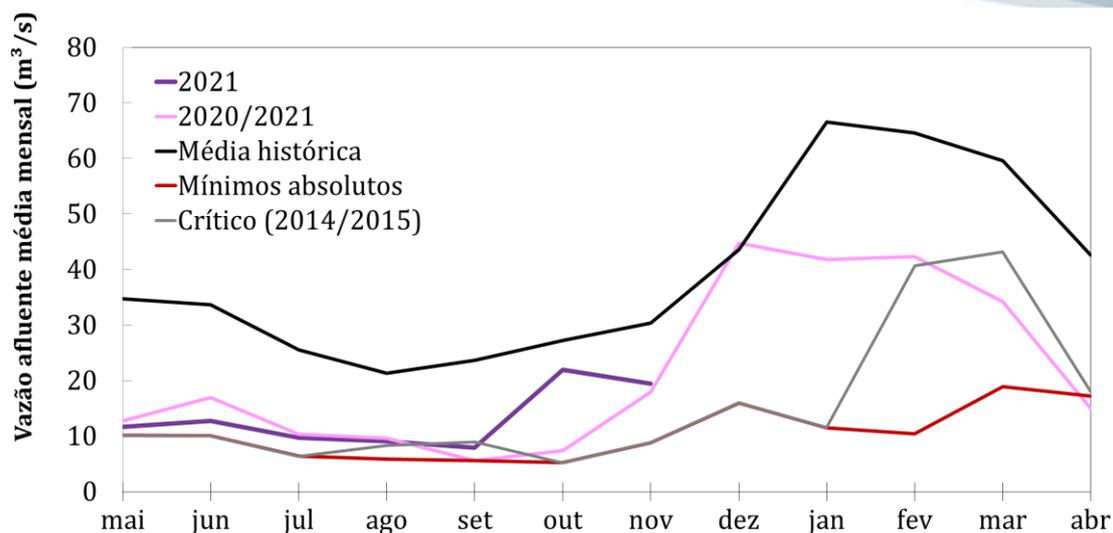


Figura 4. Vazão afluente (em m^3/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais históricas e mínimas mensais históricas para o período 1983 – 2020. As linhas cinza, magenta e roxa correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais de maio de 2014 a abril de 2015, representando o período crítico do histórico, de maio de 2020 a abril de 2021 e de maio a novembro de 2021. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução diária, de 01 de março de 2014 a 30 de novembro de 2021, 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 morto⁵ pode ser observada na **Figura 6**. O Sistema operou no final do mês de novembro de 2021 com 26% do volume útil ($982,0 \text{ hm}^3$), na faixa de operação “Restrição” (nível de armazenamento entre 20% e 30%), de acordo com o estabelecido pela Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925/2017.

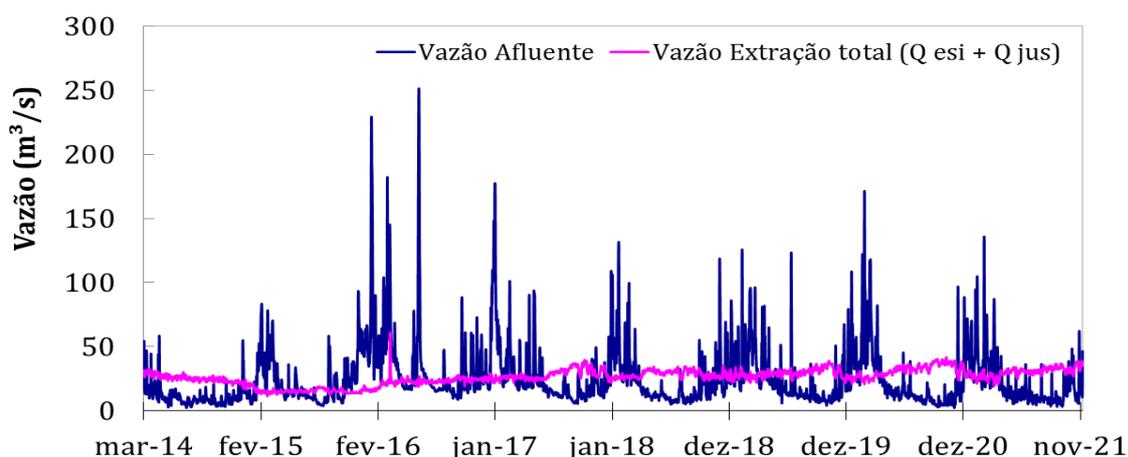


Figura 5. Evolução das vazões (m^3/s) diárias observadas no Sistema Cantareira: afluente (linha azul) e extração total, referente à vazão para atendimento da demanda da Região Metropolitana de São Paulo – Q esi - somada à vazão a jusante para a bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jaguari – Q jus (linha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

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.

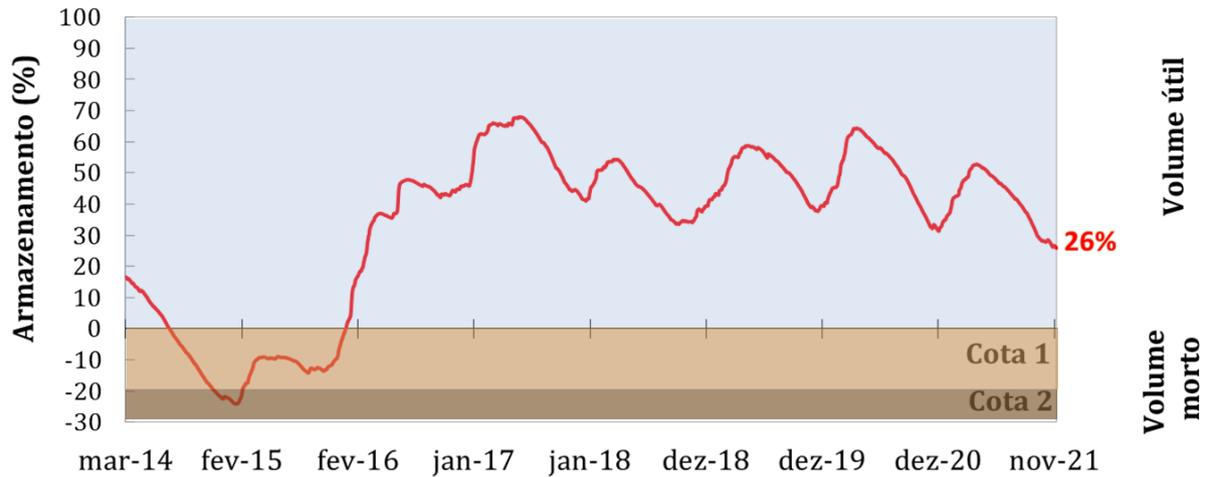


Figura 6. Evolução diária do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira. Área em azul corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm³). Fonte dos dados: SABESP.

2. Previsão de chuva para o Sistema Cantareira

A região da bacia de captação do Sistema Cantareira se encontra atualmente dentro do período chuvoso. Em particular, as previsões baseadas no modelo GENS/NOAA (50x50 km) indicam que haverá possibilidade de chuva nos próximos 10 dias (**Figura 7**, esquerda), especialmente no final do período considerado. Contudo, essas chuvas serão irregulares e com volumes totais predominantemente abaixo da média histórica da época. A tendência para a segunda semana (**Figura 8**), também aponta a possibilidade de chuva, provavelmente com acumulados pluviométricos totais próximos à média histórica.

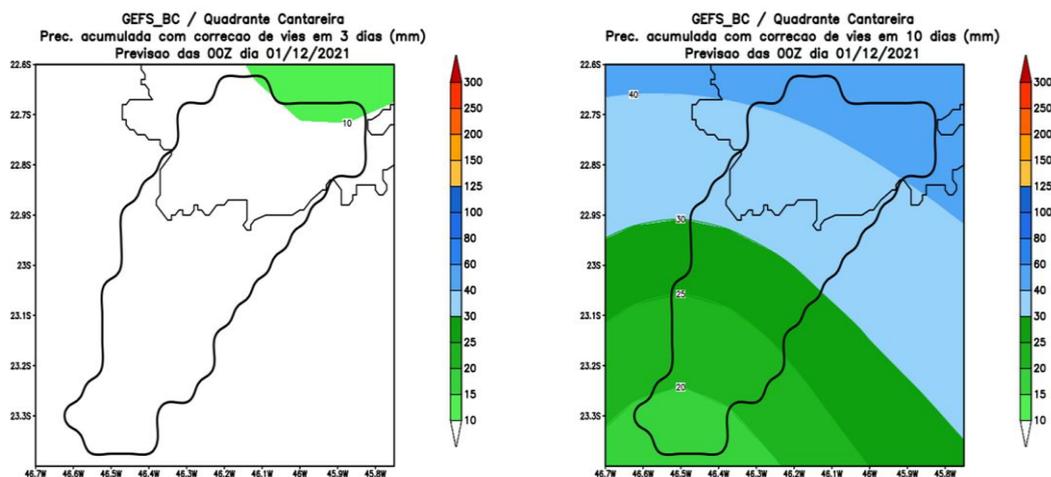


Figura 7. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GFS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

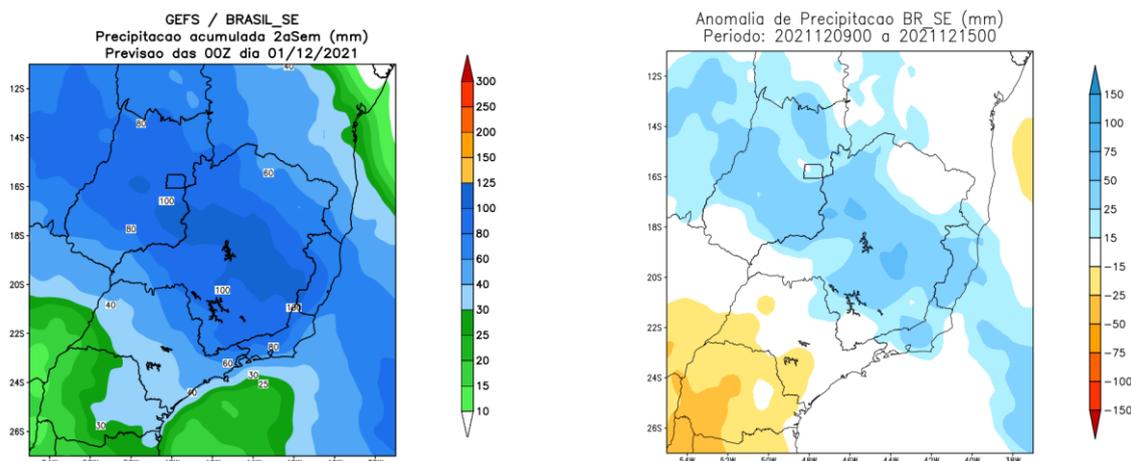


Figura 8. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico americano GEFS/NCEP/NOAA.

3. Previsão de vazão afluyente para os próximos dias

Na **Figura 9** (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (21 a 30 de novembro) e previstas (01 a 10 de dezembro de 2021) dos 31 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 38 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, 23 m³/s.

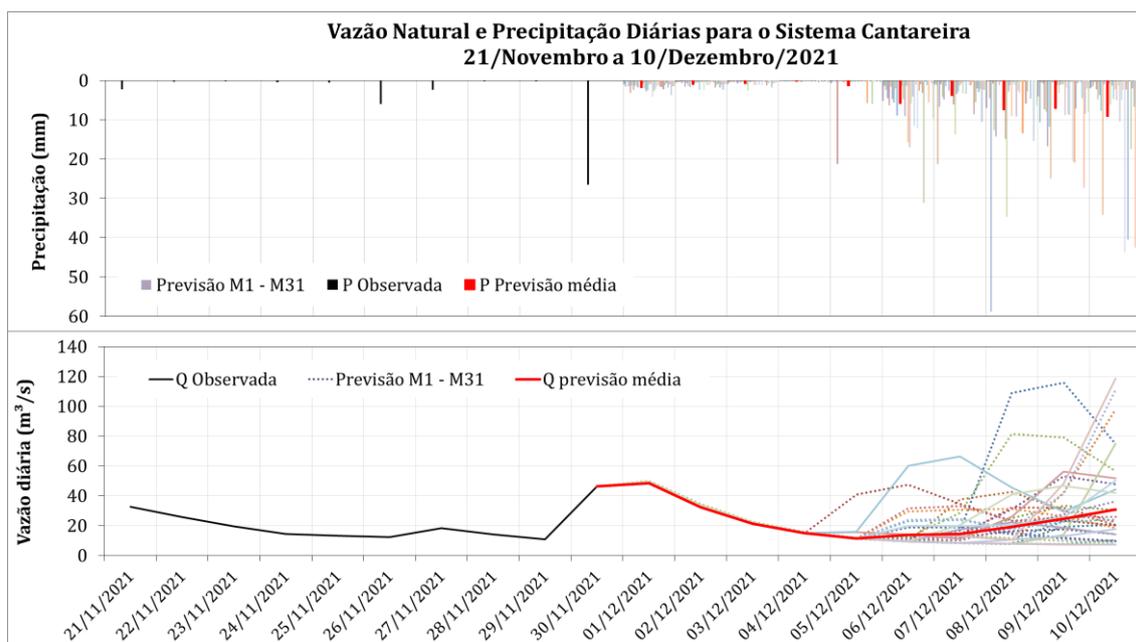


Figura 9. Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas

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 (01 a 10 de dezembro de 2021, **Figura 9**) e, a partir do dia 11 de dezembro foram considerados cinco cenários hipotéticos de precipitação: média histórica (1983-2020), 25% acima da média, 25% e 50% abaixo da média histórica e cenário crítico (dezembro de 2013 a abril de 2014). As simulações indicam que, no cenário de chuva na média histórica, a vazão afluente no período de dezembro de 2021 a abril de 2022, poderá alcançar cerca de 56 m³/s, o que representa valores em torno da média histórica para este período. Para cenários de precipitações 25% e 50% abaixo da média histórica, as simulações apontam projeções de vazões da ordem de 65% e 35% da média histórica desse mesmo período, respectivamente.

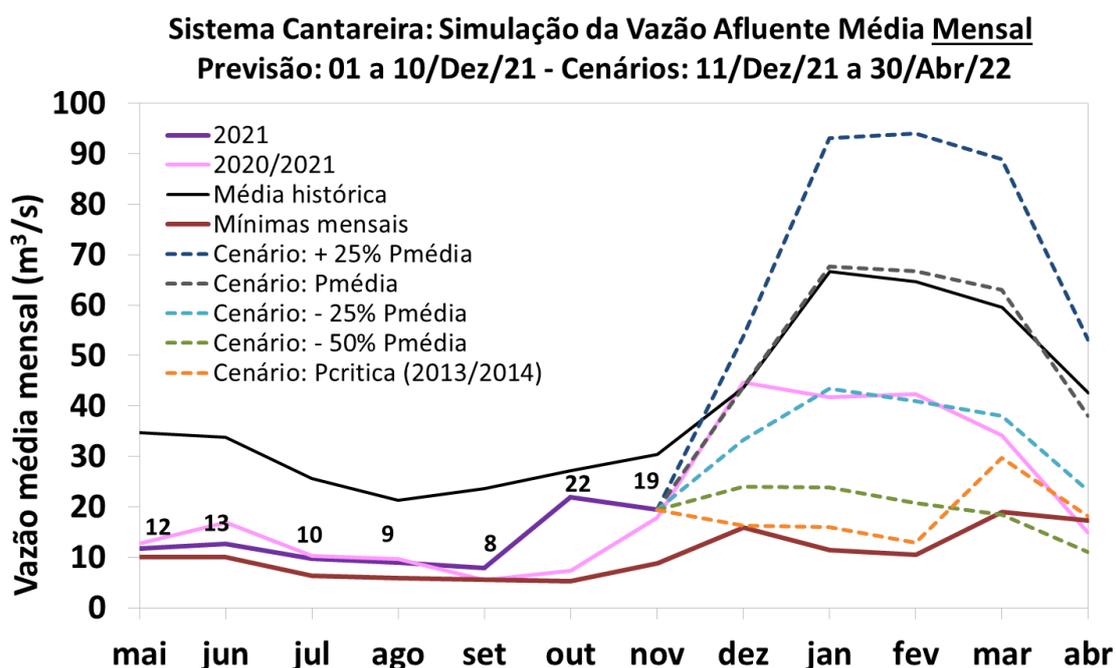


Figura 10. Histórico e simulação de vazão média mensal (em m³/s) afluente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas) considerando a previsão e cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% abaixo da média climatológica (azul claro); na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) 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 maio de 2020 a abril de 2021 (magenta); e de maio a novembro de 2021 (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 afluente 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 Nº 925; e vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) igual à média praticada no período 2017-2021, para as estações seca e chuvosa (7,3 m³/s e 4,7 m³/s, respectivamente). Ressalta-se que, nessas simulações o aporte de interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul (de acordo com a Resolução ANA Nº 1931) aprovado em carácter excepcional, até 31 de dezembro de 2021 (de 5,13 m³/s), somente deverá ocorrer quando o Sistema Cantareira estiver operando abaixo de 30% do seu volume útil.

Considerando um cenário hipotético de precipitação na média histórica, as projeções indicam que, o reservatório retornará no final do horizonte de projeções (abril de 2022) para a faixa de operação “normal” (armazenamento entre 60% a 100%), com 61% (**Tabela 01**). Entretanto, *considerando o cenário de precipitação 25% e 50% abaixo da média, o reservatório estaria, respectivamente, ao final de abril de 2022, na faixa de operação “alerta” (armazenamento entre 30% a 40%) e faixa de operação “restrição” (armazenamento entre 20% e 30%)*. Ressalta-se que esses cenários podem ser modificados de acordo com mudanças na vazão de interligação com o Rio Paraíba do Sul bem como as extrações do Sistema a serem praticadas pelo operador, nos próximos meses.

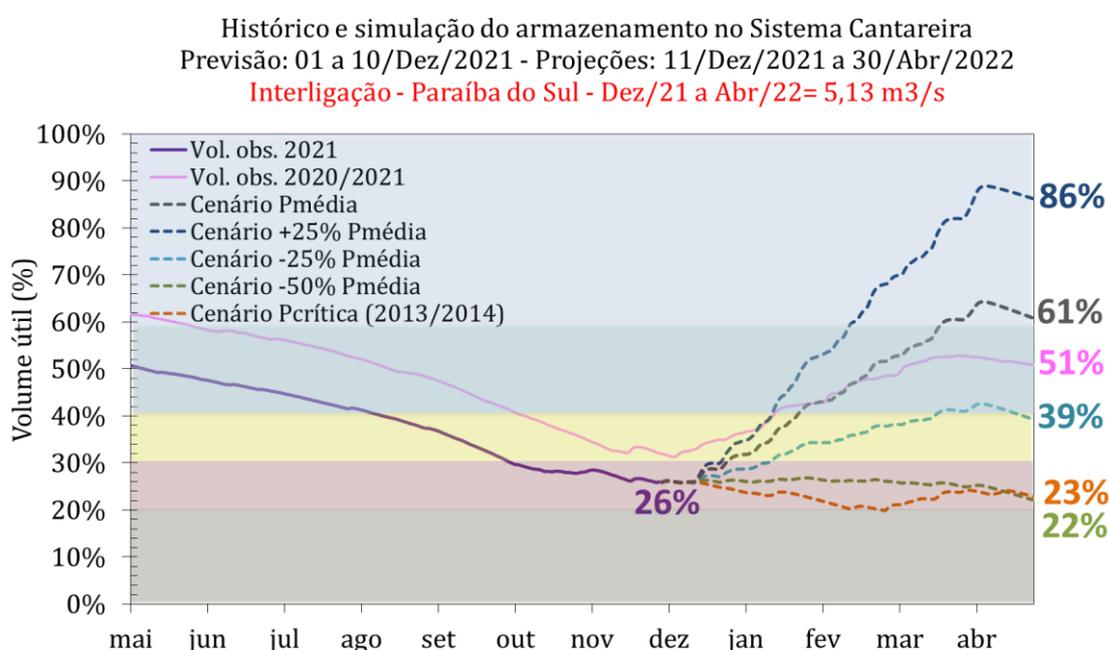


Figura 11. Projeções de armazenamento do Sistema Cantareira (linhas tracejadas) para cinco cenários de precipitação: 50% (verde) e 25% (azul claro) abaixo da média histórica, na média histórica (cinza) e 25% acima da média histórica (azul escuro) e cenário crítico (laranja). Nesta simulação foi considerada uma vazão de aporte da interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul com média igual a 5,13 m³/s entre dezembro de 2021 a abril de 2022 (em dezembro de 2021 a interligação foi considerada apenas para dias com volume útil do reservatório menor que 30%) A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira entre maio de 2020 a abril de 2021 e a linha roxa no período de maio a

novembro de 2021. 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 de dezembro de 2021 e de abril 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 2013/2014)
31/12/2021 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	26%	29%	32%	34%	24%
Faixa de operação	Restrição	Restrição	Alerta	Alerta	Restrição
Extração máxima (m ³ /s)	23 m ³ /s	24 m ³ /s	27 m ³ /s	27 m ³ /s	23 m ³ /s
30/04/2022 (Com interligação)					
Volume útil - 982 hm ³ - (%)	22%	39%	61%	86%	23%
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