

RELATÓRIO DE ATIVIDADES

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA



SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Relatório de Implantação

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Janeiro de 2022

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL – DHT
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

Relatório de Atividades

Departamento de Hidrologia

SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO
Relatório de Implantação

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Marcus Suassuna Santos

Artur José Soares Matos



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
CPRM

Brasília, janeiro de 2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Pedro Paulo Dias Mesquita

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Frederico Claudio Peixinho

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

EQUIPE DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DO RIO SÃO FRANCISCO

Alessandro José da Silva

Artur José Soares Matos – D.Sc.

Breno Guerreiro da Motta - M.Sc.

Elizabeth Guelman Davis

Emília Yumi Kawaguchi

Fernando Silva Rego - M.Sc.

Frederico Ernesto Coelho Carvalho

José Alexandre Pinto Coelho - M.Sc.

Rodney Geraldo do Nascimento

Este relatório está em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU)¹.

A Agenda 2030 e os ODS afirmam que para pôr o mundo em um caminho sustentável é urgentemente necessário tomar medidas ousadas e transformadoras. Os ODS constituem uma ambiciosa lista de tarefas para todas as pessoas, em todas as partes, a serem cumpridas até 2030. Se cumprirmos suas metas, seremos a primeira geração a erradicar a pobreza extrema e iremos poupar as gerações futuras dos piores efeitos adversos da mudança do clima.

Os Sistemas de Alertas Hidrológicos (SAH) estão inseridos nos seguintes objetivos da ODS:



¹ Link para cartilha da ODS dos SAHs:

http://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/21778/1/7_sistemas_de_alerta_hidrologico_outubro_ok.pdf

PROJETO DOS SISTEMAS DE ALERTAS HIDROLÓGICOS

SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Relatório de Implantação

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

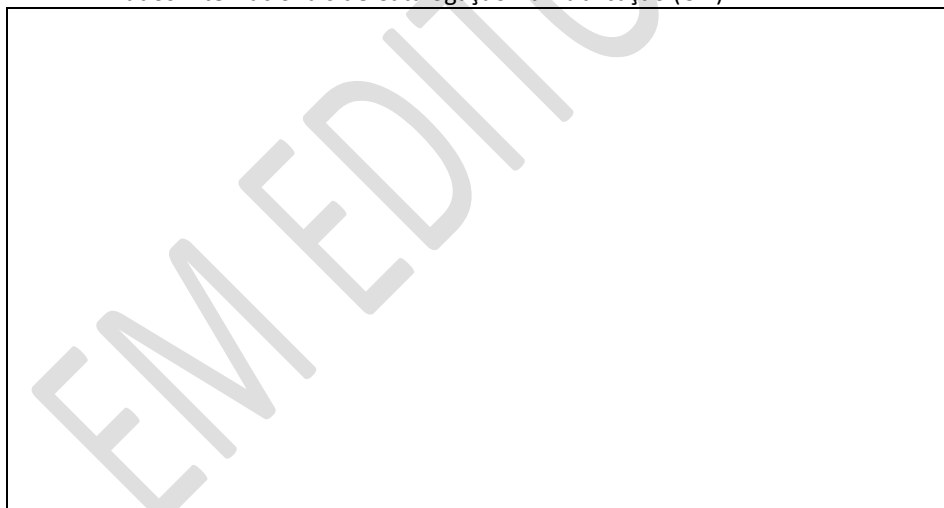
AUTORES

Marcus Suassuna Santos

Artur José Soares Matos

FOTOS DA CAPA: Foto tirada a partir da régua de Pirapora – relatório de campo, de atividade de obtenção das cotas de inundação nas cidades mineiras de Pirapora, São Romão, São Francisco e no distrito de Buritizeiro, Cachoeira do Manteiga – CPRM, 2021.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)



Ficha catalográfica elaborada pela DIDOTE

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

Serviço Geológico do Brasil - CPRM
www.cprm.gov.br
seus@cprm.gov.br

APRESENTAÇÃO

Desde o início dos anos 1980, após as cheias de 1979, já se discutia a implantação de sistemas de alertas de cheias na região, como uma forma de mitigar os efeitos de eventos extremos. Após um longo período seco no rio São Francisco, em março de 2020 houve uma grande cheia nas bacias que drenam para o reservatório de Três Marias e também no rio das Velhas. Essa cheia provocou o enchimento e vertimento da barragem de Três Marias, que há anos seguia com níveis muito baixos. A soma da vazão de vertimento de Três Marias e as vazões da cheia do rio das Velhas alcançaram finalmente a calha principal do rio São Francisco e provocou inundação de comunidades ribeirinhas situadas ali. Durante esse evento, a CPRM, ainda sem um sistema de alerta operacional na bacia, executou, ainda que de modo simplificado, tarefas típicas de um SAH, acompanhando do avanço da onda de cheia e comunicando-se com órgãos especializados e com as comunidades ribeirinhas quanto a chegada da onda de cheia. Nessa oportunidade, foi feito o acompanhamento do avanço da onda de cheia, com previsão de níveis, desde Pirapora/MG até Xique-Xique/BA. Após esse evento, foi tomada a decisão de implantar o SAH São Francisco. Tal ação coincidiu com a implantação de estações da Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência ao longo da calha do São Francisco, o que viabilizou a implantação dos sistemas de previsão nas quatro localidades que hoje iniciam a operação, na forma que será descrito ao longo deste relatório.

RESUMO

O Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio São Francisco (SAH São Francisco) apresenta seu Relatório de Implantação. Neste relatório será apresentada uma descrição geral do monitoramento que será feito na bacia e um histórico das cheias. Será feita ainda uma caracterização da bacia em seus aspectos hidroclimatológicos, incluindo caracterização do clima, chuvas e hidrologia, com foco na caracterização das cheias. Nessa caracterização, propõem-se ainda uma análise de frequência de cheias na bacia e um breve relato dos modelos de previsão que serão utilizados ao longo da operação do SAH São Francisco.

EM EDITORAÇÃO

ABSTRACT

The São Francisco River Basin Hydrological Alert System (SAH São Francisco) presents its Implementation Report. It will give a general description of the monitoring carried out in the basin and a history of the floods. Hydroclimatological aspects will be included, and so will be a description of the climate, rainfall and hydrology. In this characterization, a flood frequency analysis will be briefly outlined. The report also describes the forecasting models that will be used.

EM EDITORAÇÃO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA.....	13
2.1 Área de abrangência	14
2.2 Clima e pluviometria.....	16
2.3 Regime hidrológico	19
2.4 Vazões máximas anuais	22
3. DESCRIÇÃO DO SAH	24
3.1 Detalhamento do modelo de previsão	26
4. AGRADECIMENTO AOS PARCEIROS	27
5. CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
ANEXOS	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Bacia do rio São Francisco, com destaque para os quatro pontos de monitoramento que fazem parte da primeira fase de implantação do SAH.....	14
Figura 2: Mapa de climas de acordo com classificação de Koppen-Geiger na América do Sul (Fonte: Peel et al., 2007).	17
Figura 3: Atlas pluviométrico do Brasil – Isoietas de totais anuais médios (1977 a 2006).	18
Figura 4: Chuva média mensal – dados CHIRPS – período de 1981 a 2021 (Funk et al., 2015).	19
Figura 5: Variação sazonal dos níveis na estação Pirapora, na calha do rio São Francisco.	20
Figura 6: Variação sazonal dos níveis na estação Cachoeira da Manteiga, na calha do rio São Francisco.	20
Figura 7: Variação sazonal dos níveis na estação São Romão, na calha do rio São Francisco.	21
Figura 8: Variação sazonal dos níveis na estação São Francisco, na calha do rio São Francisco.	21
Figura 9: Frequência com que a máxima anual é observada em cada mês nas estações da bacia do rio São Francisco – em cada gráfico são indicados os meses, em coordenadas polares conforme o título e as cores de cada eixo; e o número de vezes em que a máxima anual é indicada na legenda.	22
Figura 10: Vazões máximas anuais nas estações da bacia do rio São Francisco .	23
Figura 11: Diagrama unifilar da bacia com os tempos de propagação da onda de cheia ao longo do trecho monitorado do rio São Francisco.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estações de monitoramento fluviométrico operadas pela CPRM no Alto da bacia do São Francisco.....	15
Tabela 2: Locais afetados e cotas de inundação definidas nos municípios atendidos pelo SAH São Francisco.	15
Tabela 3: Vazões máximas diárias (em m ³ /s) estimadas para diferentes períodos de retorno nas quatro estações do SAH São Francisco.....	24
Tabela 4: Estações de monitoramento fluviométrico operadas pela CPRM no Alto da bacia do São Francisco.....	26

EM EDITORAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio São Francisco (SAH São Francisco) apresenta seu Relatório de Implantação. Neste relatório será apresentada uma caracterização geral da bacia, além da área de abrangência e descrição de como será o funcionamento do SAH São Francisco.

Na calha do rio São Francisco encontra-se em operação desde 1962 a Usina Hidrelétrica de 3 Marias (CEMIG, 2021). A referida Usina está situada à montante do trecho que será monitorado pelo SAH São Francisco e apresenta uma relevante capacidade de regulação de vazões do rio. A Usina foi planejada com o propósito de atender a múltiplos usos, sendo os principais a contenção de cheias, a garantia da navegabilidade e a geração de energia elétrica.

Ainda que tenha sido dimensionado com a finalidade de contenção de cheias, essa capacidade é limitada e, mesmo após a implantação do reservatório, o rio São Francisco observou cheias históricas em todos os pontos de monitoramento. Conforme os registros das estações de monitoramento, as máximas históricas em Pirapora e São Romão foram observadas em 1979, e nas estações de São Francisco e Cachoeira da Manteiga, em 1992.

A cheia de 1979 e outras subsequentes evidenciam a capacidade limitada da usina de Três Marias no amortecimento de cheias na calha principal do rio. Isso se deve, em grande parte, a dois fatores: um primeiro, associado às restrições operativas da usina (ou seja, a capacidade de regularização de vazões tem um limite); e um segundo, associado à entrada de importantes afluentes ao longo da calha do São Francisco à jusante da UHE Três Marias, sendo que esses afluentes não apresentam regulação de vazões por meio de reservatórios – esse é o caso dos rios Abaeté, Velhas, Paracatu e Urucuia.

Desde o início dos anos 1980, após os eventos mais significativos de 1979, já se discutia a implantação de sistemas de alertas de cheias na região, como uma forma de mitigar os efeitos de eventos extremos. Nas bacias do rio Doce e São Francisco, foram implantadas estações telemétricas, que funcionavam via rádio e/ou telefone. Contudo, não se chegou de fato a implantar o sistema de alerta do rio São Francisco.

Após um longo período seco no rio São Francisco, em março de 2020 houve uma grande cheia nas bacias que drenam para o reservatório de Três Marias e também

no rio das Velhas. Essa cheia provocou o enchimento e vertimento da barragem de Três Marias, que há anos seguia com níveis muito baixos. A soma da vazão de vertimento de Três Marias e as vazões da cheia do rio das Velhas alcançaram finalmente a calha principal do rio São Francisco e provocou inundação de comunidades ribeirinhas situadas ali.

Durante esse evento, a CPRM, ainda sem um sistema de alerta operacional na bacia, executou, ainda que de modo simplificado, tarefas típicas de um SAH, acompanhando do avanço da onda de cheia e comunicando-se com órgãos especializados e com as comunidades ribeirinhas quanto a chegada da onda de cheia. Nessa oportunidade, foi feito o acompanhamento do avanço da onda de cheia, com previsão de níveis, desde Pirapora/MG até Xique-Xique/BA.

Após esse evento, foi tomada a decisão de implantar o SAH São Francisco. Tal ação coincidiu com a implantação de estações da Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência ao longo da calha do São Francisco, o que viabilizou a implantação dos sistemas de previsão nas quatro localidades que hoje iniciam a operação, na forma que será descrito ao longo deste relatório.

2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA

Na Figura 1 é apresentada um mapa representando a hidrografia da bacia do rio São Francisco. O rio tem uma extensão de 2.863 km e uma área de drenagem de aproximadamente 640.000 km² (CBHSF, 2021). Ele tem suas nascentes na Serra da Canastra, estado de Minas Gerais e até sua foz percorre 505 municípios em seis estados (BA - 48,2% da área de bacia; MG - 36,8%; PE – 10,9%; AL – 2,2%; SE – 1,2%; GO – 0,5%) e no Distrito Federal (0,2%). Para fins de planejamento e estudo a bacia é subdividida em quatro partes: Alto São Francisco (cerca de 40% da área da bacia hidrográfica), Médio (39%), Submédio (17%) e Baixo São Francisco (5%) (CBHSF, 2021).

A parcela da bacia que hora é contemplada pelo SAH São Francisco está restrita ao Alto São Francisco, à jusante de Três Marias. A calha do rio, portanto, está totalmente situada no estado de Minas Gerais. Nesse trecho, os principais afluentes do São Francisco são, por sua margem esquerda, os rios Abaeté, Paracatu e Urucuia. Por sua margem direita, os principais afluentes são os rios das Velhas, Jequitaí e Pacuí.

A bacia historicamente é cenário de intensa atividade antrópica, sendo que as principais atividades econômicas que impactam a paisagem natural são a pecuária, a agricultura, as áreas de reflorestamento, além dos importantes centros urbanos situados na bacia. Essas atividades interagem com os diversos biomas observados na região, com destaque para as áreas de cerrado, caatinga, fragmentos de mata atlântica e biomas costeiros e insulares. Margeando os rios existem áreas de umidade mais elevada, regiões denominadas de mata seca (CBHSF, 2021).

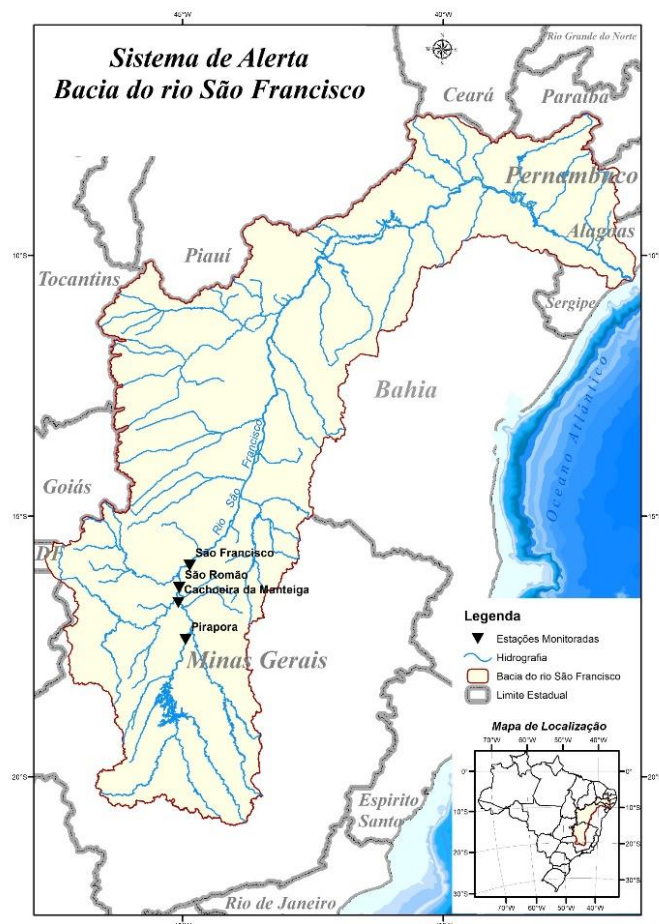


Figura 1: Bacia do rio São Francisco, com destaque para os quatro pontos de monitoramento que fazem parte da primeira fase de implantação do SAH.

2.1 ÁREA DE ABRENGÊNCIA

O SAH São Francisco tem como objetivo alertar sobre riscos de inundação em quatro municípios mineiros (Tabela 1). Essa atividade beneficiará com informação acerca de processos de inundação uma população de 144.000 pessoas que habitam esses municípios situados no trecho alto da bacia. Na

mesma Tabela 1 são indicados os códigos das estações que farão parte do SAH. Detalhes dessas estações, incluindo as fichas descritivas e dados de curvas-chave são apresentados no anexo deste relatório.

Tabela 1: Estações de monitoramento fluviométrico operadas pela CPRM no Alto da bacia do São Francisco.

Nome	Código	Município	População atendida	Área da bacia(km ²)
Pirapora Barreiro	41135000	Pirapora/Buritizeiro	53.368	62.200
Cachoeira do Manteiga	42210000	Buritizeiro	26.922	107.000
São Romão	43200000	São Romão	10.276	154.000
São Francisco	44200000	São Francisco	53.828	184.000

Em setembro de 2021, o SGB/CPRM realizou campanha de campo, juntamente com a operação padrão de operação da Rede Hidrometeorológica Nacional, com o intuito de obter cotas de referência para monitoramento das cheias na área de abrangência do SAH São Francisco. Vale resgatar que, pelas definições hoje adotadas pelo SGB/CPRM essas cotas de referência são assim definidas:

- Cota de inundação: é aquela em que o primeiro dano é observado no município;
- Cota de alerta: indica que há possibilidade elevada de ocorrência de inundação;
- Cota de atenção: indica que há possibilidade moderada de ocorrência de inundação.

As atividades de campo foram voltadas para a definição das cotas de inundação, ou seja, definição dos pontos iniciais de alagamento, a partir do qual os primeiros danos resultantes das cheias são observados em uma determinada localidade. A partir desse valor e da análise dos dados hidrológicos é que serão definidas as cotas de alerta e atenção. O resultado dessa atividade, com a descrição do local afetado e do valor das cotas de inundação nos quatro pontos de monitoramento considerados são resumidos na Tabela 2.

Tabela 2: Locais afetados e cotas de inundação definidas nos municípios atendidos pelo SAH São Francisco.

Município	Descrição do Local	Cota de Inundação (m)
Pirapora	Ilha de Paquetá, em frente ao Clube da ASSEF Pirapora	3,09

Município	Descrição do Local	Cota de Inundação (m)
Cachoeira do Manteiga	Rancho dos pescadores ao lado da seção de réguas	10,94
São Romão	Base do pórtico de entrada da cidade	7,58
São Francisco	Primeira casa da comunidade da Tapera, 5m a montante da cidade	6,33

2.2 CLIMA E PLUVIOMETRIA

O trecho da bacia do rio São Francisco que é objeto dessa primeira fase do SAH ocupa é a parcela do Alto São Francisco. Essa região apresenta a transição entre um clima *Tropical de Savana (Aw)* em sua parcela mais ao norte, clima *Temperado de verão seco e verão quente (Cwa)* e *Temperado de verão seco e verão morno (Cwb)* nas parcelas mais ao sul. Essa classificação é feita conforme os critérios de Köppen-Geiger (Figura 2). O clima Aw é caracterizado por apresentar temperatura média superior a 18° C no mês mais frio do ano e ter uma estação seca praticamente sem chuvas. Já nos climas temperados, a temperatura do mês mais frio é inferior a 18° e superior a 0° C. Nos dois tipos de clima (Cwa e Cwb), a estação seca ocorre praticamente sem chuvas e o que diferencia as duas é a intensidade do calor nos meses mais quentes do ano.

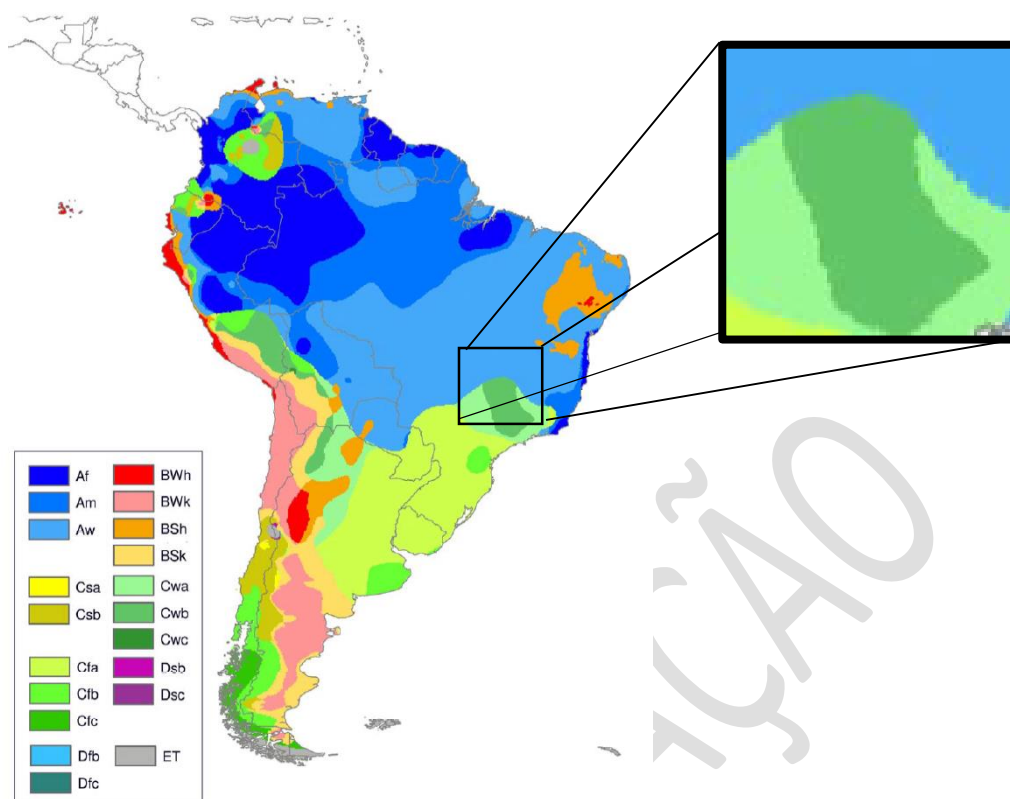


Figura 2: Mapa de climas de acordo com classificação de Köppen-Geiger na América do Sul (Fonte: Peel et al., 2007).

Dados do Atlas Pluviométricos do Brasil (CPRM, 2011), indicam acumulados de chuvas anuais na bacia da ordem de 1.320 mm (Figura 3). Em alguns pontos, essa precipitação pode chegar a 1.700 mm ao ano, principalmente nas nascentes dos rios Urucuia e nas nascentes do próprio rio São Francisco, na região da Serra da Canastra. Nos trechos mais baixos, nas proximidades do município de São Francisco as precipitações já diminuem bastante, alcançando níveis próximos a 980 mm. As médias de precipitações indicadas pelo Atlas são referentes ao período de 1977 a 2006.

Dados do estimador de chuvas CHIRPS (Funk et al., 2015) também foram utilizados para caracterizar a chuva na região (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). De acordo com esse produto, cerca de 1.260 mm são estimados por ano na bacia. Essas diferenças entre as estimativas anuais do ATLAS e do CHIRPS podem decorrer tanto das diferentes formas de estimativa das cheias, quanto do período de observação das chuvas. As diferenças indicadas, porém, são estatisticamente insignificantes. De acordo com esse produto, o trimestre entre novembro e janeiro é o mais chuvoso na bacia, totalizando cerca de 690

mm. Observa-se ainda que mais de 55% das chuvas esperadas para o ano são observadas, climatologicamente, entre os meses de novembro e janeiro e 80% entre os meses de novembro e março.

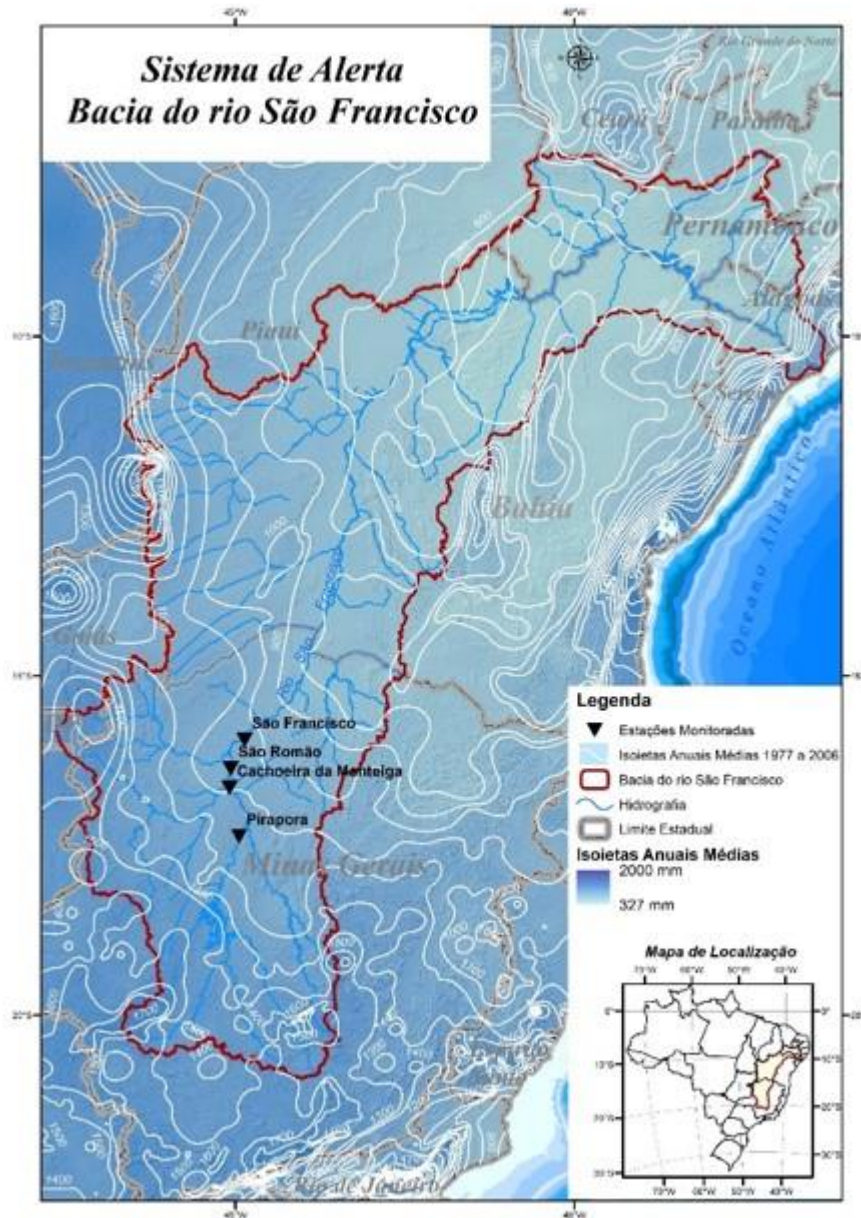


Figura 3: Atlas pluviométrico do Brasil – Isoietas de totais anuais médios (1977 a 2006).

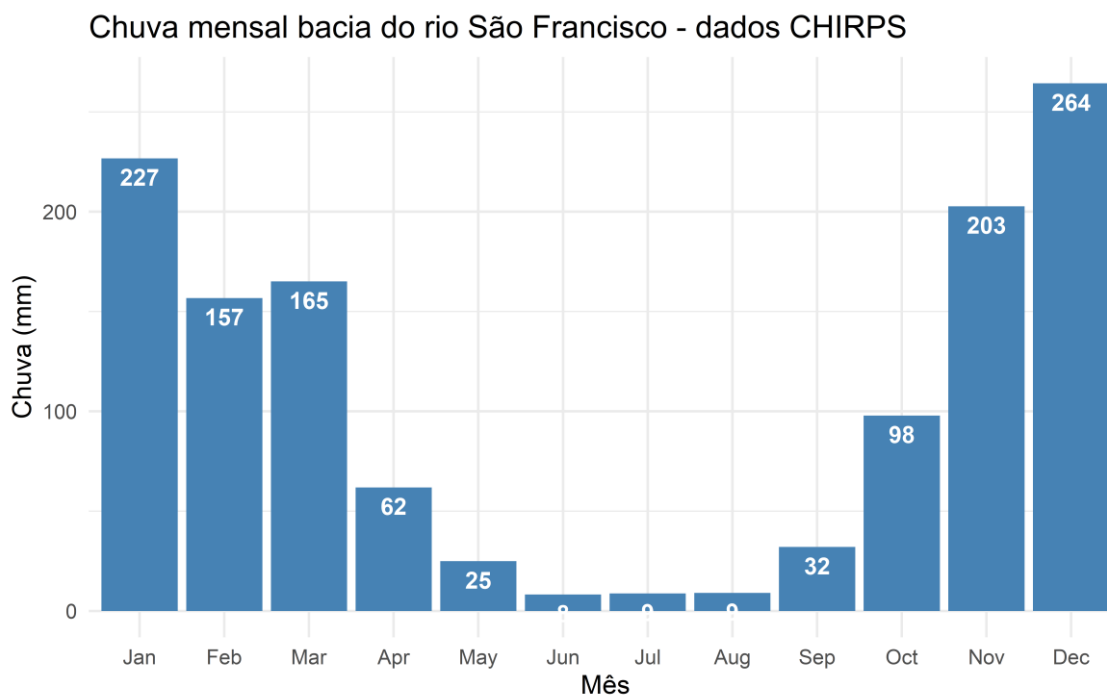


Figura 4: Chuva média mensal – dados CHIRPS – período de 1981 a 2021 (Funk et al., 2015).

2.3 REGIME HIDROLÓGICO

Como foi visto no tópico anterior, a bacia tem características de transição entre um clima *Tropical de Savana* (Aw) em sua parcela mais ao norte e climas *Temperado de verão seco* (Cwa e Cwb) em sua parcela mais ao sul. Essa característica de verão chuvoso e inverno seco condiciona necessariamente a hidrologia regional.

Entre a Figura 5 e a Figura 8 são apresentados cotogramas sazonais que indicam a variação anual de níveis das estações fluviométricas instaladas ao longo da calha do rio São Francisco que fazem parte da implantação do SAH. Em todas elas, a característica de um período chuvoso centrado nos meses de verão, se vê refletida na oscilação dos níveis nos rios. Níveis mais baixos são observados entre junho e outubro, com um pulso anual de vazões entre dezembro e março.

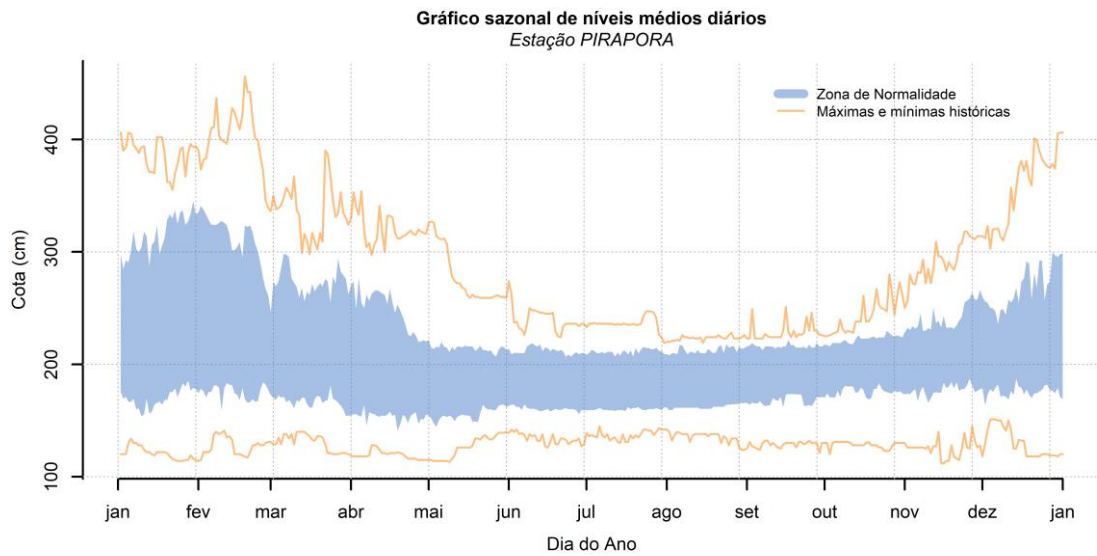


Figura 5: Variação sazonal dos níveis na estação Pirapora, na calha do rio São Francisco.

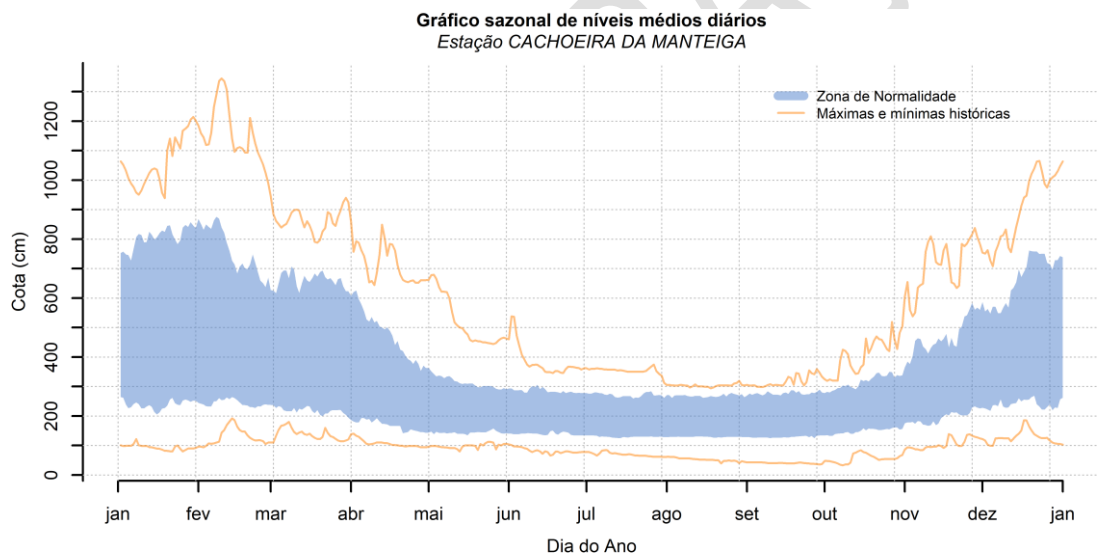


Figura 6: Variação sazonal dos níveis na estação Cachoeira da Manteiga, na calha do rio São Francisco.

Gráfico sazonal de níveis médios diários
Estação SÃO ROMÃO

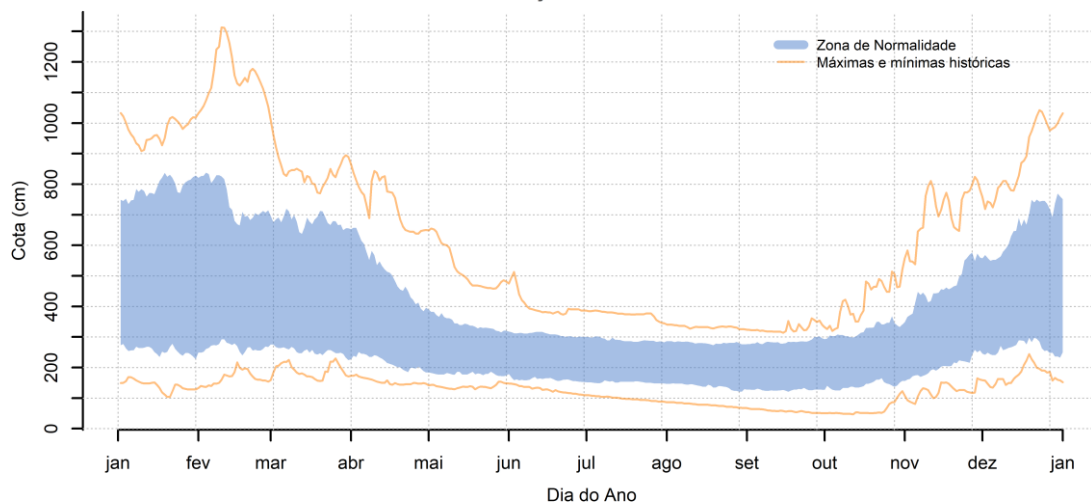


Figura 7: Variação sazonal dos níveis na estação São Romão, na calha do rio São Francisco.

Gráfico sazonal de níveis médios diários
Estação SÃO FRANCISCO

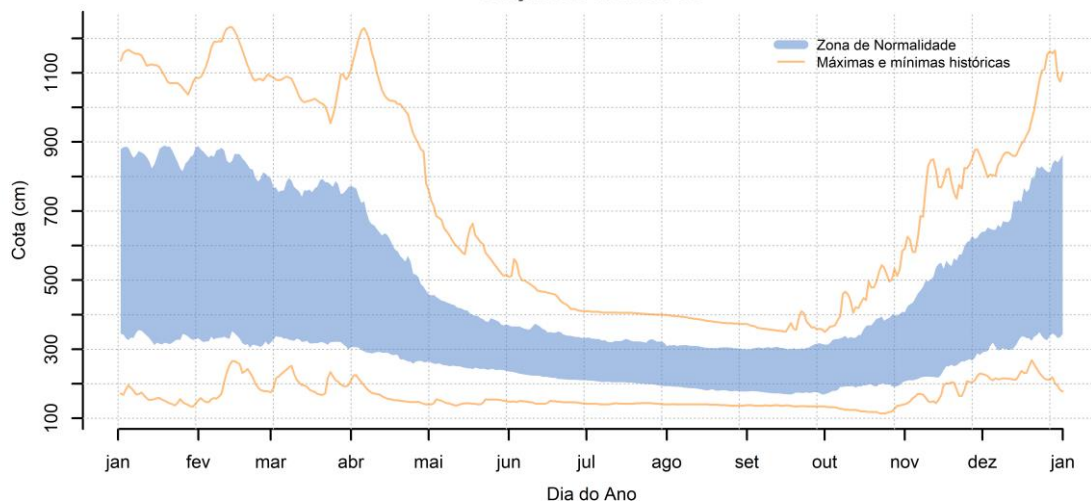
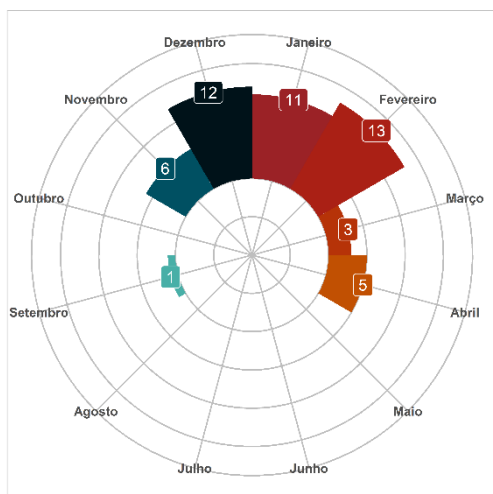


Figura 8: Variação sazonal dos níveis na estação São Francisco, na calha do rio São Francisco.

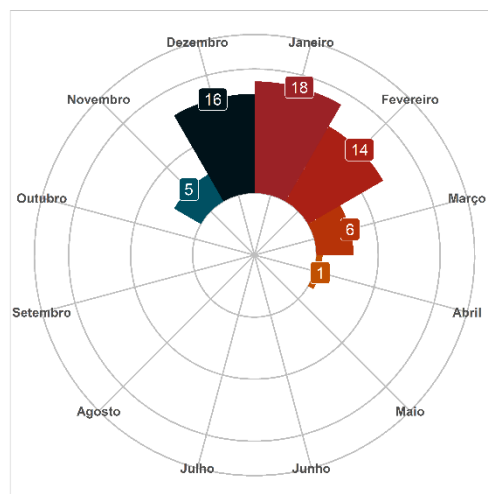
Esse pulso anual único resulta que os níveis máximos anuais também têm uma frequência de ocorrência bem definida. A Figura 9 detalha esse comportamento temporal dos níveis máximos no rio São Francisco, indicando a frequência com que os níveis máximos anuais são observados dentro de cada mês. Em praticamente todas as estações, o mês em que é mais frequente se observar os níveis máximos anuais é o mês de janeiro: em 11 (22%), 18 (30%), 22 (32%) e 31 (32%) vezes os níveis máximos anuais foram observados neste mês nas estações de Pirapora, Cachoeira da Manteiga, São Romão e São Francisco, respectivamente. Na estação de Pirapora, existe maior variabilidade do mês de ocorrência das máximas, o que provavelmente resulta da operação do

reservatório de Três Marias, uma vez que em Pirapora o impacto da operação da Usina é mais direto sobre os níveis do rio. Na média da bacia, em 30% dos anos, os níveis máximos anuais ocorrem em janeiro e 23% em dezembro e janeiro. Ou seja, em 76% dos anos a bacia tem os máximos entre dezembro e fevereiro.

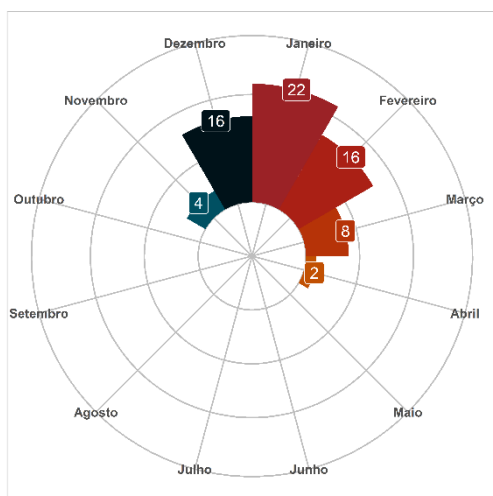
Mês das máximas cotas anuais em PIRAPORA - 41135000



Mês das máximas cotas anuais em CACHOEIRA DA MANT



Mês das máximas cotas anuais em SÃO ROMÃO - 4320000



Mês das máximas cotas anuais em SÃO FRANCISCO - 442

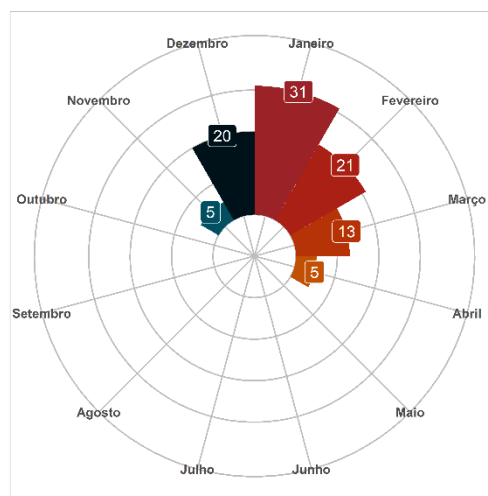


Figura 9: Frequência com que a máxima anual é observada em cada mês nas estações da bacia do rio São Francisco – em cada gráfico são indicados os meses, em coordenadas polares conforme o título e as cores de cada eixo; e o número de vezes em que a máxima anual é indicada na legenda.

2.4 VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS

Neste tópico serão apresentadas estatísticas de níveis e vazões máximos anuais e a análise de frequência de vazões extremas nas quatro estações que compõem o SAH São Francisco. Nas quatro estações, existem séries históricas de

vazões máximas anuais que permitam realizar uma análise local de frequência para períodos de retorno relativamente elevados, haja vista que Pirapora apresenta 51 anos de dados de máximas anuais, Cachoeira da Manteiga tem 61 anos, São Romão, 68 anos e São Francisco, 95 anos de dados.

As vazões e níveis máximos anuais são apresentados na Figura 10. A partir desses valores serão feitas as análises de frequência de cheias para esses locais. Na figura, também são apresentadas estimativas de períodos de frequência empírica, estimados pela expressão de Cunnane, que fornece uma forma de se estimar quantis empíricos aproximadamente não-enviesados para quase todas as distribuições de probabilidades (Naghetini e Pinto, 2007; Stedinger et al., 1993). Vale mencionar que as análises de frequência de valores extremos são feitas com base nas séries de vazões máximas anuais consistidas, disponíveis no banco de dados HidroWeb (ANA, 2017).

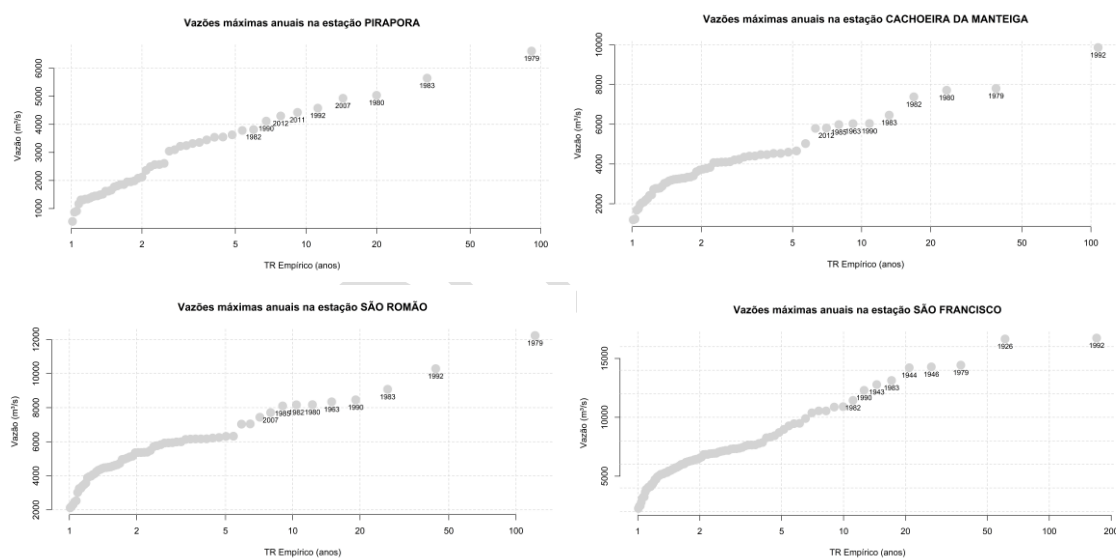


Figura 10: Vazões máximas anuais nas estações da bacia do rio São Francisco

Para a análise de frequência, utilizou-se o pacote *extRemes*, disponibilizada para o *software* livre *R* (Gilleland e Katz, 2016). Os parâmetros foram estimados utilizando-se o método da Máxima Verossimilhança (Stedinger et al., 1993). Em todos os casos, foi utilizada distribuição de Generalizada de Valores Eventos (GEV), uma vez que em todas as estações, testes da razão de máxima verossimilhança indicaram que ela é uma distribuição plausível quando comparada com a distribuição de Gumbel (versão simplificada da GEV, com 2 parâmetros).

Vale lembrar que a distribuição de probabilidades de Gumbel é um caso específico da distribuição GEV, em que o parâmetro de forma é igual a zero (Naghattini e Pinto, 2007). Sendo assim, foi feito o teste de máxima verossimilhança, testando-se a hipótese nula de se utilizar a distribuição GEV (Gilleland e Katz, 2016) e em todas as estações, o teste resultou que o uso da distribuição GEV é mais adequado. Sendo assim, na Tabela 3 são apresentadas as diferentes vazões estimadas para diferentes tempos de retorno (e respectivas probabilidades de superação) para as quatro estações do SAH São Francisco.

Tabela 3: Vazões máximas diárias (em m³/s) estimadas para diferentes períodos de retorno nas quatro estações do SAH São Francisco.

TR (anos) / Probabilidade (%)	Q_41135000 (m ³ /s)	Q_42210000 (m ³ /s)	Q_43200000 (m ³ /s)	Q_44200000 (m ³ /s)
2 / 50%	2.320	3.630	5.140	6.430
25 / 4%	5.500	7.190	9.090	12.900
50 / 2%	6.370	8.070	9.900	14.600
100 / 1%	7.270	8.950	10.600	16.300
200 / 0,5%	8.204	9.830	11.300	18.000

3. DESCRIÇÃO DO SAH

O SAH São Francisco é uma medida não estrutural adotada para a prevenção/mitigação de prejuízos causados por eventos de cheias na bacia. Essa atividade envolve o monitoramento e previsão de todas as variáveis associadas ao processo de formação das cheias. Na bacia do Alto rio São Francisco, especificamente, as cheias resultam de chuvas sobre a bacia que frequentemente resultam de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCASs), que é característico do clima de Monção existente no centro sul do Brasil (Marengo et al., 2012).

Esse é o ponto de partida para o monitoramento das cheias. Só esse fato já indica a necessidade de grande articulação com instituições de monitoramento meteorológico, dentro e fora do Brasil, que geram dados e análises acerca do comportamento das chuvas observadas e previstas. Nesse sentido, o SGB/CPRM irá receber e coletar dados desses órgãos especializados, tais como o INPE, CPTEC, INMET, Cemaden, NOAA, ECMWF, dentre outros, e procederá a análises de risco de cheias. Nessas análises, os pesquisadores do SGB/CPRM utilizam modelos hidrológicos, estatísticos, além de análises qualitativas, no intuito de estimar os riscos de atingimento das cotas de referência nos trechos monitorados.

A partir dessas análises, o SGB/CPRM busca informar a população e instituições governamentais e a sociedade civil acerca dos riscos estimados. Em especial, essas análises são encaminhadas ao Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), à Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA), aos Corpos de Bombeiros, Polícia Militar e prefeituras. Dentre outras informações, o SGB/CPRM enviará boletins contendo informações sobre a evolução do nível do rio nos pontos monitorados. Além destes níveis, os boletins conterão informações sobre cotas de alerta e de inundação das estações monitoradas.

Quando a cota de alerta é atingida, o que indica que existe um risco mais elevado de acontecer uma inundação, o monitoramento é intensificado. Nesse caso, os boletins de alerta hidrológico são emitidos pelo SGB/CPRM com maior frequência, contendo as previsões para os níveis dos rios nos municípios monitorados. Nessa fase, modelos de previsão de curto prazo baseado na análise empírica de propagação da onda de cheia ao longo da calha do rio (modelos cota-cota) são rodados e as previsões são encaminhadas. Esses modelos são aqueles que, apesar de funcionarem com horizonte de previsão mais curto, apresentam maior assertividade. Todas as informações serão divulgadas no portal www.cprm.gov.br/sace.

A operação contempla os pontos de monitoramento instalados na bacia do rio São Francisco e perdurará durante todo o período chuvoso na região. O monitoramento consiste na coleta, armazenamento e atualização dos dados hidrológicos, análise e elaboração da previsão hidrológica, e transmissão das informações. Espera-se que os resultados apresentados pelo Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio São Francisco possam contribuir para auxiliar as autoridades públicas, equipes da Defesa Civil e demais usuários e gestores de recursos hídricos em processos de tomada de decisão para a prevenção/mitigação dos efeitos causados por eventos de cheias nessas localidades.

A cota de alerta significa que foi atingido o nível do rio no qual há a possibilidade elevada de ocorrência de inundação. Nesse caso o monitoramento passa a ser mais intenso, e a orientação, ao serem atingidas estas cotas, é que o próprio município também se articule para observar os níveis nas régua linimétricas

localizadas nas estações fluviométricas. Já a cota de inundação significa que os primeiros danos são verificados no município.

Quando a cota de alerta é atingida, existindo um risco mais elevado de acontecer uma inundação, o monitoramento é intensificado. Nesse caso, os boletins de alerta hidrológico são emitidos pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM com maior frequência, contendo as previsões para os níveis dos rios nos municípios monitorados. Maiores detalhes disponíveis em www.cprm.gov.br/sace.

3.1 DETALHAMENTO DO MODELO DE PREVISÃO

Para calibração dos modelos de previsão, foram utilizados os dados disponíveis no hidrotelemetria no dia 22/07/2021 para realizar o ajuste dos modelos (ANA, 2021). O período de ajuste foi de novembro de 2018 a julho de 2021, incluindo um evento de cheia significativa entre janeiro e março de 2020. Para ajustar os modelos de previsão foram estimados os tempos de propagação da onda de cheia ao longo das estações de monitoramento. Esse tempo foi estimado a partir da distância de picos de cheias de eventos específicos, resultando nos tempos apresentados na Figura 11. Esses tempos de antecedência são utilizados, nos tempos de previsão cota-cota.



Figura 11: Diagrama unifilar da bacia com os tempos de propagação da onda de cheia ao longo do trecho monitorado do rio São Francisco.

A partir desses tempos de propagação, estimando-se os incrementos das vazões nas estações de jusante a partir dos incrementos e vazões das estações de montante. Os modelos utilizados são indicados na Tabela 4.

Tabela 4: Estações de monitoramento fluviométrico operadas pela CPRM no Alto da bacia do São Francisco.

Local da previsão	Tempo de antecedência	Variáveis de entrada do modelo de previsão
Cachoeira da Manteiga	34 horas	Pirapora + Cachoeira da Manteiga
Cachoeira da Manteiga	33 horas	Pirapora + Várzea da Palma
São Romão	9 horas	Cachoeira da Manteiga + São Romão
São Francisco	16 horas	São Romão + São Francisco

4. AGRADECIMENTO AOS PARCEIROS

Todo o monitoramento feito na bacia do rio São Francisco desenvolveu-se graças ao trabalho em conjunto feito pelo Serviço Geológico do Brasil e a Agência Nacional de Águas para a gestão e operação da Rede Hidrometeorológica Nacional. Além dessa parceria, a CEMIG é parceira no Sistema de Alerta do rio Doce e agora no São Francisco também vai trabalhar em parceria com a CPRM no fornecimento de dados hidrológicos e trabalho conjunto nas previsões de Pirapora. De suma importância também é a atividade desenvolvida pelo INPE, gerador de diversos produtos utilizados por todas as instituições de monitoramento da região, com destaque para o MERGE/INPE e o modelo de previsão de chuvas WRF. Além deles, o Cemaden contribui com os alertas de desastres naturais trocando dados e análises com o SGB/CPRM, e o Cenad, que trabalha na articulação de instituições parceiras fomentando a troca de informação entre os órgãos especializados, em especial na região norte do Brasil.

5. CONCLUSÕES

Desde o início dos anos 1980, após as cheias de 1979, já se discutia a implantação de sistemas de alertas de cheias na região, como uma forma de mitigar os efeitos de eventos extremos. Após um longo período seco no rio São Francisco, em março de 2020 houve uma grande cheia nas bacias que drenam para o reservatório de Três Marias e também no rio das Velhas. Após esse evento, foi tomada a decisão de implantar o SAH São Francisco, que vem beneficiar uma população de 144.000 habitantes.

O trecho monitorado apresenta áreas de drenagem que variam de 62.200 a 184.000 km², e as vazões de cheias com período de retorno de 25 anos em Pirapora, Cachoeira do Manteiga, São Romão e São Francisco são de, aproximadamente 5.500, 7.190, 9.090 e 12.900 m³/s, respectivamente. As vazões máximas anuais ocorrem mais frequentemente em janeiro, com uma probabilidade de ocorrerem também mais frequentemente em fevereiro ou dezembro.

O sistema de previsão utilizará modelo de previsão do tipo cota-cota, analisando a propagação da onda de cheia ao longo da calha do rio São Francisco. Esses modelos, que apresentam uma maior assertividade, são compensados pelo fato de apresentarem menores horizonte de previsão. Para maiores horizontes de previsão, a CPRM utilizará análises baseadas em chuvas medidas por meio de pluviômetros, estimadas por meio de satélites, além de previsões de chuvas de vários modelos meteorológicos disponíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA, 2021. Hidro Telemetria [WWW Document]. Sist. HIDRO - Telem. URL <http://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/> (acessado 12.21.21).
- ANA, 2017. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas [WWW Document]. Agência Nac. Águas. URL <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/%5Cnhttp://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>
- CBHSF, 2021. A Bacia do Rio São Francisco [WWW Document]. URL <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/> (acessado 12.21.21).
- CEMIG, 2021. Usina Hidrelétrica de Três Marias [WWW Document]. URL <https://www.cemig.com.br/usina/tres-marias/> (acessado 12.20.21).
- CPRM, 2011. Levantamento da Geodiversidade - Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil - Isoietas Anuais Médias Período 1977 a 2006.
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., Michaelsen, J., 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes. *Sci. Data* 2, 1–21. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>
- Gilleland, E., Katz, R.W., 2016. extRemes 2.0: An Extreme Value Analysis Package in R. *J. Stat. Softw.* 72, 1–39. <https://doi.org/10.18637/jss.v072.i08>
- Marengo, J.A., Liebmann, B., Grimm, A.M., Misra, V., Silva Dias, P.L., Cavalcanti, I.F.A., Carvalho, L.M.V., Berbery, E.H., Ambrizzi, T., Vera, C.S., Saulo, A.C., Noguez-Paele, J., Zipser, E., Seth, A., Alves, L.M., 2012. Recent developments on the South American monsoon system. *Int. J. Climatol.* 32, 1–21. <https://doi.org/10.1002/joc.2254>
- Naghattini, M., Pinto, É.J.D.A., 2007. Hidrologia Estatística.
- Peel, M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 4, 439–473. <https://doi.org/10.5194/hessd-4-439-2007>
- Stedinger, J.R., Vogel, R.M., Foufoula-Georgiu, E., 1993. Frequency analysis of extreme events. *Hydrol. Handb.* <https://doi.org/10.1061/9780784401385>

ANEXOS

**FICHA DESCRITIVA DE ESTAÇÃO NO
CURSO DA ÁGUA**


ESTAÇÃO: PIRAPORA (BARREIRO)		TIPO: FDSQ	CÓDIGO: 41135000		
REGIÃO HIDROGRÁFICA: do São Francisco		BACIA: Rio São Francisco			
RIO: 40001000 - RIO SÃO FRANCISCO		UF: MG	MUNICÍPIO: Pirapora		
ENTIDADE COORDENADORA: ANA		ENTIDADE OPERADORA: CPRM/BH			
ÁREA DE DRENAGEM (Km²): 61.539		DRENAGEM GERAL: Rio São Francisco, oceano Atlântico			
LAT.: -17°22'09.00" LONG.: -44°58'36.00"		INST.: GPS GTR-02	DATUM: SIRGAS-2000		
ALT.(m): 487.320		INST.: GPS GTR-02	DATUM: SIRGAS-2000	REF. CART.:	
FOLHA:		ESCALA:		ANO:	
ESTAÇÃO	TIPO	DATA DA INSTALAÇÃO	DATA DA EXTINÇÃO	ENTIDADE	
FLUVIOMÉTRICA	F	08.12.63		CEMIG	
FLUVIOGRÁFICA SEDIMENTOMÉTRICA QUALIDADE DAS ÁGUAS	FR S Q	29.12.75		CPRM	
ESTAÇÃO TELEMÉTRICA: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não DATA DA INSTALAÇÃO:					
LOCALIZAÇÃO: Na avenida Beira Rio, aproximadamente 1200 metros a montante da ponte ferroviária, na margem direita do rio, e a jusante da ponte da BR que liga Pirapora- Buritizeiro aproximadamente 50 m.					
ACESSIBILIDADE: Por rodovia asfaltada Belo Horizonte - Pirapora, cerca de 360 km até Pirapora.					
DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO (RÉGUAS, LANCES, RRNN, SM, SR, PI, PF, etc.)					
MARGEM: direita					
RÉGUAS: 6 lances com 9 réguas esmaltadas, fixadas em estacas de madeira					
1° LANCE 000/200 cm					
2° LANCE 200/300 cm					
2° LANCE 200/300 cm aux.					
3° LANCE 300/400 cm					
4° LANCE 400/500 cm					
5° LANCE 500/600 cm					
RRNN: RNP4= 5589 mm parafuso de ferro chumbado em base de concreto					
RN-6= 5188 mm parafuso de ferro chumbado em base de concreto					
RN= 5237 mm Seção medidora					
SEÇÃO MEDIDORA: única, situada 600 m a jusante das escalas com alvos espaçados de 15,50,100,200 e 250 m do PI .					
PROCESSOS DE MEDIÇÃO DE DESCARGA:					
Medição realizada com molinete (de barco) e, atualmente, com Estação Total.					
QUALIDADE DE ÁGUA: Quatro parâmetros: temperatura, pH, OD e condutividade elétrica.					
EQUIPAMENTOS					
ESPÉCIE	Nº PATRIMÔNIO	Nº SÉRIE	PROPRIETÁRIO	EM OPERAÇÃO	DATA INSTALAÇÃO
PCD-HIDROMECC-OTT	97027760		ANA-014015	sim	21/08/2012

Estação: 41135000

REVISADA EM: 18/08/2017

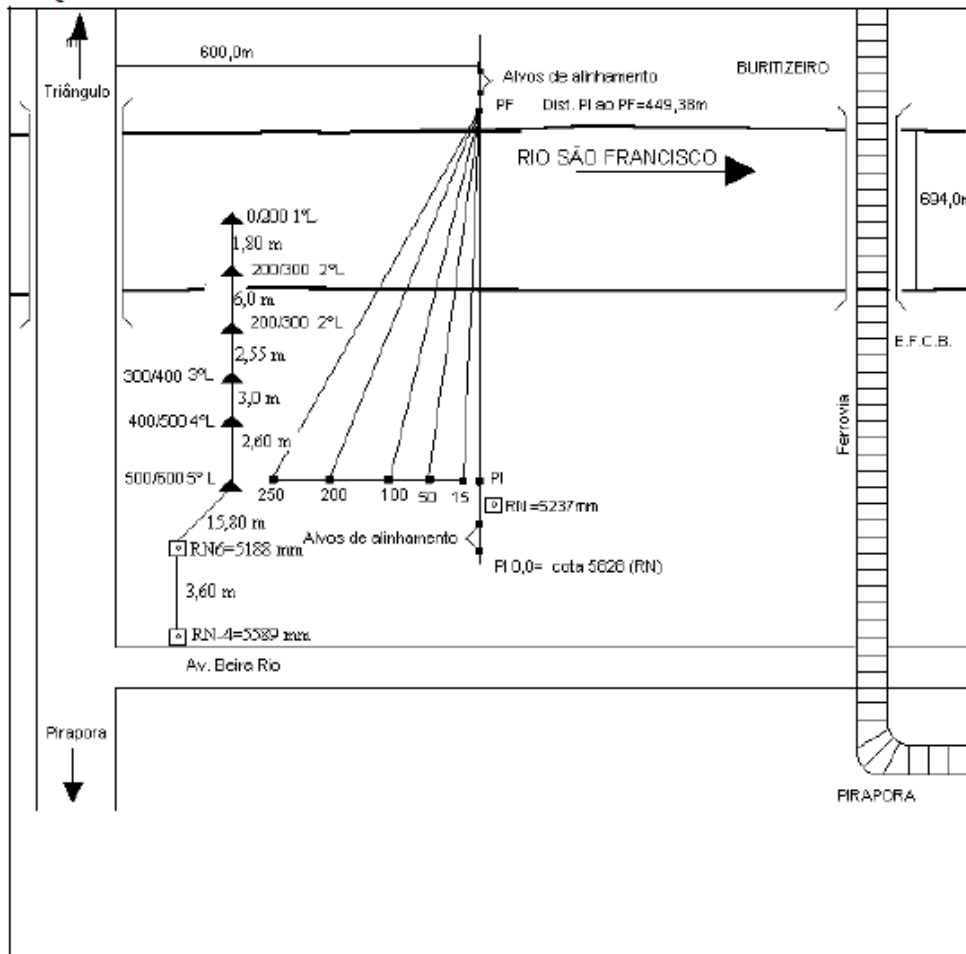
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES:

POTAMOGRAFIA: Rio São Francisco - Nasce na serra da Canastra, município de São Roque de Minas/MG. Principais afluentes em Minas Gerais: M.E.: rio Abaeté, rio Paracatu, rio Uruçuia, rio Carinhonha e rio Corrente Grande - M.D.: rio Pará, rio Paraopeba, rio das Velhas, rio Jequitai e rio Verde Grande. Bacia Hidrográfica total de 640.000 km ² .								
POSIÇÃO EM RELAÇÃO A REDE: MONTANTE: PORTO DAS ANDORINHAS JUSANTE: CACHOEIRA DA MANTEIGA								
CARACTERÍSTICA DO TRECHO: <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;"> Regime: <input checked="" type="radio"/> Perene <input type="radio"/> Intermitente <input type="radio"/> Efêmero </td> <td style="width: 33%;"> Conformação: <input checked="" type="radio"/> Retilíneo <input type="radio"/> Anastomosado <input type="radio"/> Curvo <input type="radio"/> Meandrante </td> <td style="width: 33%;"> Leito <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Irregular </td> </tr> </table>			Regime: <input checked="" type="radio"/> Perene <input type="radio"/> Intermitente <input type="radio"/> Efêmero	Conformação: <input checked="" type="radio"/> Retilíneo <input type="radio"/> Anastomosado <input type="radio"/> Curvo <input type="radio"/> Meandrante	Leito <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Irregular			
Regime: <input checked="" type="radio"/> Perene <input type="radio"/> Intermitente <input type="radio"/> Efêmero	Conformação: <input checked="" type="radio"/> Retilíneo <input type="radio"/> Anastomosado <input type="radio"/> Curvo <input type="radio"/> Meandrante	Leito <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Irregular						
NATUREZA E INCLINAÇÃO DAS MARGENS <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">NATUREZA:</td> <td style="width: 50%;">INCLINAÇÃO:</td> </tr> <tr> <td>ME: Arenosa com vegetação de médio porte</td> <td>ME: Baixa</td> </tr> <tr> <td>MD: Arenosa com vegetação rasteira</td> <td>MD: Baixa</td> </tr> </table>			NATUREZA:	INCLINAÇÃO:	ME: Arenosa com vegetação de médio porte	ME: Baixa	MD: Arenosa com vegetação rasteira	MD: Baixa
NATUREZA:	INCLINAÇÃO:							
ME: Arenosa com vegetação de médio porte	ME: Baixa							
MD: Arenosa com vegetação rasteira	MD: Baixa							
NATUREZA DO LEITO: Areia e pedra								
CONTROLE: Corredeira LOCALIZAÇÃO: Jusante DISTÂNCIA (m):								
COTA DE TRANSBORDAMENTO (cm): 348 cm <input type="checkbox"/> MARGEM DIREITA <input checked="" type="checkbox"/> MARGEM ESQUERDA								
OBSERVADOR: NOME: Vanilde Araujo do Carmo PROFISSÃO: Doméstica GRAU DE INSTRUÇÃO: 1º grau incomp. ENDEREÇO: Rua Barreiro, 218 FONE: 3741-9702 BAIRRO: Bom Jesus CEP: 39270-000 CIDADE: Pirapora ESTADO: MG DISTÂNCIA DA RESIDÊNCIA ATÉ A ESTAÇÃO (m): 1000 m MEIO DE COMUNICAÇÃO MAIS PRÓXIMO DA CASA DO OBSERVADOR: Telefone DISTÂNCIA DA CASA DO OBSERVADOR (m): OBSERVAÇÃO: NA AUSÊNCIA DO OBSERVADOR PROCURAR PO NOME: ENDEREÇO: FONE: BAIRRO: CEP: CIDADE: ESTADO:								
OBSERVAÇÕES: Não efetua pagamento ao Fundo Rural. PCD-HIDROMEC: compostas por Datalogger, bateria, modem, painel solar, sensor de nível e pluviômetro automático. Coordenadas e altitude da RNP 4 - 5589 mm obtidas em 01/10/2015 através de GPS GTR-02, sendo obtida a altitude ortométrica de 487.320 metros.								

Estação: 41135000

REVISADA EM: 18/08/2017

CROQUI:



Estação: 41135000

REVISADA EM: 18/08/2017

ESTAÇÃO: CACHOEIRA DA MANTEIGA		TIPO: FDSQ	CÓDIGO: 42210000	
REGIÃO HIDROGRÁFICA: do São Francisco		BACIA: Rio São Francisco		
RIO: 40001000 - RIO SÃO FRANCISCO		UF: MG	MUNICÍPIO: Buritizeiro	
ENTIDADE COORDENADORA: ANA		ENTIDADE OPERADORA: CPRM/BH		
ÁREA DE DRENAGEM (Km²): 107250		DRENAGEM GERAL: Oceano Atlântico		
LAT.: -18°38'28.84" LONG.: -45°04'51.85"		INST.: GPS GTR-02	DATUM: SIRGAS-2000	
ALT.(m): 472.200		INST.: GPS GTR-02	DATUM: SIRGAS-2000	REF. CART.: SE-23-V-B-VI
FOLHA: Santa Fé		ESCALA: 1:100.000		ANO: 1989
ESTAÇÃO	TIPO	DATA DA INSTALAÇÃO	DATA DA EXTINÇÃO	ENTIDADE
FLUVIOMÉTRICA	F	30.01.59		DIV.ÁGUAS/DNPM
FLUVIOGRÁFICA SEDIMENTOMÉTRICA QUALIDADE DAS ÁGUAS	FR S Q	01.78		CODEVASF CPRM
ESTAÇÃO TELEMÉTRICA: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não DATA DA INSTALAÇÃO:				
LOCALIZAÇÃO: Na margem esquerda do rio São Francisco, próximo ao SAAE e a saída para São Romão.				
ACESSIBILIDADE: Partindo de Pirapora, sentido Patos de Minas, percorrer aproximadamente 18 km até o trevo para São Romão. Entrar à direita e seguir por mais 92 km até Cachoeira do Manteiga.				
DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO (RÉGUAS, LANCES, RRNN, SM, SR, PI, PF, etc.)				
MARGEM: esquerda				
RÉGUAS: 9 lances com 12 escalas de alumínio fixadas em estacas suporte:				
1º LANCE 0/100 cm		9º LANCE 11000/1200 cm		
2º LANCE 100/300 cm				
3º LANCE 300/500 cm				
4º LANCE 500/600 cm				
5º LANCE 600/700 cm				
6º LANCE 700/800 cm				
7º LANCE 800/1000 cm				
8º LANCE 1000/1100 cm				
RRNN: RN4= 11165 mm calota de bronze chumbada em bloco de concreto				
RNP6= 11235 mm calota de alumínio chumbada em bloco de concreto				
RP2= 10938 mm calota de alumínio chumbada em bloco de concreto				
SEÇÃO MEDIDORA: Única, 3 m a montante das escalas.				
PROCESSOS DE MEDIÇÃO DE DESCARGA: De barco com estação total, ou molinete, em qualquer época.				
QUALIDADE DE ÁGUA: Quatro parâmetros: temperatura, pH, OD e condutividade elétrica.				

Estação: 42210000

REVISADA EM: 21/08/2017

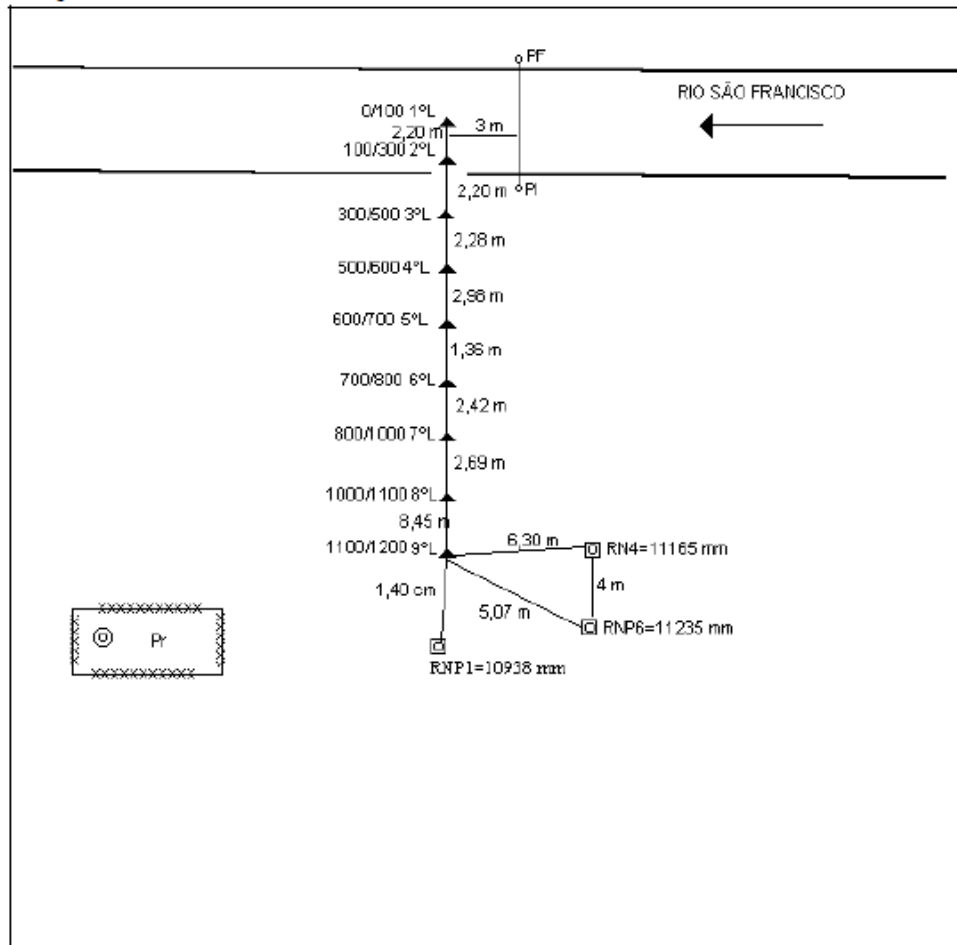
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES:

POTAMOGRAFIA: Rio São Francisco - Nasce na Serra da Canastra, município de São Roque de Minas. Afluentes m.d.: rios Pará, Paraopeba, rio das Velhas, Jequitai e Verde Grande; m.e.: rios Paracatu, Uruçuia, Carinhanha, Corrente, Grande. Comprimento aproximado: 2.780 Km.		
POSIÇÃO EM RELAÇÃO A REDE: MONTANTE: PIRAPORA (BARREIRO) JUSANTE: SÃO ROMÃO		
CARACTERÍSTICA DO TRECHO:		
Regime: <input checked="" type="radio"/> Perene <input type="radio"/> Intermitente <input type="radio"/> Efêmero	Conformação: <input checked="" type="radio"/> Retilíneo <input type="radio"/> Anastomosado <input type="radio"/> Curvo <input type="radio"/> Meandrante	Leito <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Irregular
NATUREZA E INCLINAÇÃO DAS MARGENS		
NATUREZA: ME: Argilosa com vegetação de médio porte MD: Argilosa com vegetação de médio porte	INCLINAÇÃO: ME: Média MD: Média	
NATUREZA DO LEITO: Arenoso		
CONTROLE: Canal	LOCALIZAÇÃO:	DISTÂNCIA (m):
COTA DE TRANSBORDAMENTO (cm): 800 cm <input type="checkbox"/> MARGEM DIREITA <input type="checkbox"/> MARGEM ESQUERDA		
OBSERVADOR:		
NOME: Elaine Souza Santos		PROFISSÃO: Do lar
GRAU DE INSTRUÇÃO: 2º grau		
ENDEREÇO: Rua Minas Gerais, 148 - Cachoeira do Manteiga		FONE: (38) 9971-0742
BAIRRO: Cachoeira do Manteiga		CEP: 39288-000
CIDADE: Buritizeiro		ESTADO: MG
DISTÂNCIA DA RESIDÊNCIA ATÉ A ESTAÇÃO (m): 50 m		
MEIO DE COMUNICAÇÃO MAIS PRÓXIMO DA CASA DO OBSERVADOR: Telefone		
DISTÂNCIA DA CASA DO OBSERVADOR (m): 300 m		
OBSERVAÇÃO:		
NA AUSÊNCIA DO OBSERVADOR PROCURAR PO		
NOME: Elaine Souza Santos		
ENDEREÇO: Rua Minas Gerais, 148 - Cachoeira do Manteiga		FONE: (38) 3747-1086
BAIRRO: Centro		CEP: 39288-000
CIDADE: Buritizeiro		ESTADO: MG
OBSERVAÇÕES: Não efetua pagamento ao Fundo Rural. Coordenadas e altitude da RN 4 - 11165 mm obtidas em 02/10/2015 através de GPS GTR-02, sendo obtida a altitude ortométrica de 472.200 metros.		

Estação: 42210000

REVISADA EM: 21/08/2017

CROQUI:



Estação: 42210000

REVISADA EM: 21/08/2017

ESTAÇÃO: SÃO ROMÃO		TIPO: FDSQT	CÓDIGO: 43200000		
REGIÃO HIDROGRÁFICA: do São Francisco		BACIA: Rio São Francisco			
RIO: 40001000 - RIO SÃO FRANCISCO		UF: MG	MUNICÍPIO: São Romão		
ENTIDADE COORDENADORA: ANA		ENTIDADE OPERADORA: CPRM/BH			
ÁREA DE DRENAGEM (Km²): 153702		DRENAGEM GERAL: Oceano Atlântico			
LAT.: -16°22'18.43" LONG. -45°03'59.07"		INST.: GPS GTR-02	DATUM: SIRGAS-2000		
ALT.(m): 467.96		INST.: GPS GTR-02	DATUM: SIRGAS-2000	REF. CART.: SE-23-V-B-III	
FOLHA: São Romão		ESCALA: 1:100.000		ANO: 1969	
ESTAÇÃO	TIPO	DATA DA INSTALAÇÃO	DATA DA EXTINÇÃO	ENTIDADE	
FLUVIOMÉTRICA	F	18.07.52		DIV.ÁGUAS/DNPM	
FLUVIOGRÁFICA	FR	01.05.76		CPRM	
SEDIMENTOMÉTRICA	S				
QUALIDADE DAS ÁGUAS	Q	16.02.78		CPRM	
ESTAÇÃO TELEMÉTRICA: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não DATA DA INSTALAÇÃO: 13/12/2010					
LOCALIZAÇÃO: Dentro da cidade de São Romão, junto ao cais do porto.					
ACESSIBILIDADE: Partindo de Pirapora, em estrada de terra até São Romão, cerca de 138 Km ou de São Francisco cerca de 58 km até São Romão.					
DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO (RÉGUAS, LANCES, RRNN, SM, SR, PI, PF, etc.)					
MARGEM: esquerda					
RÉGUAS: 8 lances com 10 réguas de alumínio, fixadas em estacas suporte, a saber:					
1º LANCE	000/200 cm	9º LANCE	1000/1100 cm		
2º LANCE	100/300 cm				
3º LANCE	300/400 cm				
4º LANCE	400/500 cm				
5º LANCE	500/600 cm				
6º LANCE	600/700 cm				
7º LANCE	700/800 cm				
8º LANCE	800/1000 cm				
RRNN: RN-P4	10815 mm	calota de alumínio chumbada em base de concreto.			
RN2=	8263 mm	parafuso de ferro chumbado em base de concreto.			
RN1=	8485 mm	parafuso de ferro chumbado em base de concreto.			
SEÇÃO MEDIDORA: única, 500 m a montante das escalas.					
PROCESSOS DE MEDIÇÃO DE DESCARGA: Medição detalhada com molinete, de barco em qualquer estágio do rio com Estação Total. Linígrafo telemétrico, via rádio. O linígrafo convencional foi desativado.					
QUALIDADE DE ÁGUA: Quatro parâmetros: temperatura, pH, OD e condutividade elétrica.					
EQUIPAMENTOS					
ESPÉCIE	Nº PATRIMÔNIO	Nº SÉRIE	PROPRIETÁRIO	EM OPERAÇÃO	DATA INSTALAÇÃO
PCD-HIDROMECC-OTT	97027410	ANA-014012	sim		13/12/2010

Estação: 43200000

REVISADA EM: 21/08/2017

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES:

POTAMOGRAFIA: Rio São Francisco - Nasce na Serra da Canastra, município de São Roque de Minas. Afluentes m.e.: rio Abaeté, Paracatu, Urucuia, Carinhanha, Corrente Grande; m.d.: rios Pará, Paraopeba, das Velhas, Pacu, Verde Grande. Deságua no Oceano Atlântico, entre os estados de AI e SE. Comprimento aproximado: 2.700 Km.

POSIÇÃO EM RELAÇÃO A REDE:

MONTANTE: CACHOEIRA DA MANTEIGA **JUSANTE:** SÃO FRANCISCO

CARACTERÍSTICA DO TRECHO:

Regime:

Perene Intermitente
 Efêmero

Conformação:

Retilíneo Anastomosado
 Curvo Meandrante

Leito

Regular Irregular

NATUREZA E INCLINAÇÃO DAS MARGENS

NATUREZA:

ME: Arenosa com vegetação rasteira
MD: Argilosa com vegetação de grande porte

INCLINAÇÃO:

ME: Alta
MD: Média

NATUREZA DO LEITO: Areia e pedra

CONTROLE: Canal

LOCALIZAÇÃO:

DISTÂNCIA (m):

COTA DE TRANSBORDAMENTO (cm): 900 cm

MARGEM DIREITA

MARGEM ESQUERDA

OBSERVADOR:

NOME: Marcel Marques Ferreira

PROFISSÃO: Comerciante

GRAU DE INSTRUÇÃO: Primário

ENDEREÇO: Rua José Caetano Gomes, 273

FONE: (38) 3624-1276

BAIRRO: Centro

CEP: 39290-000

CIDADE: São Romão

ESTADO: MG

DISTÂNCIA DA RESIDÊNCIA ATÉ A ESTAÇÃO (m): 800 m

MEIO DE COMUNICAÇÃO MAIS PRÓXIMO DA CASA DO OBSERVADOR: Telefone

DISTÂNCIA DA CASA DO OBSERVADOR (m)

OBSERVAÇÃO:

NA AUSÊNCIA DO OBSERVADOR PROCURAR PO

NOME:

ENDEREÇO:

FONE:

BAIRRO:

CEP:

CIDADE:

ESTADO:

OBSERVAÇÕES:

Não efetua pagamento ao Fundo Rural. Equipamento HIDROMECC: Datalogger, bateria, modem, sensor de nível e pluviômetro automático. Coordenadas e altitude da RNP 4 - 10615 mm obtidas em 02/10/2015 através de GPS GTR-02, sendo obtida a altitude ortométrica de 467.960 metros.

Estação: 43200000

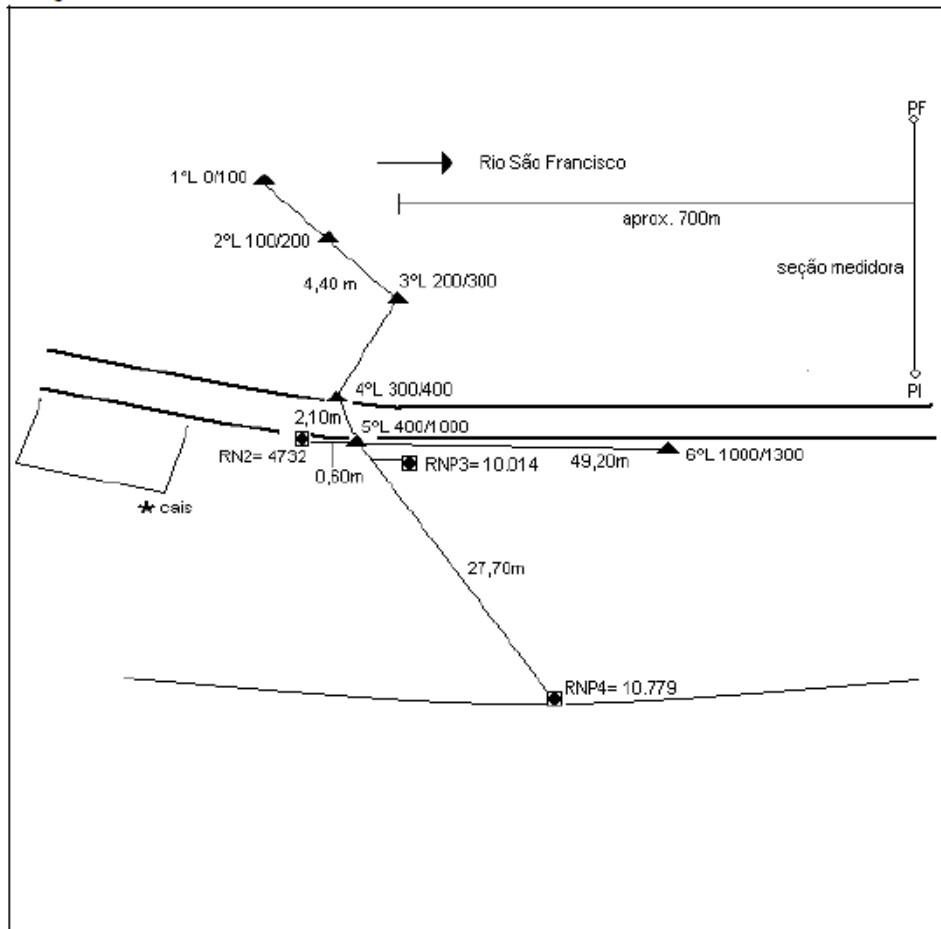
REVISADA EM: 21/08/2017

ESTAÇÃO: SÃO FRANCISCO		TIPO: FDSQ	CÓDIGO: 44200000	
REGIÃO HIDROGRÁFICA: do São Francisco		BACIA: Rio São Francisco		
RIO: 40001000 - RIO SÃO FRANCISCO		UF: MG	MUNICÍPIO: São Francisco	
ENTIDADE COORDENADORA: ANA		ENTIDADE OPERADORA: CPRM/BH		
ÁREA DE DRENAGEM (Km²): 182537		DRENAGEM GERAL: Oceano Atlântico		
LAT.: -15°56'59.00" LONG. -44°51'42.00"		INST.: GPS GARMIN ETREX LEGEND	DATUM: WGS 84	
ALT.(m): 448 m		INST.: Carta topográfica	DATUM: SD-23-Z-C-IV	
FOLHA: São Francisco		ESCALA: 1:100.000	ANO: 1969	
ESTAÇÃO	TIPO	DATA DA INSTALAÇÃO	DATA DA EXTINÇÃO	ENTIDADE
FLUVIOMÉTRICA	F	05/34		DIV.ÁGUAS/DNPM
FLUVIOGRÁFICA	FR			
SEDIMENTOMÉTRICA	S			
QUALIDADE DAS ÁGUAS	Q			
ESTAÇÃO TELEMÉTRICA: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não DATA DA INSTALAÇÃO:				
LOCALIZAÇÃO: Dentro da cidade de São Francisco, junto ao cais do porto, extremidade de jusante.				
ACESSIBILIDADE: Pela BR 135, partindo de Montes Claros sentido Januária, percorrer cerca de 74 Km e entrar à esquerda para Brasília de Minas e São Francisco.				
DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO (RÉGUAS, LANCES, RRNN, SM, SR, PI, PF, etc.)				
MARGEM: direita				
RÉGUAS: 6 lances com 12 réguas fixadas em estacas suporte de madeira:				
1º LANCE: 0/100 cm				
2º LANCE: 100/200 cm				
3º LANCE: 200/300 cm				
4º LANCE: 300/400 cm				
5º LANCE: 400/1000 cm				
6º LANCE: 1000/1300 cm				
RRNN: RNP3= 10014 mm parafuso de ferro concretado junto à proteção do cais				
RN2= 4752 mm parafuso de ferro chumbado no paredão do cais.				
RNP5= 10771 mm parafuso de ferro chumbado no paredão do cais.				
SEÇÃO MEDIDORA: Uma 300 m a jusante das escalas e outra, aprox. 1000 m também a jusante no Clube de Pesca.				
PROCESSOS DE MEDIÇÃO DE DESCARGA: medição detalhada com molinete, de barco em qualquer época do ano, com uso de estação total.				
INFLUÊNCIA: in na margem esquerda (montante e jusante).				
QUALIDADE DE ÁGUA: Quatro parâmetros: temperatura, pH, OD e condutividade elétrica.				

Estação: 44200000

REVISADA EM: 12/08/2015

CROQUI:



Estação: 4420000

REVISADA EM: 12/08/2015