

RELATÓRIO DE ATIVIDADES

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA



RELATÓRIO ANUAL DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO ITAPECURU

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Julho 2022



SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

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

Relatório de Atividades

Departamento de Hidrologia

ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS
SUBÁREA: PREVISÃO E ALERTA DE EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2022)

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Roberto José Amorim Rufino Fernandes
Artur Jose Soares Matos

Teresina/PI, 2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Adolfo Sachsida

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

Coordenador Nacional dos Sistemas de Alerta Hidrológico

Artur Jose Soares Matos

RELATÓRIO ANUAL DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO ITAPECURU

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2022)

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Roberto José Amorim Rufino Fernandes

Artur Jose Soares Matos

FOTO DA CAPA: Arte sobre imagem Google Earth do centro histórico de Codó/MA e sua interação com o rio Itapecuru.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

F363r	<p>Fernandes, Roberto José Amorim Rufino. Relatório de atividades - Departamento de hidrologia. Relatório anual de operação do sistema de alerta hidrológico da bacia do rio Itapecuru. / Autores Roberto José Amorim Rufino Fernandes e Artur José Soares Matos. - Teresina : CPRM, 2022.</p> <p>1 recurso eletrônico : PDF. – (SAH/Itapecuru. Área: recursos hídricos superficiais. Subárea: previsão e alerta de eventos hidrológicos críticos. Relatório de atividades, 1).</p> <p>1. Hidrologia - Metodologia. 2. Hidrometria. I. Matos, Artur José Soares. II. Título. III. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 551.48072</p>
-------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Ana Paula da Silva – CRB3 - 1441

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

Este relatório está em consonância com o Programa de Mineração e Desenvolvimento que traça o Plano de Metas e Ações 2020/2023 da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia, especificamente no Plano 3.3 – Ampliar o Conhecimento Geológico e dentro das Metas I – Ampliar o conhecimento dos riscos geológicos para a prevenção de desastres naturais e J – Ampliar e aperfeiçoar os sistemas de alertas de cheias.

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 por 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

APRESENTAÇÃO

Considerado o mais extenso rio maranhense, o rio Itapecuru é um dos principais mananciais hídricos do estado do Maranhão, inclusive abastecendo a capital São Luís/MA por meio do projeto ITALUÍS.

Drenando uma significativa bacia hidrográfica, totalmente restrita ao território maranhense, o rio banha importantes cidades como Caxias/MA, Codó/MA, Coroatá/MA, Cantanhede/MA e Itapecuru-Mirim/MA, dentre outras.

Se por um lado o rio é fonte de riqueza e pujança hídrica, por outro lado, especialmente em seu baixo curso, caracterizado por terrenos de pequena declividade, a ocupação desordenada de suas várzeas de inundação em áreas urbanas acaba por ocasionar sérios prejuízos quando da ocorrência de cheias mais severas, como as observadas em 1986 e 2009.

Buscando salvaguardar a vida das populações mais vulneráveis que residem nas áreas de risco, o Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, por meio de sua Residência de Teresina – RETE, implantou o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru - SAH/Itapecuru no ano de 2019 e o vem operando desde então.

Este relatório visa apresentar resumidamente as ações desenvolvidas durante a operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Itapecuru no ano de 2022 e fazer a caracterização das condições hidrológicas observadas.

RESUMO

O presente relatório apresenta um resumo das operações realizadas pelo SAH/Itapecuru referente ao período chuvoso do ano de 2022. Neste ano as precipitações se mostraram dentro do esperado em praticamente toda a bacia, o que contribuiu para a não ocorrência de grandes eventos de cheia nas cidades beneficiadas. Por outro lado, foi observada no mês de janeiro a maior cheia registrada na região do Alto Itapecuru, provocada por uma grande concentração de chuvas no período de 23 de dezembro de 2021 e 08 de janeiro de 2022. Como essas chuvas também foram bastante concentradas espacialmente, tal cheia somente chegou, já amortecida, na cidade de Caxias/MA, ainda assim provocando a maior cota do rio Itapecuru em 2022 naquela cidade, 7,05 m, evento com uma recorrência da ordem de 7,2 anos. A outra cidade a apresentar inundações foi Codó/MA, com pequenos eventos durante março e a maior cota anual sendo atingida no final de abril, 7,82 m, evento com tempo de retorno por volta de 4,5 anos. Já em Coroatá/MA, Cantanhede/MA e Itapecuru-Mirim/MA, não foram registradas inundações neste ano. Em 2022, o SAH/Itapecuru emitiu 117 boletins de alerta hidrológico e 15 boletins semanais de monitoramento, auxiliando as ações de salvaguarda das Defesas Civas municipais, especialmente as de Caxias/MA e Codó/MA.

ABSTRACT

This report presents a summary of the operations carried out by the SAH/Itapecuru for the rainy season in 2022. In this year, rainfall was within the expected range in practically the entire basin, which contributes to the non-occurrence of major flood events in the benefited cities. On the other hand, the largest flood recorded in the Alto Itapecuru region was observed in January, caused by a large concentration of rainfall between December 23, 2021 and January 8, 2022. As these rains were also very spatially concentrated, this flood only arrived, already dampened, in the city of Caxias/MA, even though it caused the highest level of the Itapecuru River in 2022 in that city, 7.05 m, an event with a recurrence of the order of 7.2 years. The other city to present floods was Codó/MA, with small events during March and the highest annual level being reached at the end of April, 7.82 m, an event with a return time of around 4.5 years. In Coroatá/MA, Cantanhede/MA and Itapecuru-Mirim/MA, there were no floods in this year. In 2022, SAH/Itapecuru issued 117 hydrological alert bulletins and 15 weekly monitoring bulletins, helping safeguard actions of the municipal Civil Defenses, especially those of Caxias/MA and Codó/MA.

SUMÁRIO

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. ÁREA DE ATUAÇÃO	14
3. HISTÓRICO DO SAH/ITAPECURU	17
4. CIDADES BENEFICIADAS	19
5. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO ANO DE 2022	23
5.1. Pluviometria.....	23
5.2. Fluviometria	26
5.3. Cheia na Porção Sul da Bacia	33
6. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	36
6.1. Campanha de Campo	36
6.2. Emissão de Boletins.....	38
6.3. Outras Atividades.....	40
7. CONCLUSÕES	41
8. AGRADECIMENTOS	42
9. Referências Bibliográficas.....	43

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. BACIA DO RIO ITAPECURU.	15
FIGURA 2. MAPA DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS QUE COMPÕE O SAH/ITAPECURU.	21
FIGURA 3. PRECIPITAÇÕES MENSASIS ENTRE JANEIRO E JUNHO DE 2022, ESPERADAS E OBSERVADAS.	25
FIGURA 4. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU NA ESTAÇÃO MONTEVIDÉU (33530000).	27
FIGURA 5. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU EM CAXIAS/MA.	28
FIGURA 6. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU EM CODÓ/MA.	29
FIGURA 7. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU EM COROATÁ/MA.	30
FIGURA 8. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU EM CANTANHEDE/MA.	31
FIGURA 9. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU EM ITAPECURU-MIRIM/MA.	32
FIGURA 10. ATUAÇÃO DA DEFESA CIVIL NA INUNDAÇÃO EM CAXIAS/MA EM JANEIRO DE 2022.	32
FIGURA 11. INUNDAÇÃO EM CODÓ/MA EM ABRIL DE 2022.	33
FIGURA 12. REUNIÃO COM GESTORES DA CIDADE DE CAXIAS/MA.	37
FIGURA 13. REUNIÃO COM A GUARDA CIVIL MUNICIPAL NA CIDADE DE COROATÁ/MA.	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. NÚMERO DE BOLETINS EMITIDOS PELO SAH/ITAPECURU.	19
TABELA 2 – MUNICÍPIOS BENEFICIADOS E ANTECEDÊNCIA DA PREVISÃO.	19
TABELA 3 – ESTAÇÕES QUE COMPÕE O SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO ITAPECURU.	20
TABELA 4. DEFINIÇÕES DAS COTAS DE REFERÊNCIA E AÇÕES DECORRENTES.	22
TABELA 5. COTAS DE REFERÊNCIA PARA AS CIDADES BENEFICIADAS.	22
TABELA 6. COTAS MÁXIMAS OBSERVADAS E TEMPO DE RECORRÊNCIA (TR).	27
TABELA 7. COTAS MÁXIMAS OBSERVADAS NA REGIÃO DO ALTO ITAPECURU EM 2022 E COMPARAÇÃO COM AS MAIORES CHEIAS HISTÓRICAS ATÉ ENTÃO.	36
TABELA 8. DATA DAS EMISSÕES DOS BOLETINS DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO.	39
TABELA 9. PERÍODOS DAS EMISSÕES DOS BOLETINS DE ALERTA HIDROLÓGICO.	39
TABELA 10. BOLETINS EMITIDOS PELO SAH/ITAPECURU EM 2021.	40

1. INTRODUÇÃO

O Itapecuru é um dos principais rios do estado do Maranhão. Sua bacia se desenvolve ao longo de 52.972 km², o que corresponde a cerca de 16% da superfície do estado, e nos seus 1.050 km de extensão atravessa a zona urbana de 10 municípios maranhenses.

Sinônimo de riqueza hídrica, o rio se converte em fonte de preocupação nas cidades por ele banhadas quando da ocorrência do período chuvoso, especialmente nos meses de março a maio, quando são observadas suas maiores cheias.

A ocupação indevida de suas várzeas de inundação nas cidades ribeirinhas acaba por provocar grandes prejuízos materiais e risco às vidas humanas quando da ocorrência de períodos chuvosos mais rigorosos, como os observados em 1974, 1986 e 2009,

Uma das formas recomendadas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para gerenciar ou reduzir o impacto causado pelas inundações ribeirinhas é a implantação de sistemas de alerta e previsão de cheias. Esta é considerada uma medida não estrutural que pode ser utilizada em conjunto com outras medidas, tais como, o planejamento do uso do solo, ou mesmo o uso de seguro para desestimular a ocupação de áreas sujeitas a inundação.

Desta forma, buscando a minimização dos impactos adversos das inundações ribeirinhas do rio Itapecuru, em especial quanto à vida humana, o Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM vem operando o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Itapecuru, o SAH/Itapecuru, desde o ano de 2019. A partir do monitoramento em tempo real, são realizadas previsões de comportamento futuro de curto prazo que permitem um tempo mínimo de ação dos órgãos de salvaguarda, especialmente a Defesa Civil, quando da ocorrência iminente de uma inundação ribeirinha.

Beneficiando inicialmente as cidades de Caxias/MA, Codó/MA e Coroatá/MA, a partir do ano de 2021 a operação do sistema foi estendida para as cidades de Cantanhede/MA e Itapecuru-Mirim/MA, concluindo a meta prevista de municípios atendidos pelo sistema.

Este relatório visa apresentar resumidamente as ações desenvolvidas durante a operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Itapecuru no ano de 2022, bem como apresentar a caracterização das condições hidrológicas observadas.

2. ÁREA DE ATUAÇÃO

O rio Itapecuru nasce a sul do estado do Maranhão, no sistema formado pelas serras de Cruzeiras, Itapecuru e Alpercatas, a cerca de 530 m de altitude. Partindo de suas nascentes, corre inicialmente na direção oeste-leste até Várzea do Cerco, onde toma rumo norte até a barra do rio Alpercatas. Deste ponto em diante, muda de direção para nordeste, persistindo até encontrar o rio Correntes, onde, subitamente, inflete para noroeste. Nas proximidades de Caxias/MA assume direção geral norte-noroeste. Deságua na baía do Arraial, a sudeste da ilha de São Luís, através de dois braços denominados Tucha e Mojó. Os principais afluentes pela margem direita são os rios Correntes, Pirapemas e Itapecuruzinho e os riachos Seco, do Ouro, Gameleira, Cachimbo e Guariba. Pela margem esquerda, destacam-se os rios Alpercatas, Peritoró, Pucumã, Codozinho, dos Porcos e Igarapé Grande, além dos riachos São Felinho, da Prata e dos Cocos (IBGE, 1997).

Drenando uma área total da ordem de 52.972 km², o que corresponde a cerca de 16% da superfície do estado do Maranhão, a bacia hidrográfica do rio Itapecuru tem forma geométrica de uma foice com a concavidade voltada para a bacia do Rio Mearim, limitando-se com Baía do Arraial pelo norte, com a bacia do Mearim pelo oeste, com a bacia do Munim por nordeste e, a leste, com a bacia do rio Parnaíba, conforme pode ser observado na Figura 1.

Segundo Alcântara (2004), a bacia abrange, total ou parcialmente, 45 municípios, dos quais 10 têm suas sedes municipais banhadas pelo rio principal. A população total residente na bacia, segundo o Censo 2010 do IBGE, é de 1.622.875 habitantes, correspondendo a uma densidade populacional de 30,6 hab/km².

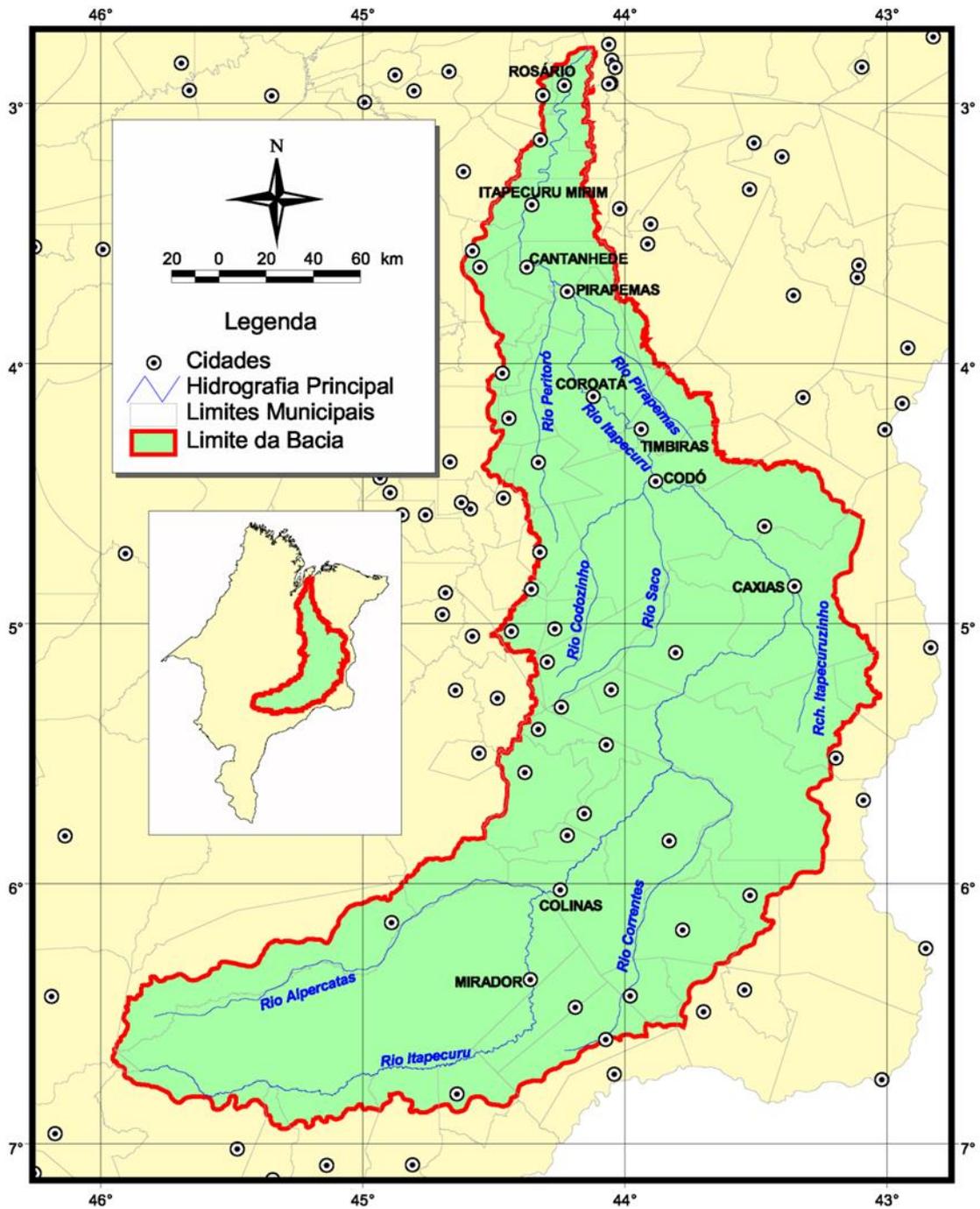


Figura 1. Bacia do rio Itapecuru.

Localizada em uma zona de transição climática entre o semiárido nordestino e o equatorial amazônico, a bacia apresenta precipitações médias anuais na faixa de 1.200 a 1.400 mm em sua porção mais alta, ao sul, chegando a

valores entre 1.600 e 2.000 mm na porção mais baixa, a jusante da cidade de Cantanhede.

O rio principal percorre uma extensão da ordem de 1.050 km, tendo seu curso dividido em (Bezerra, 1984):

a) Alto Itapecuru - vai da nascente até o município de Colinas/MA. Geomorfologicamente há uma predominância de chapadões, chapadas e cuestras, apresentado um relevo forte ondulado compondo as partes mais elevadas (350 metros) da baía com as serras de Itapecuru, Alpercatas, Crueiras e Boa Vista. Recebendo a contribuição mais significativa do rio Alpercatas, a vazão média do rio Itapecuru em Colinas (posto fluviométrico 33480000) é de 54,3 m³/s, sendo que a maior vazão registada era de 200 m³/s em abril de 1985 até a cheia do ano corrente;

b) Médio Itapecuru - vai do município de Colinas até o município de Caxias/MA. Esta área apresenta uma situação morfológica denominada testemunhos, onde predomina o relevo de chapadas baixas e uma superfície suave ondulado a forte ondulado, com uma diferença de altitude de 60 metros. Na estação fluviométrica Caxias (33550000), a vazão média do rio corresponde a 71,0 m³/s e a máxima registrada foi observada em abril de 1974, 743 m³/s;

c) Baixo Itapecuru - vai do município de Caxias/MA até a foz, na baía de São José. Essa área possui uma geomorfologia caracterizada pela presença da superfície maranhense com testemunho e na sua foz pelo Golfão Maranhense, com um relevo de superfície suave ondulado. Considerando os dados da estação Cantanhede (33680000), a mais a jusante do rio, a vazão média chega a 221,3 m³/s. Em termos de vazões máximas, o maior valor registrado foi em abril de 1986, correspondendo a 3.220 m³/s.

As cidades banhadas pelo rio principal e suas respectivas populações urbanas segundo o Censo 2010 do IBGE são: Mirador/MA – 9.373 hab (97ª maior cidade do estado); Colinas/MA – 25.575 hab (29ª); Caxias/MA – 118.534 hab (4ª); Codó/MA – 81.045 hab (5ª); Timbiras/MA - 17.471 hab (43ª); Coroatá/MA – 43.057 hab (14ª); Pirapemas/MA – 11.146 hab (80ª); Cantanhede/MA – 12.959 hab (68ª); Itapecuru-Mirim/MA – 34.668 hab (19ª); e Rosário/MA – 23.252 hab (31ª).

3. HISTÓRICO DO SAH/ITAPECURU

A decisão pela criação do SAH/Itapecuru se deu em 2018, face ao pedido do Governo do Estado do Maranhão, que pretendia implantar um sistema próprio cobrindo a bacia do Mearim, um dos produtos do seu plano de bacia, e desejava utilizar da expertise da CPRM para atender a bacia do rio Itapecuru em função da grande quantidade de pessoas potencialmente afetadas pela cheia deste rio, especialmente no seu médio e baixo curso.

Após a realização de reuniões na sede da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA/MA, foram definidas as cidades a serem beneficiadas e que as estações automáticas a serem instaladas ou reinstaladas por parte da CPRM teriam o apoio da SEMA/MA e do Corpo de Bombeiros.

As cidades alvos do SAH/Itapecuru foram: Caxias/MA (118.559 hab), Codó/MA (81.043 hab), Coroatá/MA (43.017hab), Cantanhede/MA (12.959 hab) e Itapecuru-Mirim/MA (34.668 hab). Considerando a rede telemétrica existente, restrita às cidades beneficiadas de Caxias/MA e Codó/MA, decidiu-se pela instalação de PCDs nos postos fluviométricos Montevideu (33530000), a montante de Caxias/MA, Coroatá (33630000), Cantanhede (33680000), e pela instalação de uma estação fluviométrica convencional para monitoramento do nível do rio Itapecuru na cidade de Itapecuru-Mirim/MA, de forma a se avaliar a viabilidade da realização de previsões para esta cidade dada a proximidade com a foz e o possível efeito de maré. Também foi decidido pela instalação de uma PCD junto à estação convencional de forma a se ter um retrato mais fiel das variações de nível.

Foi inicialmente realizada uma viagem de reconhecimento das estações em conjunto com o pessoal da SEMA/MA em julho de 2018, e nos meses de outubro e novembro daquele ano foram feitas as instalações das estações automáticas e da estação fluviométrica de Itapecuru-Mirim/MA. Também foi feita a reinstalação das PCDs de Caxias (33550000) e Codó (33590000), que foram remanejadas de postes de concreto para postes metálicos devido à grande altura dos primeiros.

O SAH/Itapecuru foi programado para entrar em operação em caráter de testes no ano de 2019, beneficiando, inicialmente, as cidades maranhenses de

Caxias/MA, Codó/MA e Coroatá/MA a partir de modelos de previsão do tipo cota-cota desenvolvidos com dados das estações convencionais. Entretanto, os eventos de cheia observados nos primeiros dias do mês de abril de 2019 anteciparam sua entrada em operação antes do lançamento oficial.

Entre os dias 01 de abril e 07 de abril foram emitidos 12 boletins de alerta hidrológico acompanhando as inundações observadas nas cidades de Caxias/MA (dias 05 e 06), Codó/MA e Coroatá/MA (05 a 07 de abril).

Oficialmente o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Itapecuru foi lançado em um evento em São Luís/MA em dezembro de 2019.

No ano de 2020 foram observados eventos de cheia que provocaram inundação nas cidades de Caxias/MA, Codó/MA, Coroatá/MA e Cantanhede/MA. Em Itapecuru-Mirim/MA houve a inundação de uma importante via de tráfego e algumas famílias foram removidas preventivamente. Era previsto que o SAH/Itapecuru fosse ampliado para as cidades de Cantanhede/MA e Itapecuru-Mirim/MA em 2020, o que acabou não sendo possível em grande parte pela pandemia da Covid19.

Com o evento máximo de cheia alcançando um tempo de recorrência da ordem de 10 anos, foram emitidos 84 boletins de alerta hidrológico em 2020, cuja distribuição temporal obedeceu ao comportamento hidrológico do rio Itapecuru, que apresentou uma primeira onda de cheia em março, e uma segunda menor em abril.

Em 2021 o Sistema de Alerta foi ampliado para as cidades de Cantanhede/MA e Itapecuru-Mirim/MA. Naquele ano as condições climáticas observadas, com precipitação abaixo da média nas porções sul e central da bacia, acabaram por não permitir o desenvolvimento de eventos de cheia significativos do rio Itapecuru.

O evento mais significativo foi observado na cidade de Codó/MA entre os dias 28 e 29 de março, quando o nível do rio praticamente igualou a cota de inundação (6,80 m). Em função de tal evento, foram emitidos 13 boletins de alerta entre os dias 28 de março e 02 de abril de 2021.

A partir de 2021 também foi iniciada a emissão de boletins semanais de monitoramento, apresentando a situação geral observada nos últimos sete dias

e a previsão pluviométrica segundo imagens de satélite, de forma a embasar um prognóstico sobre as condições futuras de médio prazo (7 e 15 dias). Assim, foram emitidos 15 boletins de monitoramento hidrológico durante a operação sistemática do SAH/Itapecuru naquele ano, entre 15/02/2021 e 17/05/2021.

A Tabela 1 apresenta um resumo do número de boletins emitidos a cada ano de operação do sistema.

Tabela 1. Número de boletins emitidos pelo SAH/Itapecuru.

Ano	Boletins de Alerta	Boletins de Monitoramento
2019	12	-
2020	84	-
2021	13	15

4. CIDADES BENEFICIADAS

Em 2019 o sistema foi iniciado beneficiando as cidades de Caxias/MA, Codó/MA e Coroatá/MA com previsões variando entre 8 e 12 h. Em 2020, optou-se por trabalhar todas as cidades com previsões de 8 h de antecedência, de forma a aumentar a qualidade das mesmas em seu primeiro ano efetivo de funcionamento.

Em 2021 foram acrescentadas as cidades de Cantanhede/MA e de Itapecuru-Mirim ao rol de localidades beneficiadas com previsão, completando as cidades alvos previstas quando da implantação do sistema, que foram mantidas em 2022. A Tabela 2 apresenta a população urbana de cada cidade segundo o Censo 2010 do IBGE e a antecedência empregada para as previsões.

Tabela 2 – Municípios beneficiados e antecedência da previsão.

Início da Operação	Cidade	População* (hab)	Antecedência de Previsão (h)
2020	Caxias/MA	118.534	8 horas
	Codó/MA	81.045	8 horas
	Coroatá/MA	43.057	8 horas
2021	Cantanhede/MA	12.959	12 horas
	Itapecuru-Mirim/MA	34.668	8 horas

*Fonte: Censo 2010 do IBGE

Para a operação do sistema o rio Itapecuru é monitorado em seis pontos através de estações automáticas mantidas pela Agência Nacional de Águas – ANA e pela própria CPRM, o que permite o acompanhamento da variação das cotas do rio em tempo quase real, bem como fornece o subsídio necessário para a realização das previsões. A Figura 2 apresenta as estações fluviométricas operadas, enquanto a Tabela 3 apresenta as características principais das mesmas.

Ainda em relação à operação do SAH/Itapecuru, tem-se a definição de cotas de referência mantidas pelo rio em cada seção de interesse o que permite avaliar o risco da ocorrência de eventos de inundação no curto prazo e condicionam as ações decorrentes como a emissão de boletins de alerta hidrológico e avisos às Defesas Civas e à sociedade em geral. Tais cotas são classificadas por cor e tem as definições e ações decorrentes listadas na Tabela 4. Já a tabela 5 traz as cotas de referência para as cinco cidades beneficiadas pelo sistema.

Tabela 3 – Estações que compõe o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Itapecuru.

Nome	Código	Rio	Município	Área da Bacia (km²)
Montevideú	33530000	Itapecuru	Gov. Eugênio Barros/MA	27.280
Caxias	33550000	Itapecuru	Caxias/MA	32.648
Codó	33590000	Itapecuru	Codó/MA	37.140
Coroatá	33630000	Itapecuru	Coroatá/MA	43.739
Cantanhede	33680000	Itapecuru	Cantanhede/MA	49.834
Itapecuru-Mirim	33690100	Itapecuru	Itapecuru-Mirim/MA	51.129

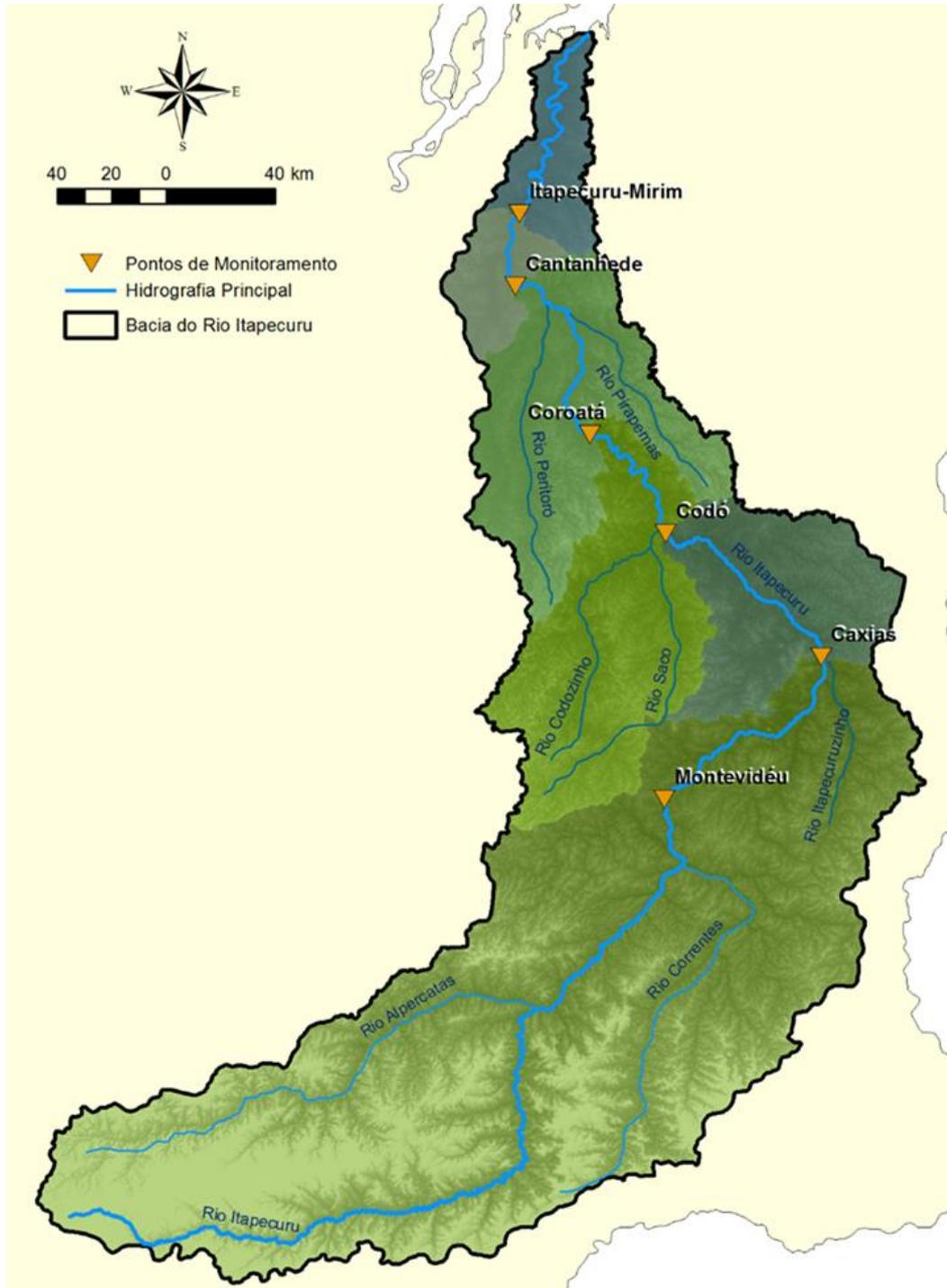


Figura 2. Mapa das estações fluviométricas que compõe o SAH/Itaipucu.

Tabela 4. Definições das cotas de referência e ações decorrentes.

Cor	Nome	Descrição	Ação Decorrente
Verde	Cota Normal	Não há risco da ocorrência de inundação.	Apenas monitoramento.
Amarelo	Cota de Atenção	Possibilidade moderada de ocorrência de inundação.	Aumento da frequência de monitoramento. Inicia a observação das previsões climáticas de curto prazo.
Laranja	Cota de Alerta	Possibilidade elevada de ocorrência de inundação.	Operação em regime de plantão. Emissão de boletins de alerta hidrológico com as previsões de comportamento futuro. Contato com as Defesas Civas.
Vermelho	Cota de Inundação	Cota em que o primeiro dano é observado no município.	Segue a operação em regime de plantão e a emissão de boletins de alerta hidrológico com as previsões, permitindo avaliar se o quadro deve melhorar ou piorar no curto prazo.

Tabela 5. Cotas de referência para as cidades beneficiadas.

Cidade	Cota de Atenção	Cota de Alerta	Cota de Inundação
Caxias/MA	4,00 m	5,00 m	6,00 m
Codó/MA	4,80 m	5,80 m	6,80 m
Coroatá/MA	7,20 m	8,40 m	10,00 m
Cantanhede/MA	10,50 m	12,30 m	13,60 m
Itapecuru-Mirim/MA	11,50 m	13,30 m	14,60 m

5. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO ANO DE 2022

De forma geral, as chuvas observadas no primeiro semestre de 2022 se comportaram dentro do esperado em toda a bacia, com desvios em relação à média histórica inferiores a 10%, com exceção do extremo norte onde o total acumulado em Itapecuru-Mirim/MA nos primeiros seis meses do ano superou a média histórica em 17,2%. Além de magnitudes dentro da faixa de normalidade, foi observada uma grande variabilidade temporal das precipitações, o que também ajudou a evitar a formação de grandes eventos de cheia nas cidades beneficiadas.

Por outro lado, em janeiro de 2022 foram registrados os maiores níveis do rio Itapecuru na porção sul de sua bacia desde que foi implantado o monitoramento fluviométrico sistemático na região, por volta do ano de 1962. Tal evento de cheia, excepcional e extemporâneo, foi provocado por uma grande concentração de chuvas no período de 23 de dezembro de 2021 e 08 de janeiro de 2022 na porção sul da bacia, em grande parte decorrentes da atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e do fenômeno La Niña.

A seguir é feito um breve relato sobre os registros pluviométricos e fluviométricos e um melhor detalhamento sobre a cheia histórica registrada no sul da bacia.

5.1. Pluviometria

Apesar da ocorrência do fenômeno La Niña, que normalmente causa aumento das precipitações no Nordeste do Brasil, as chuvas na bacia nesse primeiro semestre de 2022 ficaram dentro do esperado em termos de magnitude.

Após um início do mês de janeiro bastante chuvoso no extremo sul, houve uma redução das precipitações após a primeira dezena do mês, de forma que o desvio positivo em relação à média nesta região não foi tão significativo, variando entre 11,8% em Mirador/MA e 22,5% em Colinas/MA. Na porção central e norte, os desvios foram prioritariamente negativos, -11,8% em Caxias/MA e -38,7% em Cantanhede/MA, por exemplo, o que impediu que a cheia histórica observada na porção sul se estendesse para as demais regiões da bacia.

O mês de fevereiro foi bastante seco, com todos os pontos monitorados apresentando-se abaixo da média histórica, sendo o menor desvio observado em Cantanhede/MA, -1,2%, e o maior em Coroatá/MA, -60,8%.

Em março, os volumes precipitados voltaram a crescer, ficando acima da média do mês em todos os postos com exceção de Montevidéu (33530000). Apesar disso, os excessos do mês somente permitiram a reposição dos déficits de fevereiro no extremo sul e no extremo norte.

No mês de abril foram observados grandes déficits mensais no extremo sul. Como esse mês já indica o final do período chuvoso na região, o impacto nos valores acumulados no ano não foi tão significativo, que permaneceram próximo à média histórica. A região mais chuvosa foi a norte, com um excesso mensal de 24% em Coroatá/MA e de 13,4% em Cantanhede/MA.

O mês de maio marca o fim do período chuvoso na porção central e norte da bacia. Com valores mensais acumulados abaixo da média em boa parte da bacia, os excessos foram observados na porção mais ao norte, com chuvas variando de 19,2% acima da média em Coroatá/MA a 25,8% em Itapecuru-Mirim/MA.

O mês de junho de 2022, por outro lado, apresentou chuvas muito acima da média histórica em toda a bacia, com exceção da cidade de Cantanhede/MA. Apesar disso, os volumes foram bem inferiores aos observados nos meses mais chuvosos. Assim, tais precipitações ajudaram a manter os volumes acumulados no ano mais próximos da média histórica, mas não provocaram mudanças pluviométricas significativas.

A comparação entre os volumes pluviométricos esperados e os observados em vários pontos da bacia no período de janeiro a junho de 2022 estão apresentados na Figura 3.

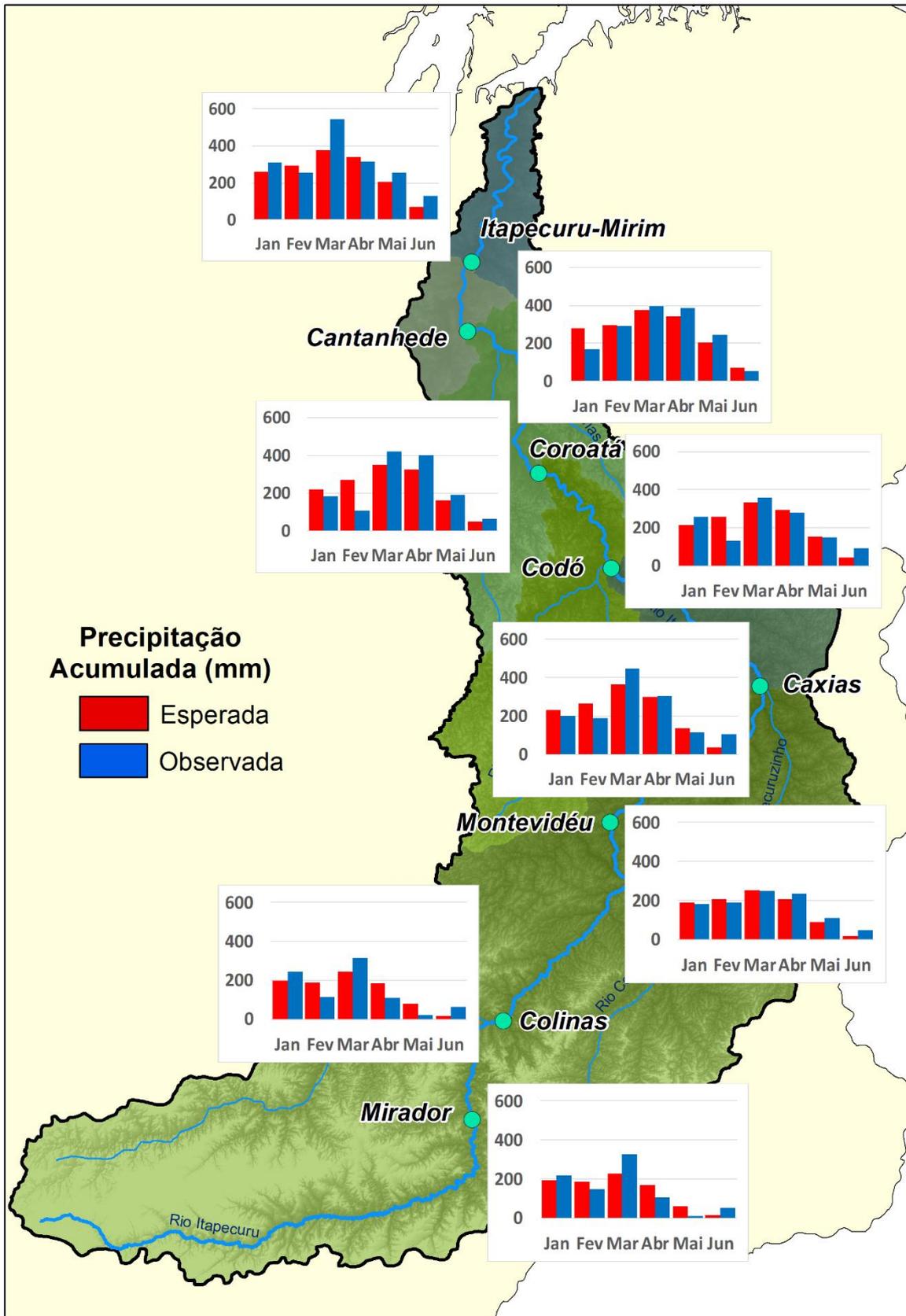


Figura 3. Precipitações mensais entre janeiro e junho de 2022, esperadas e observadas.

Em relação aos volumes precipitados no primeiro semestre de 2002, tem-se que:

- a) Na região mais ao sul, a chuva acumulada na cidade de Mirador/MA foi de 850,2 mm, 5,9 mm acima da média histórica de 844,3 mm, indicando um excesso de 0,7%; em Colinas/MA, a precipitação entre janeiro e junho ficou 5,4% abaixo do esperado (866,2 mm observados contra 915,6 mm esperados pelos dados históricos); já na estação Montevideu (33530000), o excesso foi de 5,7%, com os 1.005,4 mm registrados superiores aos 951,2 mm esperados).
- b) Na porção central, em Caxias/MA o excesso foi de 3,3% (1.367,8 mm observados contra 1.323,6 mm esperados); já em Codó/MA foi observado um pequeno déficit, sendo o volume acumulado de 1.261,4 mm 2,5% menor que os 1.293,5 mm esperados.
- c) Na porção norte, o total acumulado em Coroatá/MA foi de 1.362,6, ligeiramente abaixo da média histórica de 1.371,9 mm, indicando um déficit no semestre de 0,7%; em Cantanhede/MA o quadro semestral também aponta um pequeno déficit anual de 1,1%, com a chuva acumulada de 1.543,6 mm um pouco abaixo dos 1.560,8 mm esperados.
- d) No extremo norte as chuvas foram mais significativas, de tal forma que a cidade de Itapecuru-Mirim/MA foi a única, dentre as monitoradas, que sempre apresentou, em termos acumulados, índices pluviométricos acima do esperado. Ao final do primeiro semestre, a chuva acumulada de 1.815,9 mm ficou 17,2% acima da média histórica de 1.549,2 mm.

5.2. Fluviometria

Em geral as cheias do rio Itapecuru se concentram nos meses de março e abril. Neste ano de 2022, como já comentado, foi observada uma cheia extemporânea na porção sul da bacia, observada no início do mês de janeiro, que atingiu também a cidade de Caxias/MA. Como o evento chuvoso que provocou tal fenômeno ficou restrito à região sul, as demais cidades beneficiadas pelo

SAH/Itapecuru não sofreram maiores problemas no período e apresentaram níveis máximos dentro da faixa temporal esperada (março a abril), como pode observado na Tabela 6, que apresenta as cotas máximas registrada nos pontos de monitoramento e o tempo de retorno correspondente a cada uma delas. Já as figuras de 4 a 9 apresentam a variação da cota do rio Itapecuru na estação Montevidéu (33530000) e nas cidades beneficiadas, bem como as cotas de referência e a faixa dos valores esperados (frequência entre 25% e 75% - área em verde em cada gráfico) entre janeiro e junho de 2022.

Tabela 6. Cotas máximas observadas e tempo de recorrência (TR).

Código	Estação	Cota de Inundação (m)	Cota Máxima (m)	Data	TR (ano)
33530000	Montevidéu	-	7,83	11/01/2022 09:30	40,3
33550000	Caxias	6,00	7,05	15/01/2022 18:30	7,2
33590000	Codó	6,80	7,82	24/04/2022 16:45	4,5
33630000	Coroatá	10,00	9,22	25/04/2022 02:00	4,7
33680000	Cantanhede	13,60	12,69	20/03/2022 11:15	4,5
33690100	Itapecuru-Mirim	14,60	13,56	20/03/2022 07:45	*

*Estação não dispõe de série histórica que permita o cálculo

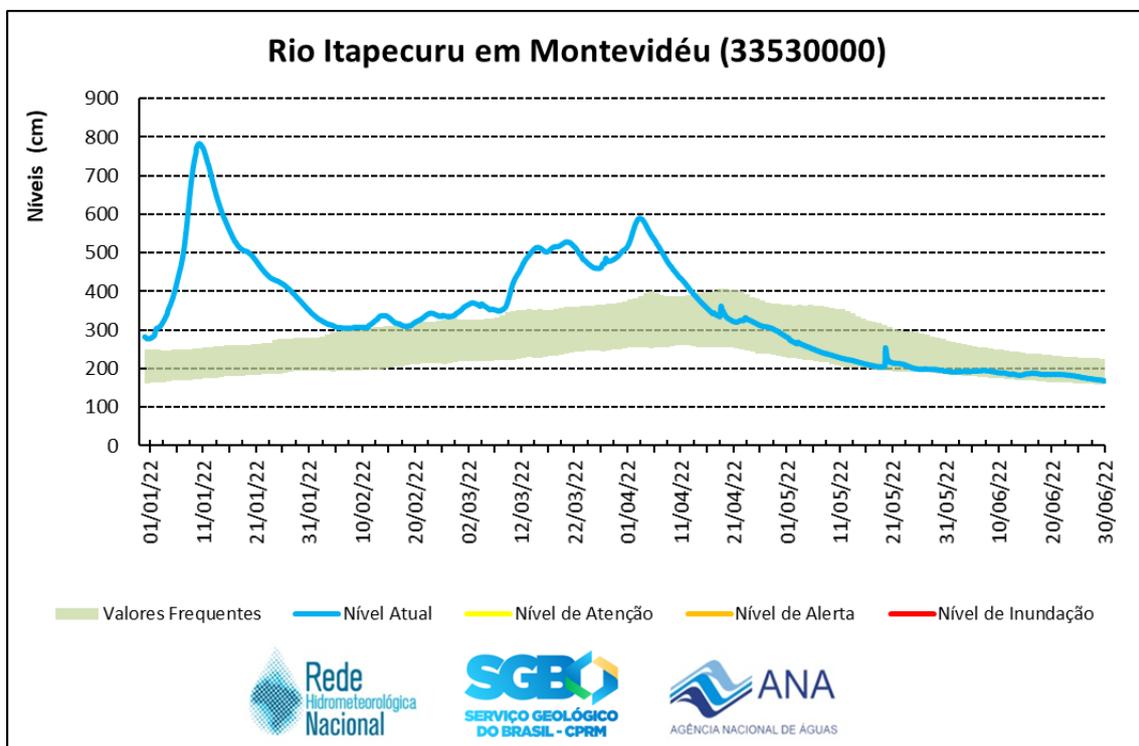


Figura 4. Variação do nível do rio Itapecuru na estação Montevidéu (33530000).

Na estação Montevidéu (33530000), o nível do rio Itapecuru praticamente se manteve sempre acima dos valores mais frequentes nos meses de janeiro a março. A partir de abril houve uma predominância de cotas dentro da faixa de normalidade, situação que persistiu até o final do mês de junho. Os maiores níveis foram observados em janeiro, sendo o valor máximo de 7,83 m, com um tempo de recorrência da ordem de 40 anos, registrado no dia 11 daquele mês. Como já discutido, a cota máxima do ano de 2022 foi a maior já observada na estação, em operação desde janeiro de 1975.

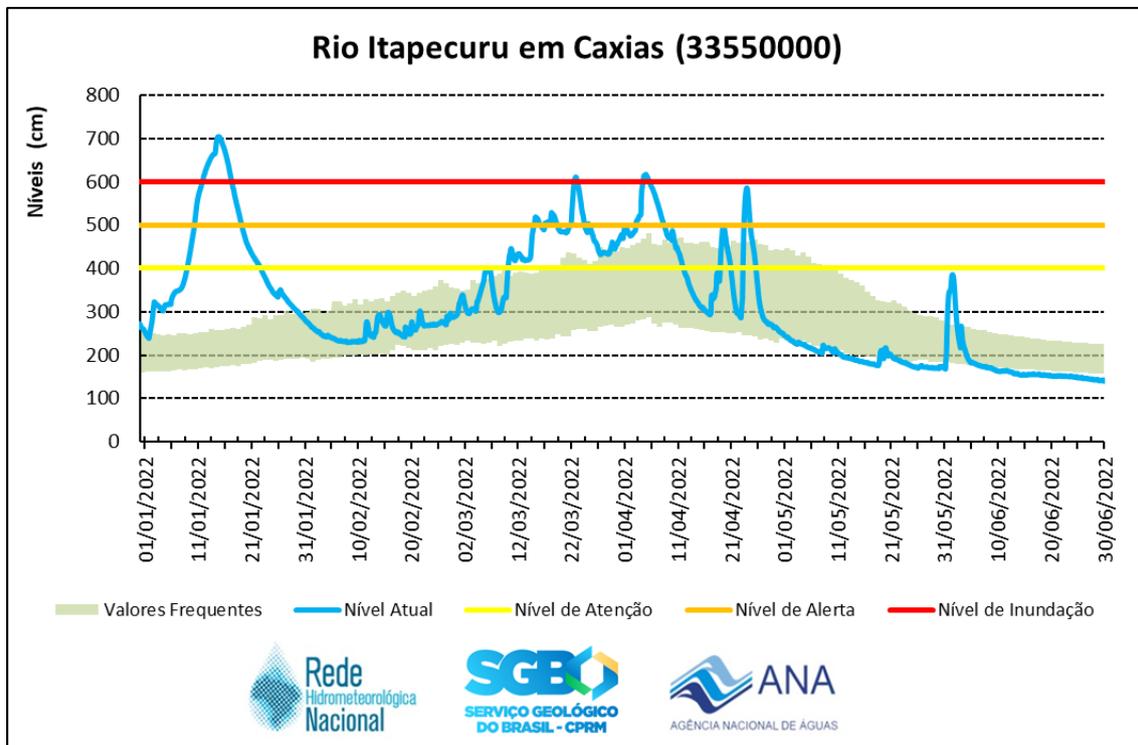


Figura 5. Variação do nível do rio Itapecuru em Caxias/MA.

Em Caxias/MA a cota máxima anual, 7,05 m, foi observada em janeiro, decorrente da propagação da cheia gerada no sul da bacia. Com a redução das chuvas, o nível do rio Itapecuru se manteve dentro da faixa de valores mais frequentes em fevereiro. No mês de março prevaleceram cotas acima da média, sendo observado um pequeno evento em que o nível superou a atual cota de inundação, 6,00 m, com o rio chegando a 6,11 m no dia 23 daquele mês. Em abril

a prevalência foi de cotas dentro da normalidade, mas também foram observadas cotas acima da faixa de valores mais frequentes, culminando em uma pequena inundação entre os dias 04 e 05 de abril, com a cota máxima no mês chegando a 6,17 m. Já nos meses de maio e junho prevaleceram cotas abaixo da faixa de normalidade.

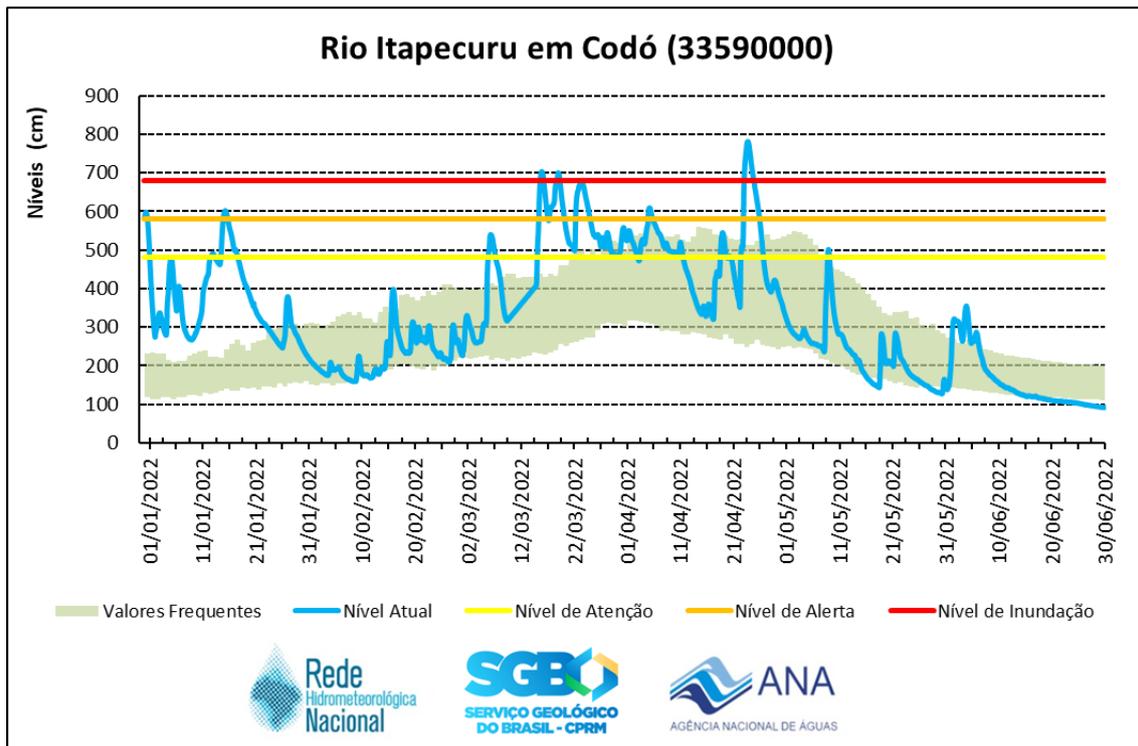


Figura 6. Variação do nível do rio Itapecuru em Codó/MA.

Na cidade de Codó/MA o ano também se iniciou com cotas acima do normal, ainda que a cota máxima no mês de janeiro, 6,02 m, mal tenha superado a cota de alerta (5,80 m), já que, como discutido, o evento chuvoso excepcional que gerou a cheia no sul da bacia ficou restrita àquela região. Outros eventos de cheia foram observados durante o mês de março, com a cota de inundação de 6,80 m tendo sido suplantada em duas ocasiões: 16 de março, atingindo o máximo de 7,03 m; e 19 de março, alcançando 7,00 m. Após um início de abril pouco chuvoso, com os níveis regredindo para a faixa de normalidade, o rio Itapecuru voltou a superar a cota de inundação nos dias 24 e 25 daquele mês, com a maior cota anual sendo observada no dia 24: 7,82 m. Em maio as cotas

foram predominantemente dentro da normalidade, enquanto em junho já predominaram valores abaixo da faixa de valores mais frequentes.

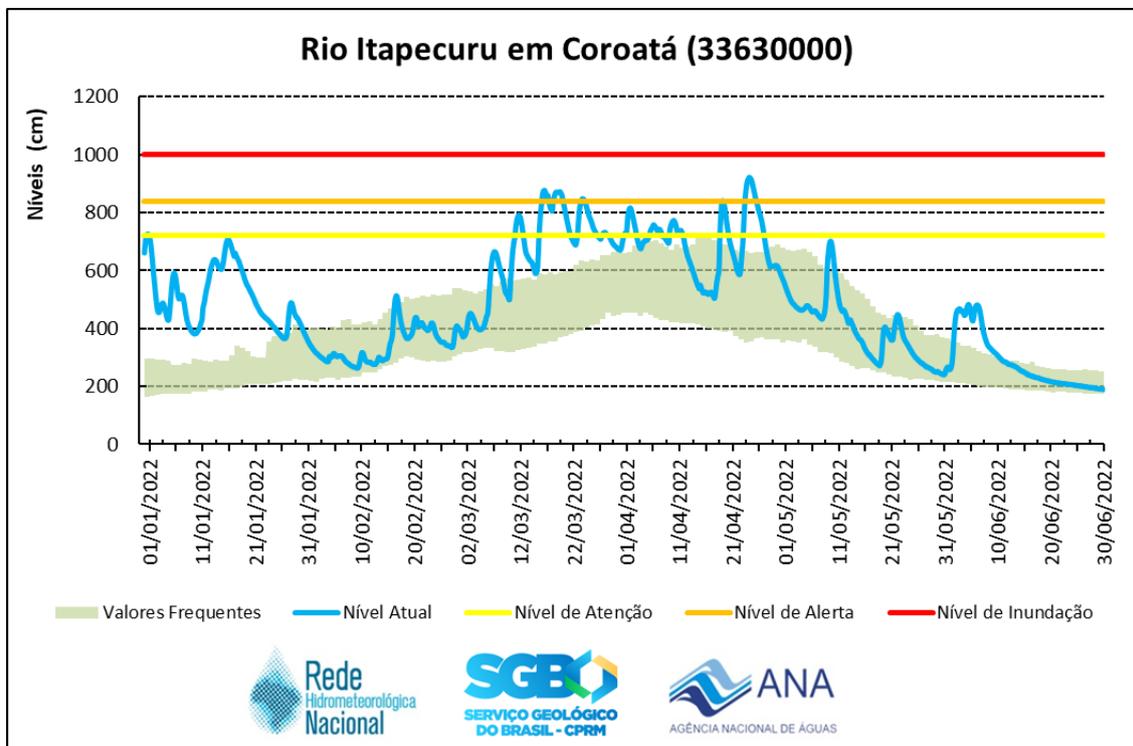


Figura 7. Variação do nível do rio Itapecuru em Coroatá/MA.

A partir de Coroatá/MA não foram observadas inundações nas demais cidades contempladas pelo SAH/Itapecuru neste ano de 2022. Em Coroatá/MA, a maior cota do ano de 2022 foi observada no dia 25 de maio, 9,22 m, reflexo da cheia observada em Codó/MA no dia anterior, ficando ainda a 88 cm de atingir a cota de inundação de 10,00 m. Além desse evento em abril, o nível do rio Itapecuru somente suplantou a cota de alerta de 8,40 m nos períodos 19 a 20 e 24 a 25 de março. Por outro lado, não foram observadas cotas abaixo da faixa de valores mais frequentes nesta cidade durante o primeiro semestre de 2022.

Em Cantanhede, a cota de alerta de 12,30 m somente foi superada nos dias 19 e 20 de março, com o nível máximo do ano sendo registrado às 11:15 h do dia 20, 12,69 m. De forma geral, as cotas se mantiveram acima da faixa de valores mais frequentes nos meses de janeiro, março e abril, enquanto nos meses de fevereiro, maio e junho os valores se desenvolveram prioritariamente dentro da

normalidade. Também nessa cidade não foram observados níveis abaixo da faixa de valores mais frequentes.

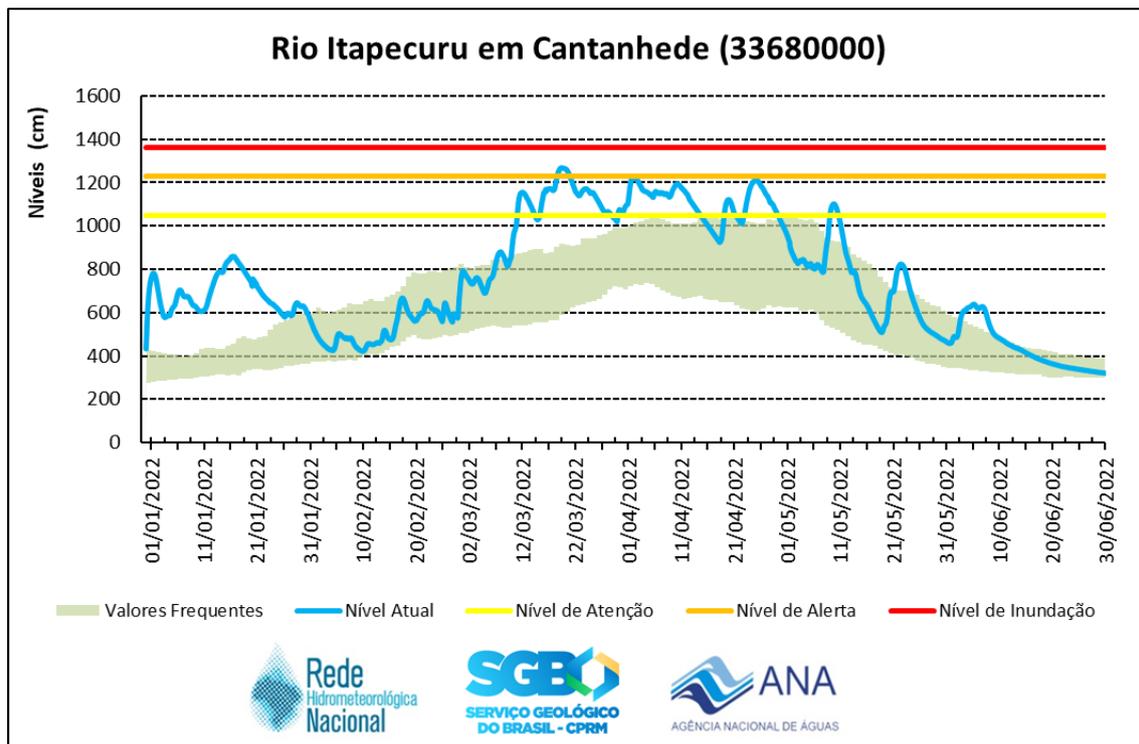


Figura 8. Variação do nível do rio Itapecuru em Cantanhede/MA.

De forma semelhante à Cantanhede/MA, em Itapecuru-Mirim/MA o rio suplantou a cota de alerta (13,30 m) apenas por um breve período de março, entre os dias 19 e 21, com o nível máximo sendo observado no dia 20, 13,56 m. Apesar da estação não dispor de uma série histórica de dados, é provável que o comportamento do nível d'água do rio Itapecuru em relação aos valores mais frequentes tenha sido semelhante ao observado em Cantanhede/MA.

As Figuras 10 e 11 apresentam fotos disponibilizadas pelas Defesas Civas mostrando exemplos de áreas inundadas pelo rio Itapecuru nas cidades de Caxias/MA e de Codó/MA, respectivamente.

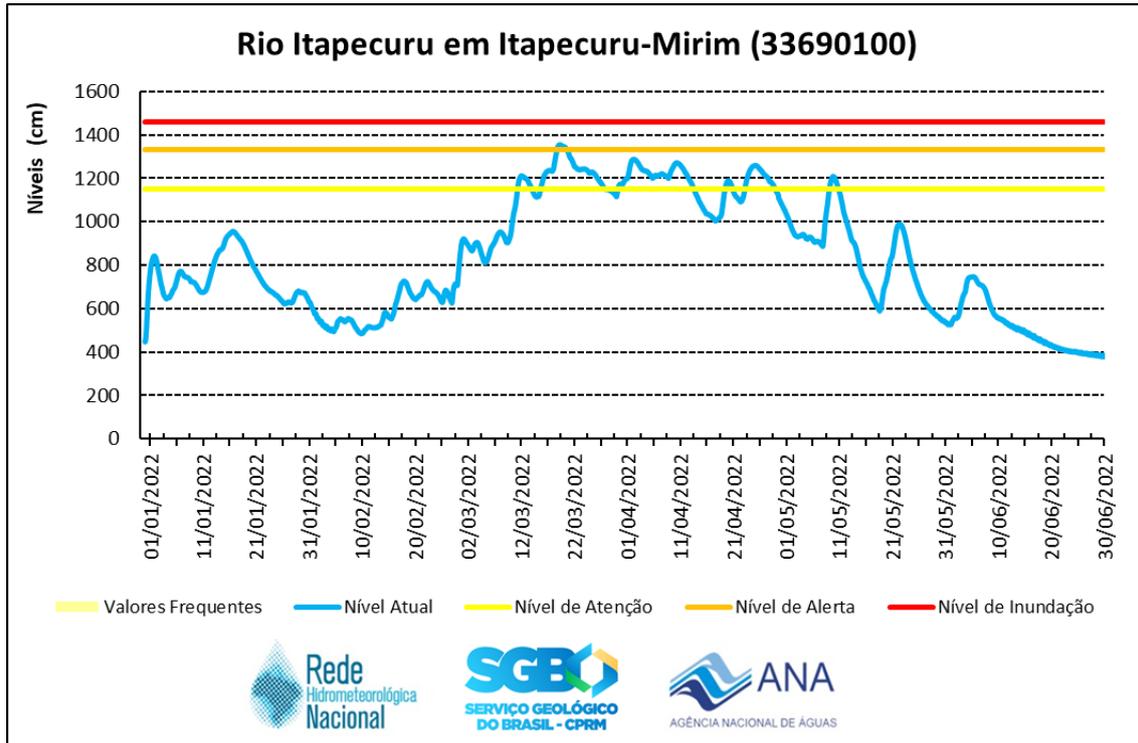


Figura 9. Variação do nível do rio Itapecuru em Itapecuru-Mirim/MA.



Figura 10. Atuação da Defesa Civil na inundação em Caxias/MA em janeiro de 2022.

Fonte: Defesa Civil - Caixas/MA



Figura 11. Inundação em Codó/MA em abril de 2022.

Fonte: Defesa Civil - Codó/MA

5.3. Cheia na Porção Sul da Bacia

A cheia observada na região do Alto Itapecuru no início do mês de janeiro de 2022 foi provocada pela ocorrência de chuvas excepcionais e extemporâneas, em grande parte decorrentes da atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), influenciada, dentre outros, pela ocorrência de La Niña (diminuição da temperatura da superfície das águas do Oceano Pacífico Tropical Central e Oriental), especialmente no período compreendido entre 23 de dezembro de 2021 e 08 de janeiro de 2022.

Tomando-se por base os dados registrados nas estações telemétricas que compõem a Rede Hidrometeorológica Nacional - RHN, mantida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, e operada pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, foram observados 350,6 mm acumulados na estação Mirador (código nacional 33420000), 283,0 mm em Colinas (33480000), 323,6 mm em Montevideú (33530000) e 246,4 mm em Caxias (33550000).

Conforme mostrado na Figura 12, os valores precipitados foram muito superiores ao que seria esperado para o período. Em Mirador (33420000), o

desvio chegou a 360%, com o total precipitado representando 29,2% da chuva anual média. Em Colinas (33480000), os 283,0 mm acumulados correspondem a 22,9% do esperado para o ano e representaram uma anomalia positiva de 306% em relação ao aguardado para o período. Em Montevidéu (33530000), que fica na zona rural do município de Gov. Eugênio Barros, o desvio foi de 424%, com o volume precipitado nos 16 dias representando 26,9% de toda a chuva esperada no intervalo de um ano. Já em Caxias (33550000), localizada na região mais central da bacia, o total precipitado também foi expressivo, mas menos impactante, atingindo 246,4 mm nos 16 dias, o que representa um desvio de 200% e 15,6% da chuva anual média.

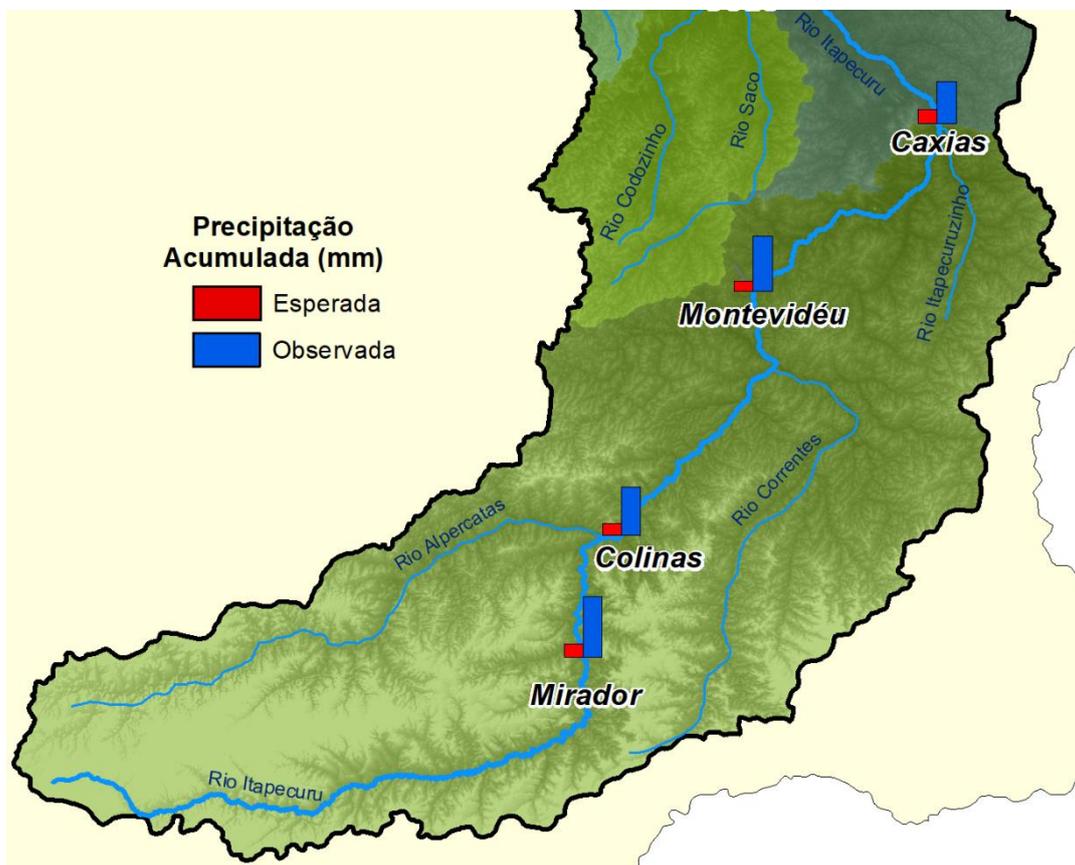


Figura 12. Precipitação acumulada entre 23/12/2021 e 08/01/2022.

Como reflexo dessa alta concentração de chuvas teve-se as maiores cheias registradas no rio Itapecuru nas cidades de Mirador/MA e Colinas/MA desde que foi iniciado o monitoramento fluviométrico do rio Itapecuru em tais localidades.

Na estação Mirador (33420000), a cota máxima chegou a 6,33 m segundo levantamento topográfico realizado por equipe técnica do SGB/CPRM, tendo sido observada no dia 07 de janeiro de 2022. A estação fluviométrica dispõe de 58 anos de dados, sendo que a maior cota registrada anteriormente tinha ocorrido em 2009, quando o rio Itapecuru alcançou 4,58 m. Assim, a cheia de janeiro de 2022 superou a de 2009 em 1,75 m.

Já em Colinas (33480000), também por levantamento topográfico, o rio Itapecuru chegou a 5,44 m no dia 06 de janeiro de 2022. Neste ponto de monitoramento, tem-se uma série histórica de 58 anos. A maior cota registrada anteriormente tinha sido de 4,33 m em 1974. Portanto, a cota atingida pelo Itapecuru em 2022 foi 1,11 m superior à cota máxima atingida 48 anos atrás.

Na estação Montevideu (33530000), a cota registrada em 2022 também foi a maior da série histórica de 48 anos. Com o registro de 7,83 m em 11 de janeiro, a cota do rio Itapecuru superou em 50 cm o maior valor outrora observado, 7,33 m em 2009.

Em relação à Caxias/MA, como as chuvas na região mais central da bacia não foram tão significativas quanto na porção mais ao sul, apesar da ocorrência de inundação, o evento não foi tão severo quanto nas estações de montante. A cota máxima observada no dia 15 de janeiro de 2022 foi de 7,05 m, representando a nona maior cota máxima anual registrada em 58 anos de série histórica. Nesta estação houve uma alteração de referencial de nível em 11 de abril de 2017. As cotas foram acrescidas de 1,0 m para evitar o registro de valores negativos. Considerando tal alteração, a maior cheia registrada foi a de 1974, cuja cota corrigida corresponde a 8,59 m, portanto 1,54 m acima do valor máximo observado em 2022 até o momento. Em termos mais recentes, a cheia de janeiro deste ano, com tempo de recorrência da ordem de 7 anos, ficou abaixo também da ocorrida em 2020, cuja cota máxima foi de 7,53 m.

A Tabela 7 resume as cotas máximas observadas nas estações fluviométrica localizadas no Alto Itapecuru, bem como apresenta uma comparação com as maiores cheias observadas até então.

Tabela 7. Cotas máximas observadas na região do Alto Itapecuru em 2022 e comparação com as maiores cheias históricas até então.

Estação	Cota Máxima Jan/2022 (m)	Data	Nº de Anos	Cota Máxima Anterior (m)	Ano	Diferença
Mirador (33420000)	6,33	04/01/2022	58	4,58	2009	1,75
Colinas (33480000)	5,44	06/01/2022	58	4,33	1974	1,11
Montevidéu (33530000)	7,83	11/01/2022	48	7,33	2009	0,50
Caxias (33550000)	7,05	15/01/2022	58	8,59	1974	-1,54

6. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

6.1. Campanha de Campo

Como forma de preparação para operação em 2022 foi realizada campanha de campo ainda em 2021, entre 30 de novembro e 07 de dezembro, visando, principalmente, reforçar o contato com os responsáveis pelas Defesas Civas municipais, especialmente nas cidades de Codó/MA, Coroatá/MA, Cantanhede/MA e Itapecuru-Mirim/MA, onde houve mudança de prefeito e as Defesas Civas ainda não estavam devidamente instaladas quando da realização da visita anterior, em fevereiro/março de 2021.

Nesta campanha também foi realizada a confirmação de cotas de referência com os novos responsáveis, ensejando a alteração da cota de inundação na cidade de Coroatá dos outrora 8,60 m para os atuais 10,00 m. Nas demais cidades, os níveis foram confirmados, ainda que medidas adotadas pelas prefeituras municipais possam ocasionar novas alterações, com destaque para Caxias/MA, onde a área mais baixa junto ao rio está sofrendo uma grande intervenção de urbanização, com implantação de um dique marginal, o que deve provocar uma elevação da cota de inundação quando da conclusão das obras. Em Codó/MA, a área mais frágil na região da Rua da Prainha, está sendo abandonada aos poucos pelos moradores, a partir de estímulos da Defesa Civil, o que poderá também ocasionar em revisões para cima da cota de inundação naquela cidade no futuro próximo.

As figuras 12 e 13 apresentam exemplos dos encontros realizados. A primeira foto corresponde à cidade de Caxias/MA, onde a reunião se deu na

Secretaria de Meio Ambiente e Defesa Civil com o Secretário Pedro Marinho, e o Sub-Secretário Major Aderbal Malheiros, que é o Coordenador da Defesa Civil no município. Já a segunda traz um registro da reunião com a Guarda Civil Municipal de Coroatá/MA, cujo Comandante Davi Duarte, também é o responsável pelas ações de campo da Defesa Civil. Foi nessa reunião que, a partir da apresentação dos resultados do levantamento de campo com GPS geodésico da última cheia, no ano de 2020, foi definido pela alteração da cota de inundação daquela cidade.



Figura 12. Reunião com gestores da cidade de Caxias/MA.

Na campanha foi realizada, ainda, a manutenção da estação fluviométrica instalada pelo SAH/Itapecuru na cidade de Itapecuru-Mirim, cujo código provisório é o 33690100, contemplando roço, substituição de réguas, nivelamento e pintura dos mourões de madeira, bem como foi dada manutenção na estação telemétrica.



Figura 13. Reunião com a Guarda Civil Municipal na cidade de Coroatá/MA.

6.2. Emissão de Boletins

Mantendo a sistemática de operação adotada desde o ano de 2021, além dos boletins com a previsão de curto prazo, os boletins de alerta hidrológico, também foram emitidos boletins semanais apresentando a situação geral observada nos últimos sete dias, chamados de boletins de monitoramento hidrológico, que trazem também a previsão pluviométrica segundo imagens de satélite, de forma a embasar um prognóstico sobre as condições futuras de médio prazo (7 e 15 dias).

Neste ano de 2022 foram emitidos 15 boletins de monitoramento hidrológico, iniciando em 15/02/2022 e finalizando em 25/05/2021. As datas das publicações estão listadas na Tabela 8.

Quanto aos boletins de alerta hidrológico, os mesmos foram emitidos acompanhando os eventos de cheias nas várias cidades, sempre iniciando quando o rio suplantava a cota de alerta em algum ponto da bacia. Ao todo foram emitidos 117 boletins de alerta ao longo de três períodos do ano de 2022, conforme discriminado na Tabela 9. A periodicidade diária variou de três boletins,

quando da ascensão do nível rio, a dois boletins quando da ocorrência de recessão.

Tabela 8. Data das emissões dos Boletins de Monitoramento Hidrológico.

Boletim Semanal	Data de Emissão	Boletim Semanal	Data de Emissão
Nº 1	15/02/2022	Nº 9	13/04/2022
Nº 2	22/02/2022	Nº 10	20/04/2022
Nº 3	03/03/2022	Nº 11	27/04/2022
Nº 4	10/03/2022	Nº 12	04/05/2022
Nº 5	17/03/2022	Nº 13	11/05/2022
Nº 6	24/03/2022	Nº 14	18/05/2022
Nº 7	31/03/2022	Nº 15	25/05/2022
Nº 8	07/04/2022		

Tabela 9. Períodos das emissões dos Boletins de Alerta Hidrológico.

Período	Nº de Boletins
11/01/2022 a 21/01/2022	27
16/03/2022 a 13/04/2022	77
24/04/2022 a 28/04/2022	13

Para divulgação dos boletins, sejam os de monitoramento, sejam os de alerta, foram adotadas as seguintes ferramentas: i) disponibilização no endereço eletrônico <http://www.cprm.gov.br/sace/>; ii) encaminhamento via e-mail; iii) divulgação em grupo específico do Whatsapp onde participam os representantes das prefeituras e do Corpo de Bombeiros.

Dos canais de comunicação é explícito o alcance mais efetivo do grupo de Whatsapp, tanto pela velocidade com que as informações são trocadas, quanto pela maior interação permitida. O grupo possui ao menos um representante de cada município como administrador e a presença dos bombeiros militares permitiu que o grupo se mantivesse sempre focado em questões técnicas, facilitando a difusão de eventuais alertas.

É importante ressaltar que, tanto por e-mail quanto no Whatsapp, a divulgação de um boletim extraordinário é acompanhada de texto explicativo, de forma a facilitar o entendimento do quadro pelos gestores.

A Tabela 10 resume o número de boletins emitidos, por tipo, e o período correspondente.

Tabela 10. Boletins emitidos pelo SAH/Itapecuru em 2021.

Tipo	Quantidade	Período de Emissão
Alerta Hidrológico	117	11/01/2022 a 21/01/2022 16/03/2022 a 13/04/2022 24/04/2022 a 28/04/2022
Monitoramento Hidrológico	15	15/02/2022 a 25/05/2022

6.3. Outras Atividades

Três outras atividades não sistemáticas foram executadas e merecem destaque.

A primeira diz respeito à participação do Pesquisador Roberto Fernandes em evento de capacitação de gestores municipais da Defesa Civil realizado pelo 5º Batalhão de Bombeiros Militar do Estado do Maranhão, sediado em Caxias/MA, no dia 17 de fevereiro de 2022, apresentando as ações do SAH/Itapecuru, inclusive a atuação durante a cheia do Alto Itapecuru no mês de janeiro.

A segunda foi o apoio à Assessoria de Comunicação – ASCOM na realização de matéria sobre a atuação dos Sistemas de Alerta Hidrológico mantidos pelo SGB/CPRM. Além da viabilização de reuniões com dirigentes do Corpo de Bombeiros e da Secretaria de Meio Ambiente e Defesa Civil sediados em Caxias/MA, a RETE disponibilizou os meios para visita de campo do representante da ASCOM, Lucas Alcântara, incluindo a realização de medição de vazão do rio Itapecuru naquela cidade no mês de fevereiro de 2022.

Finalmente, em resposta à solicitação da Prefeitura Municipal de Pirapemas/MA e atendendo às determinações da DHT, foi realizada viagem de reconhecimento em junho de 2022 para locação de estação fluviométrica naquele município para monitoramento do rio Itapecuru, permitindo a geração de dados que subsidiarão a decisão sobre a inclusão, ou não, da cidade dentre as beneficiadas pelo SAH/Itapecuru. A instalação da estação deverá ser feita no mês de setembro deste ano.

7. CONCLUSÕES

Com a ocorrência de chuvas classificadas como dentro da média, observou-se a ocorrência de inundações do rio Itapecuru apenas nas cidades de Caxias/MA e Codó/MA, dentre as cinco cidades beneficiadas pelo SAH Itapecuru.

As chuvas excepcionais verificadas na porção sul da bacia no final de dezembro de 2021 e início de janeiro de 2022 ocasionaram cheias históricas nas cidades de Mirador/MA, Colinas/MA e na estação Montevideu (33530000), as maiores registradas nas estações fluviométricas existentes. Como tais chuvas não se estenderam para a porção mais central, no referido período somente foi observada inundação na cidade de Caxias/MA dentre aquelas monitoradas pelo SAH, ainda assim a cota máxima registrada de 7,05 m em 15 de janeiro ficou bem aquém da observada em 2020, 7,53 m, como exemplo de cheia mais recente, e também muito distante dos 8,59 m registrados em 1974, valor máximo da série histórica até o momento.

Já em Codó/MA, a cota máxima observada em 2022 foi de 7,82 m, registrada em 24 de abril, também inferior à máxima registrada em 2020, 9,12 m, bem como bem distante da cota máxima de 10,74 m ocorrida em 2009.

Nas demais cidades a condição mais crítica registrada em 2022 foi de alerta. Em Coroatá/MA a cota máxima foi de 9,22 m, verificada em 25 de abril, 78 cm abaixo da cota de inundação, 10,00 m. Em Cantanhede/MA, o nível máximo do rio Itapecuru no ano foi observado em 20 de março, 12,69 m, ainda 91 cm aquém da cota de inundação, 16,60 m. Já em Itapecuru-Mirim/MA o rio atingiu o máximo de 13,56 m, 1,04 m abaixo dos 14,60 m que é a cota de inundação naquela cidade.

O Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Itapecuru emitiu, no ano de 2022, 117 boletins de alerta hidrológico, em três períodos distintos, de 11/01/2022 a 21/01/2022, acompanhando a cheia do alto Itapecuru que também atingiu a cidade de Caxias/MA, de 16/03/2022 a 13/04/2022, quando foram observadas pequenas inundações em Caxias/MA e Codó, e de 24/04/2022 a 28/04/2022, quando ocorreu a inundação mais significativa em Codó/AM.

Também foram emitidos 15 boletins semanais de monitoramento hidrológico, que auxiliaram as Defesas Civas no planejamento futuro, tendo em vista a apresentação das previsões pluviométricas e dos prognósticos hidrológicos.

Em seu terceiro ano de funcionamento oficial, o SAH/Itapecuru consolidou ainda mais sua importância juntos aos gestores dos órgãos de salvaguarda, auxiliando nas ações de prevenção e redução de prejuízos quando da ocorrência de eventos de cheias, especialmente nas cidades de Caxias/MA e Codó/MA. O bom desempenho dos modelos de previsão e o monitoramento em tempo real amplamente divulgado, inclusive em grupo de Whatsapp específico, aumentaram o reconhecimento da importância dos trabalhos e, inclusive, levaram outros municípios não beneficiados a pleitearem a inclusão nas cidades beneficiadas pelo SAH/Itapecuru, como é o caso de Pirapemas/MA.

Com a observação dos novos eventos de cheia, os modelos de previsão serão revistos de forma a melhorar ainda mais seu desempenho, garantindo mais segurança à população beneficiada quando da operação sistemática durante o período chuvoso do ano de 2023.

8. AGRADECIMENTOS

A operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Itapecuru no ano de 2022 só foi possível com a utilização dos dados hidrológicos provenientes da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) de responsabilidade da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), operada pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) e demais parceiros. Por meio de Termo de Execução Descentralizada (TED) de operação da RHN, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico disponibiliza apoio operacional e financeiro para operação e manutenção das estações da RHN/RHNR, bem como para uso de equipamento de medição.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, E. H. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru, Maranhão – Brasil. *Caminhos de Geografia*, v. 7, n. 11, p. 97-113, fev. 2004.

BEZERRA, A. S. Contribuição à geomorfologia da bacia do Itapecuru, Maranhão. 1984. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UNESP, Rio Claro, SP, 1984.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Zoneamento Geoambiental do Estado do Maranhão - Diretrizes Gerais para a Ordenação Territorial. Salvador: IBGE, 1997.