

BOLETIM
Nº 11/2019

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

Karinne Deusdará-Leal

Marcelo Seluchi

Wanderley Mendes

Elaboração

Karinne Deusdará-Leal



UNIDADE DE PESQUISA DO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



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.

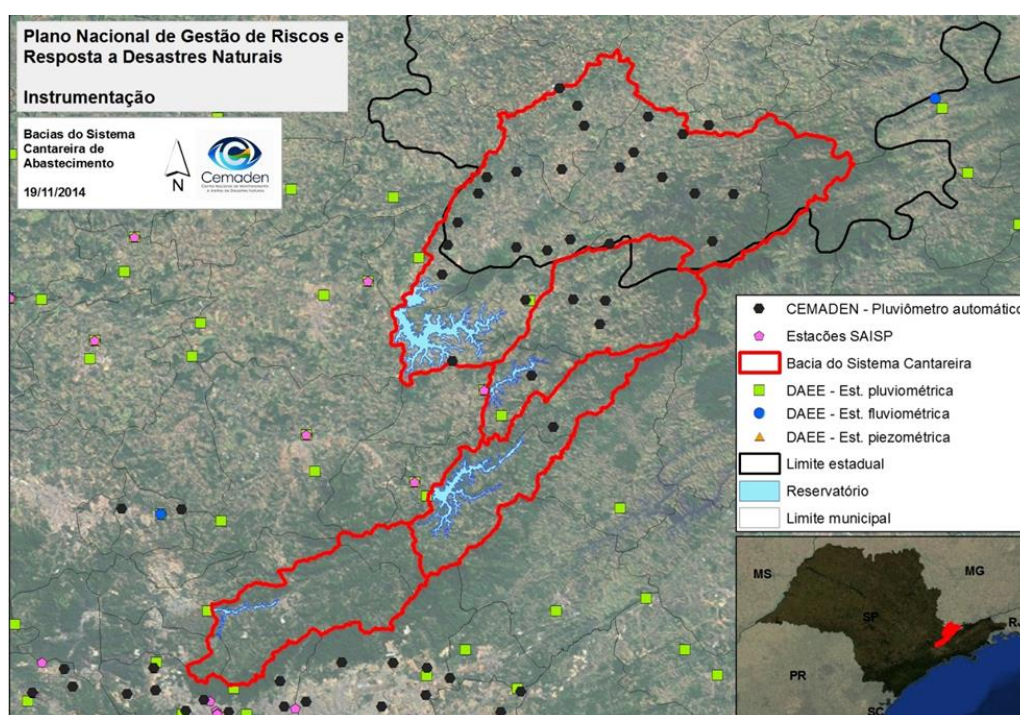


Figura 1: Localização do Sistema Cantareira no contexto do estado de São Paulo. Pontos pretos destacam Estações pluviométricas do Cemaden, quadrados verdes destacam as do DAEE e triângulos. Os espelhos de água são destacados em azul.

O CEMADEN, desde 2014, devido à intensa seca na região Sudeste, estabeleceu um sistema de monitoramento, previsão e cenários 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 outubro de 2019 com horizonte de projeções até o final da estação chuvosa que se aproxima, isto é, março de 2020. A situação de armazenamento dos reservatórios do Sistema Cantareira (40,4%), em 04 de novembro de 2019, é superior à situação do ano passado (34,2%). Com a situação atual de armazenamento, o

reservatório do Sistema Cantareira passa para a faixa de operação “alerta” (armazenamento entre 30% e 40%), cuja máxima vazão de extração para o atendimento da demanda hídrica da região metropolitana de São Paulo é de 27 m³/s. Em outubro, esta vazão de extração foi de 23,5 m³/s. Com relação às projeções para os próximos meses, em um cenário hipotético de chuvas na média climatológica, o modelo hidrológico projeta que a vazão afluyente ficará abaixo da média histórica para a próxima estação chuvosa (83%) e o armazenamento no sistema ficará em torno de 65%, enquadrado na faixa 1 de operação do reservatório¹. Nesta faixa de operação a vazão de extração máxima permitida é de 33 m³/s.

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

1. Situação atual do Sistema Cantareira

A precipitação média espacial, acumulada durante o período seco de 01 de abril a 30 de setembro de 2019, baseado nas redes pluviométricas cobrindo as sub-bacias de captação do Sistema Cantareira (7 pluviômetros do DAEE/ SAISP² e 19 pluviômetros em operação do CEMADEN), foi de 344 mm (383²mm), o que representa 88% (98%²) da média climatológica do período seco, compreendido entre abril a setembro (390 mm). Para o mês de outubro de 2019, primeiro mês do período chuvoso 2019/2020, a precipitação média espacial foi de 29 mm (29² mm), o que representa 23% (24%²) da média climatológica para este mês (125 mm) (Figura 2). Ressalta-se que a menor precipitação para o mês de outubro do histórico desta bacia ocorreu em outubro de 1984, com apenas 25 mm.

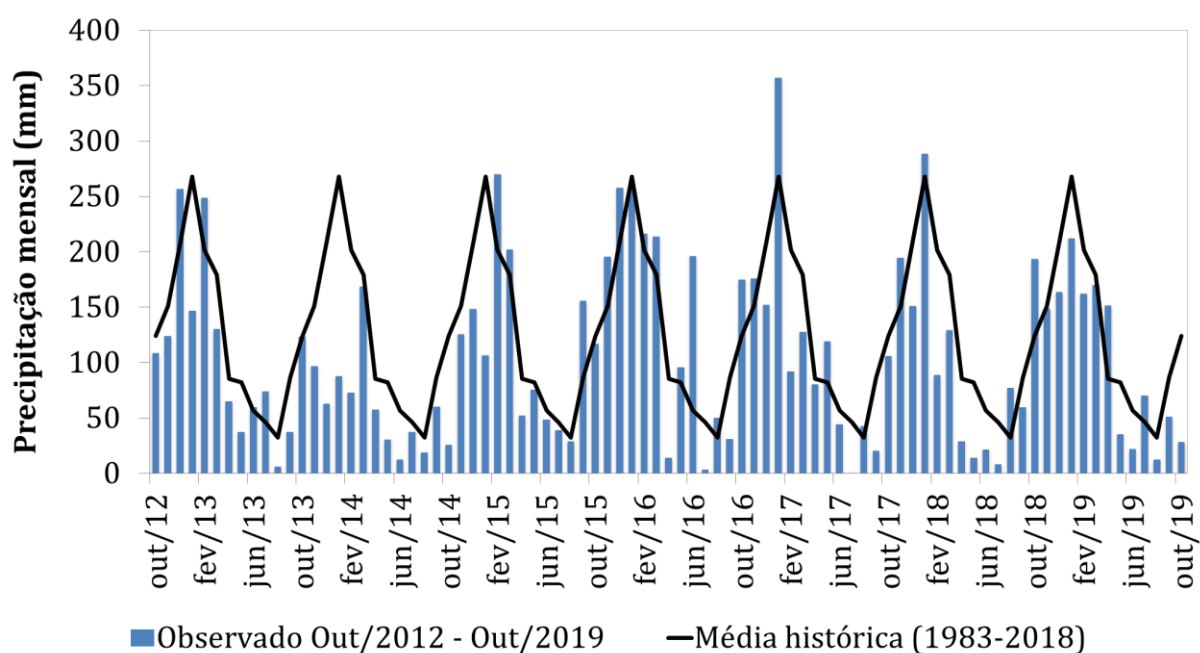


Figura 2. Precipitação mensal na bacia do Sistema Cantareira (em mm) de acordo com os dados do CEMADEN. Ano hidrológico: outubro – setembro. MLT: média de longo termo.

A vazão média afluente ao Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro) de 01 de abril a 30 de setembro de 2019, de acordo com dados da SABESP³ e da ANA⁴ foi de 20 m³/s (Figura 3), 65% da vazão média para a estação seca (31 m³/s). Para o mesmo período, a vazão média de extração total foi de 30 m³/s (Figura 4) e a vazão média de interligação com o Sistema Paraíba do Sul foi de 4,4 m³/s.

Para o mês de outubro de 2019, a vazão média afluente foi 8,5 m³/s, o que representa 30% da vazão média mensal histórica (28 m³/s). Para o mesmo período, a extração média de água do

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

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

⁴ ANA: Agência Nacional de Águas.

Sistema Cantareira para o elevatório Santa Inês (Qesi), que abastece a cidade de São Paulo, foi de 23,5 m³/s, e a vazão de jusante (Qjus) que contribui com a bacia dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiá (bacia PCJ) foi de 11,1 m³/s. Juntas, estas duas vazões representam a extração total do sistema Cantareira, que foi de 34,7 m³/s. Ainda no mês de outubro, a vazão média afluente ao reservatório Atibainha proveniente da interligação com o Sistema Paraíba do Sul foi de 5,12 m³/s.

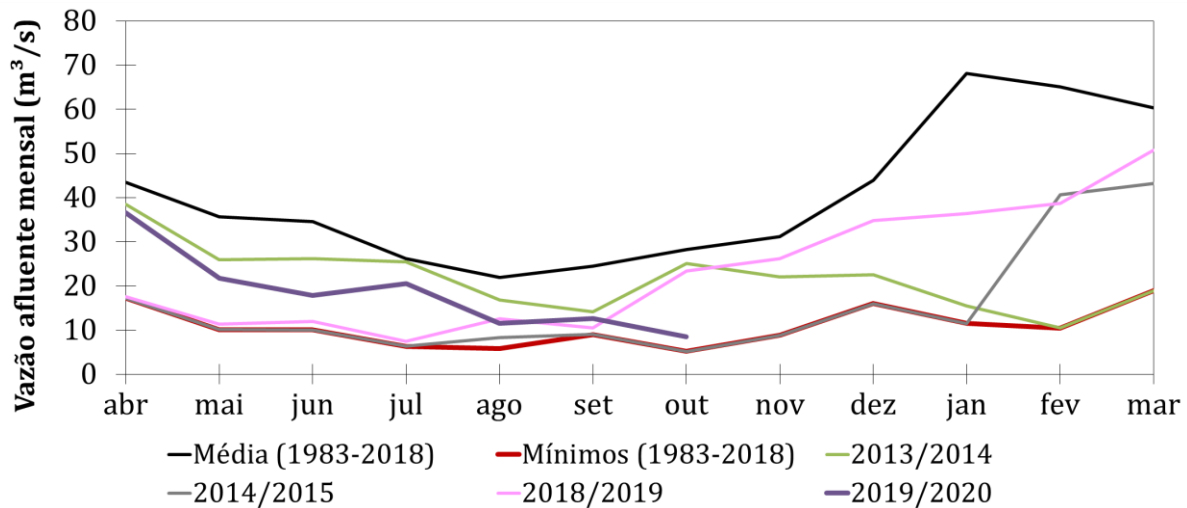
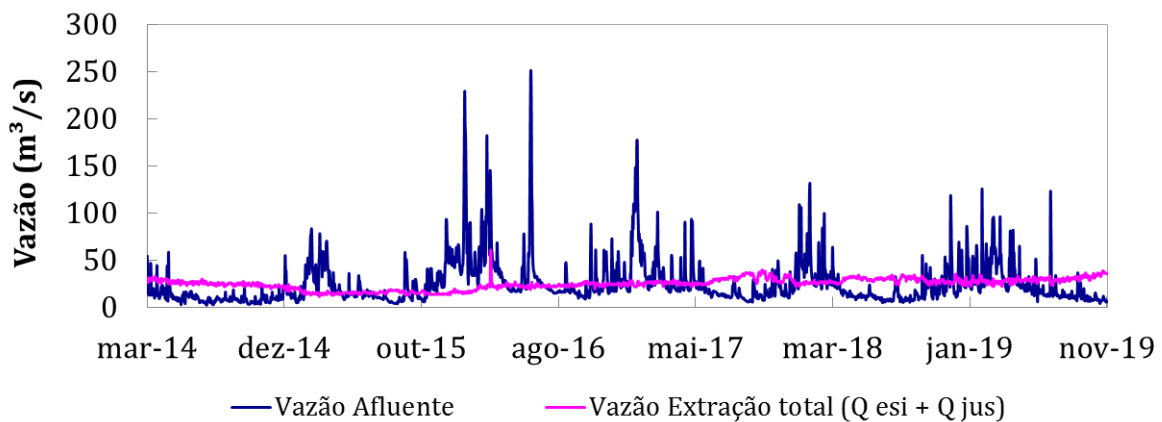


Figura 3. Vazão afluente (em m³/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias e mínimas mensais para o período 1983 – 2018. As linhas cinza e magenta correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais de abril de 2013 a março de 2014 e de abril de 2018 a março de 2019. A linha roxa corresponde à vazão média mensal de abril a outubro de 2019. Fonte dos dados: SABESP.

A evolução diária, de 01 março de 2014 a 04 de novembro de 2019, da vazão afluente e vazão de extração do reservatório somada à vazão defluente podem ser observados na Figura 4. 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 5, operando no último dia com 40,4% do volume útil (982,0 hm³).



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 4. Evolução da vazão afluente (em m³/s) do Sistema Cantareira (linha azul) e da vazão de extração total: 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.

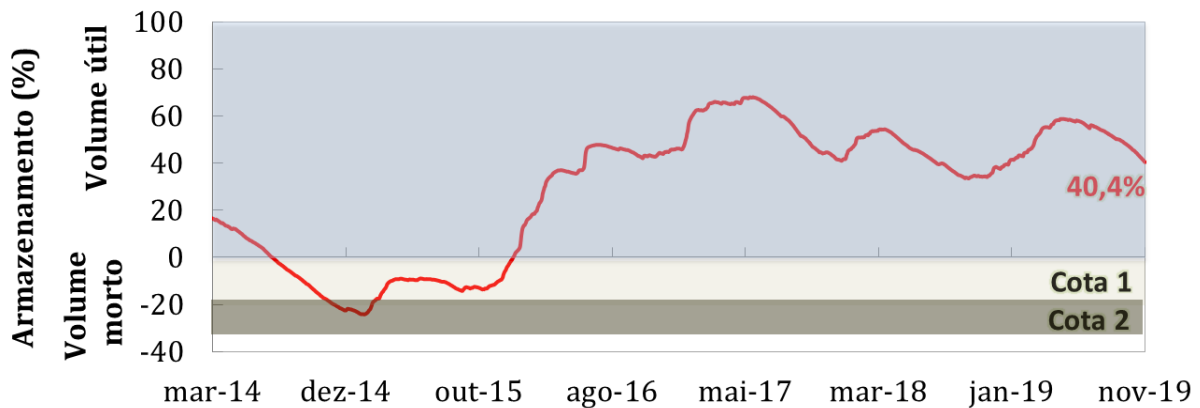


Figura 5. Evolução do nível de armazenamento (%) do Sistema Cantareira. Área em cinza corresponde ao volume útil do reservatório (982 hm³), em marrom claro à primeira cota do volume morto (182,5 hm³) e em marrom escuro à segunda cota do volume morto (105 hm³). Fonte dos dados: SABESP.

2. Previsão de Chuva para o Sistema Cantareira

A transição para a estação chuvosa na maior parte da Região Sudeste começou nos últimos dias de outubro, embora ainda com precipitações muito inferiores à média da época. Nos próximos dias um sistema de baixa pressão irá incrementar as precipitações na região da bacia do Sistema Cantareira, conforme se mostra na Figura 6. As previsões (tendência) de chuva para a segunda semana, apresentadas na Figura 7, indicam que na bacia de captação do Sistema Cantareira, há previsão de acumulados pluviométricos expressivos, provavelmente superiores à média histórica da época. Esse fato indica o provável estabelecimento da estação chuvosa na região.

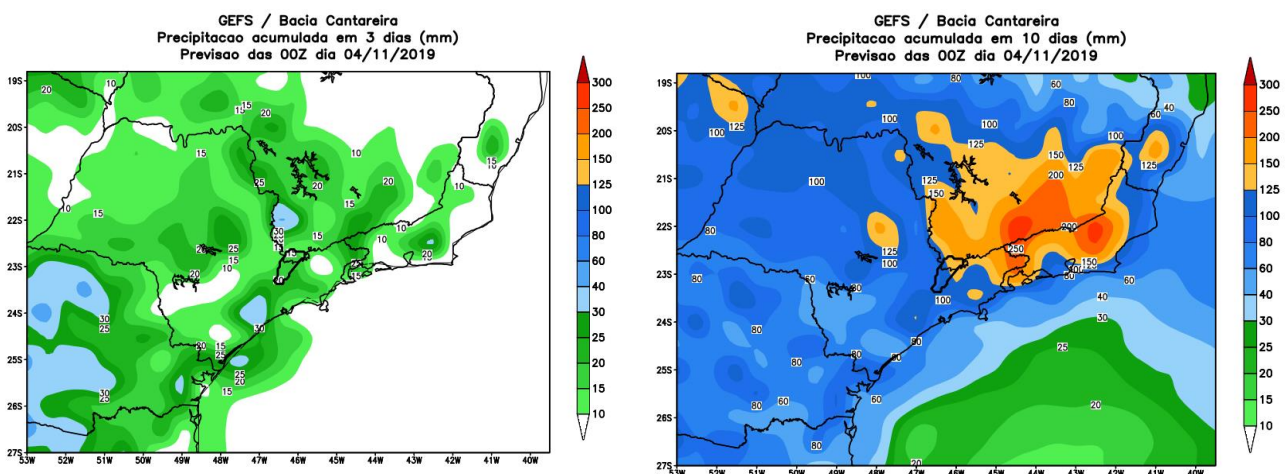


Figura 6. Previsão de precipitação acumulada em milímetros (mm) nos próximos 3 (esquerda) e 10 (direita) dias para a bacia de captação do Sistema Cantareira, segundo a previsão do modelo numérico GFS/NOAA. A área da bacia de captação do Sistema Cantareira é indicada no centro da figura com linha preta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

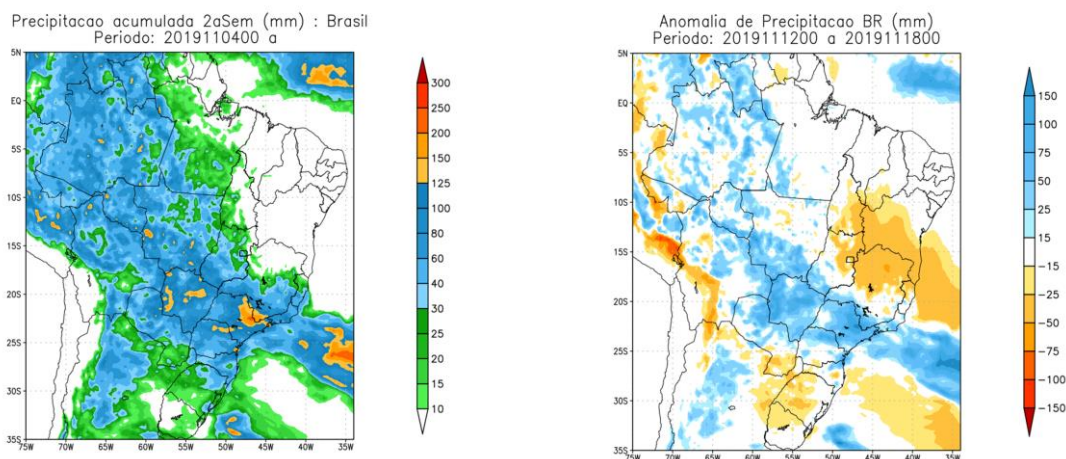


Figura 7. Previsão de precipitação em milímetros (mm) acumulados (esquerda) e sua respectiva anomalia em relação aos valores climatológicos (direita) para a segunda semana de acordo com o modelo numérico americano GFS/NCEP/NOAA.

3. Previsão e Cenários de vazão afluente

Na Figura 8 (superior) são apresentadas as precipitações diárias observadas (27 de outubro a 04 de novembro de 2019) e previstas (05 a 14 de novembro de 2019) dos 21 membros de previsão de precipitação e a média destes, cuja soma totaliza 82 mm. A Figura 8 (inferior) exhibe as vazões diárias observadas e previstas dos 21 membros de previsão, 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 é de, aproximadamente, $18 \text{ m}^3/\text{s}$.

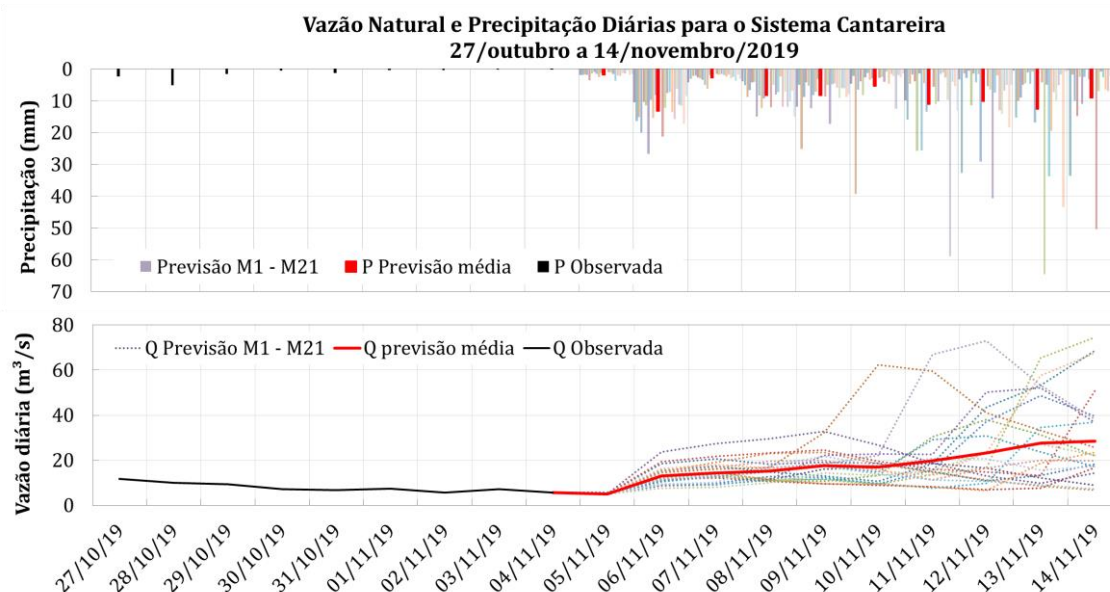


Figura 8. Precipitação (P) e Vazão Natural (Q) diárias para a bacia de captação do Sistema Cantareira. Na figura superior as barras pretas correspondem à precipitação média espacial, as barras coloridas representam os 21 membros de previsão do modelo numérico GENS/NOAA (50x50 km) e as barras vermelhas representam a média destes membros de previsão. Na figura inferior a linha preta representa a vazão observada, as linhas coloridas correspondem aos membros de previsão de vazão e a linha vermelha corresponde à média destes membros.

A Figura 9 apresenta, além das vazões médias mensais observadas, as projeções de vazão média mensal afluyente (em m^3/s), usando a média dos membros de previsão de vazão para o período 05 a 14 de novembro de 2019 (conforme apresentado na Figura 8), e cenários de precipitação para o período de 15 de novembro de 2019 a 31 de março de 2020. Foram considerados cinco diferentes cenários de precipitação: média climatológica, 25% acima da média climatológica, 25% e 50% abaixo da média climatológica e um cenário crítico de precipitações iguais às ocorridas entre novembro de 2013 a março de 2014. As simulações indicam que, considerando um cenário hipotético de chuva na média histórica, a vazão média no período de novembro de 2019 a março de 2020 seria de $45 m^3/s$, o que representa 83% da média histórica desse período ($54 m^3/s$). Ainda de acordo com esta simulação, no cenário crítico, a vazão para o mesmo período seria de, aproximadamente, $15 m^3/s$, representando 27% da vazão média histórica do período.

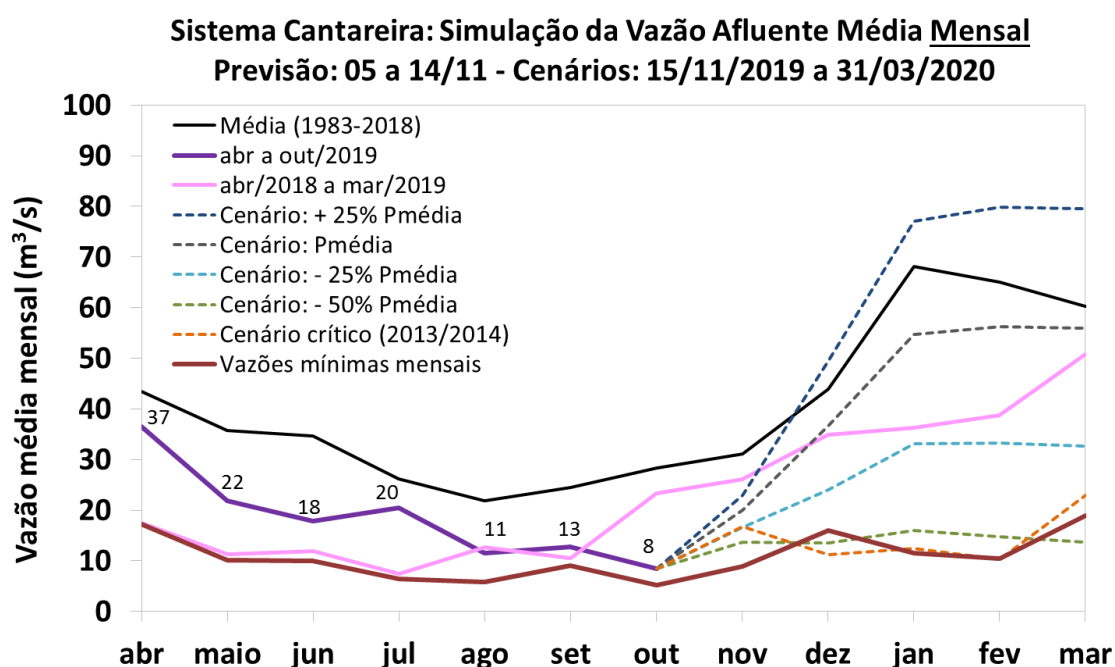


Figura 9. Cenários de vazão natural média mensal (em m^3/s) afluyente ao Sistema Cantareira (linhas tracejadas): precipitação 50% abaixo da média climatológica (verde); precipitação 25% abaixo da média climatológica (azul claro); na média climatológica (cinza); 25% acima da média climatológica (azul escuro); e cenário crítico (2013/2014) (laranja). As linhas espessas representam as vazões médias mensais observadas, de acordo com a SABESP: média histórica (preto); mínimos mensais (marrom); de abril de 2018 a março de 2019 (magenta); e de abril a outubro de 2019 (roxo).

4. Simulação da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira

A Figura 10 apresenta as projeções da evolução do volume útil armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira utilizando: a previsão e projeções de vazões das Figura 8 e Figura 9, 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; vazão defluente (Q jusante) para as bacias do PCJ (rios Piracicaba, Capivari e Jundiá) igual à média praticada nos anos 2014 a 2016, para as estações seca e chuvosa (2,09 m³/s e 1,55 m³/s, respectivamente); e aporte de interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul, cuja vazão média é 5,13 m³/s. Em contrapartida, na Figura 11 são apresentadas as projeções da evolução do armazenamento nos reservatórios do Sistema Cantareira sem considerar a interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul. No cenário de precipitações pluviométricas na média climatológica, no dia 31 de dezembro de 2019, o volume armazenado no Sistema Cantareira, considerando a interligação, seria de aproximadamente 416 hm³ (42% de 982 hm³, volume útil do Sistema Cantareira), e no final da próxima estação chuvosa, em março de 2020, o volume seria 637 hm³ (65%), aproximadamente. Na simulação sem a interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul, estes valores seriam 391 hm³ (40%) e 582 hm³ (59%), respectivamente.

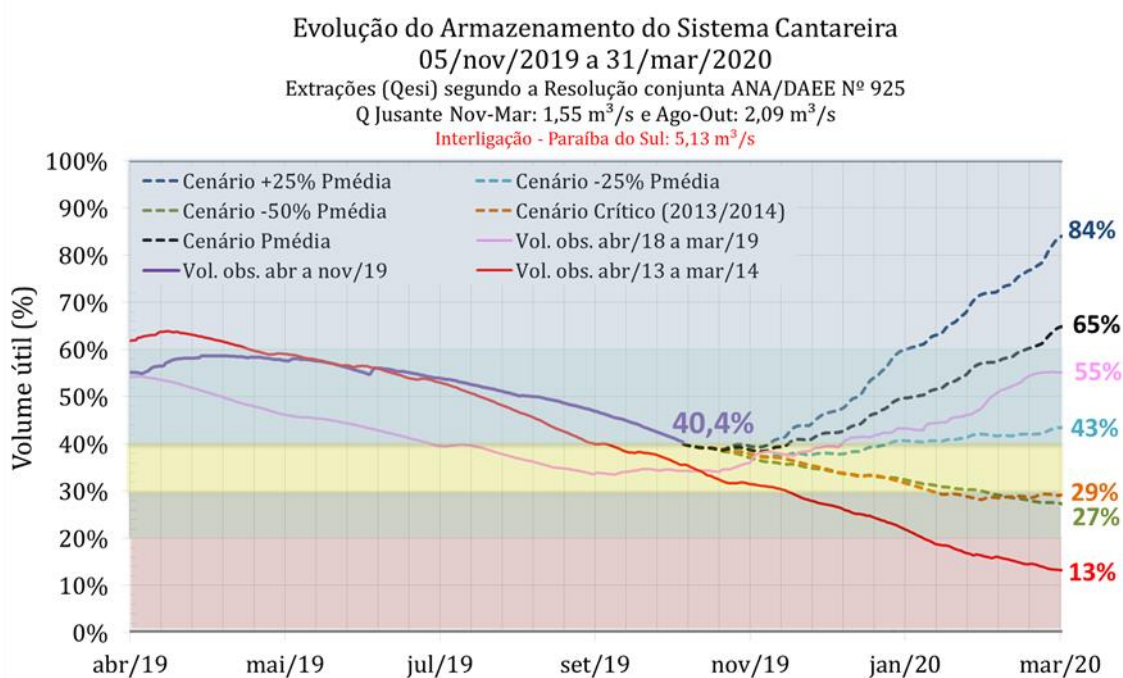


Figura 10. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para cinco diferentes cenários de precipitação: 50% (linha verde) e 25% (linha azul claro) abaixo da média climatológica, na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha azul escuro) e cenário crítico (linha laranja). Nesta simulação considera-se a vazão média de aporte da interligação com a bacia do Rio Paraíba do Sul com média de 5,13 m³/s. A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira no período de abril/2018 a março/2019 e a linha vermelha de abril/2013 a março/2014. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925.

Evolução do Armazenamento do Sistema Cantareira
05/nov/2019 a 31/mar/2020

Extrações (Qesi) segundo a Resolução conjunta ANA/DAEE Nº 925
Q Jusante Nov-Mar: 1,55 m³/s e Ago-Out: 2,09 m³/s
Sem interligação com a bacia do rio Paraíba do Sul

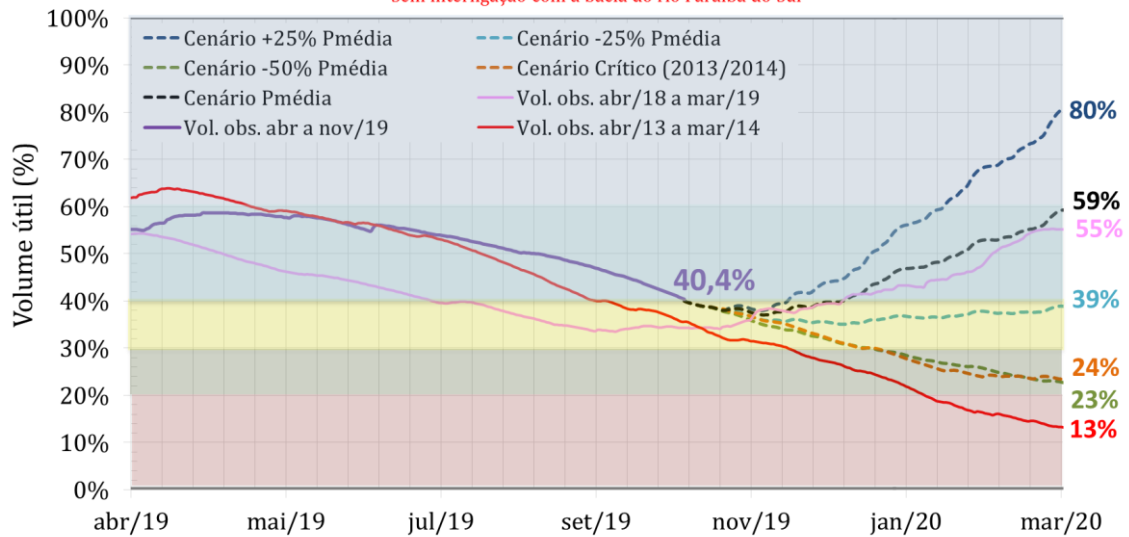


Figura 11. Projeções da evolução do armazenamento do Sistema Cantareira para cinco diferentes cenários de precipitação: 50% (linha verde) e 25% (linha azul claro) abaixo da média climatológica, na média climatológica (linha preta), 25% acima da média climatológica (linha azul escuro) e cenário crítico (linha laranja). A linha magenta mostra a evolução do armazenamento observado do Sistema Cantareira no período de abril/2018 a março/2019 e a linha vermelha de abril/2013 a março/2014. As faixas coloridas referem-se às faixas de operação do reservatório de acordo com a resolução conjunta da ANA/DAEE Nº 925.