



**SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO**



# **RELATÓRIO ANUAL DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO ITAPECURU - 2023**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB/CPRM**  
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL – DHT  
Departamento de Hidrologia  
Divisão de Hidrologia Aplicada

**Programa Gestão de Riscos e de Desastres**

AÇÃO LEVANTAMENTOS, ESTUDOS, PREVISÃO E ALERTA DE EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS

**RELATÓRIO ANUAL DE  
OPERAÇÃO DO SISTEMA DE  
ALERTA HIDROLÓGICO DA  
BACIA DO RIO ITAPECURU -  
2023**

**AUTORES**

Roberto José A. R. Fernandes

Djalena Marques de Melo

Artur Jose Soares Matos

Teresina/PI  
Julho, 2023



**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

**Ministro de Estado**

Alexandre Silveira de Oliveira

**Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

Vitor Eduardo de Almeida Saback

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB/CPRM**

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Cassiano de Souza Alves (Interino)

**Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice Silva de Castilho

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Paulo Afonso Romano (Interino)

**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 - 2023

## REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

## AUTORES

Roberto José Amorim Rufino Fernandes

Djalena Marques de Melo

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 Fernandes, Roberto José Amorim Rufino.  
Relatório anual de operação do sistema de alerta hidrológico da bacia do rio Itapecuru. / Autores Roberto José Amorim Rufino Fernandes, Djalena Marques de Melo e Artur José Soares Matos - Teresina : CPRM, 2023.

1 recurso eletrônico : PDF. – (SAH/Itapecuru).

1. Recursos hídricos. 2. Inundação. 3. Bacia Itapecuru. 4. Sistema de alerta. I. Melo, Djalena Marques de. II. Matos, Artur José Soares. III. Título. IV. Série.

CDD 551.48063

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

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

Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM  
www.sgb.gov.br  
seus@sgb.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)<sup>1</sup>. 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:



---

<sup>1</sup> Link para cartilha da ODS dos SAHs:

[http://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/21778/1/7\\_sistemas\\_de\\_alerta\\_hidrologico\\_outubro\\_ok.pdf](http://rigeo.sgb.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 2023 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 2023. Neste ano, as precipitações acumuladas entre janeiro e junho se mostraram, de forma geral, dentro do esperado em praticamente toda a bacia. Em relação à distribuição temporal, entretanto, houve uma grande concentração de chuvas entre o final de março e início de abril, especialmente no entorno de Codó/MA e Coroatá/MA. Tal quadro chuvoso acabou por provocar as inundações do rio Itapecuru observadas na porção mais ao norte da bacia, a partir da cidade de Codó/MA. Como as chuvas a montante da cidade de Caxias/MA foram mais irregulares e de menor magnitude, a cidade não enfrentou quadro de inundação neste ano, com a cota máxima observada de 5,99 m ficando 1 cm abaixo da cota de inundação definida. Em Codó/MA a cota máxima anual foi de 8,87 m, com um tempo de retorno da ordem de 9,0 anos, sendo a sétima maior cota anual registrada no período 1969-2023. Em Coroatá/MA, o nível máximo atingido pelo rio Itapecuru foi de 11,31 m, o terceiro maior no período 1975-2023, com recorrência da ordem de 17 anos. Em Cantanhede a cota máxima foi de 15,05 m, com tempo de retorno de, aproximadamente, 18 anos, e a terceira maior no período 1969-2023. Em Itapecuru-Mirim/MA a maior cota foi 15,19 m, tendo sido a maior observada desde 2009. Neste ano de 2023, o SAH Itapecuru emitiu 85 boletins de alerta hidrológico e 14 boletins semanais de monitoramento, auxiliando as ações de salvaguarda das Defesas Civas municipais no enfrentamento das inundações observadas.

## ABSTRACT

---

This report presents a summary of the operations carried out by SAH Itapecuru for the rainy season in 2023. This year, the accumulated precipitation between January and June was, in general, within expectations in practically the entire basin. Regarding temporal distribution, however, there was a large concentration of rainfall between late March and early April, especially around Codó/MA and Coroatá/MA. Such a rainy picture ended up causing the flooding of the Itapecuru River observed in the northernmost portion of the basin, from the city of Codó/MA. As the rainfall upstream of the city of Caxias/MA was more irregular and of lesser magnitude, the city did not face flooding this year, with the observed maximum elevation of 5.99 m being 1 cm below the defined flood elevation. In Codó/MA, the maximum annual level was 8.87 m, with a return time of around 9.0 years, being the seventh highest annual level recorded in the period 1969-2023. In Coroatá/MA, the maximum level reached by the Itapecuru River was 11.31 m, the third highest in the period 1975-2023, with recurrence of around 17 years. In Cantanhede, the maximum elevation was 15.05 m, with a return time of approximately 18 years, and the third highest in the period 1969-2023. In Itapecuru-Mirim/MA, the highest level was 15.19 m, having been the highest observed since 2009. In this year, 2023, SAH Itapecuru issued 85 hydrological alert bulletins and 14 weekly monitoring bulletins, helping safeguard actions of the Municipal Civil Defenses in facing the observed floods.

## SUMÁRIO

---

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. ÁREA DE ATUAÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>3. HISTÓRICO DO SAH ITAPECURU .....</b>	<b>17</b>
<b>4. CIDADES BENEFICIADAS .....</b>	<b>20</b>
<b>5. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO ANO DE 2023 .....</b>	<b>24</b>
<b>5.1. Pluviometria .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2. Fluviometria.....</b>	<b>27</b>
<b>6. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS .....</b>	<b>39</b>
<b>6.1. Campanha de Campo .....</b>	<b>39</b>
<b>6.2. Emissão de Boletins .....</b>	<b>42</b>
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>44</b>
<b>8. AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>46</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>46</b>

## LISTA DE FIGURAS

---

FIGURA 1. BACIA DO RIO ITAPECURU.	15
FIGURA 2. MAPA DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS QUE COMPÕE O SAH ITAPECURU.	22
FIGURA 3. PRECIPITAÇÕES MENSAIS ENTRE JANEIRO E JUNHO DE 2023, ESPERADAS E OBSERVADAS.	25
FIGURA 4. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU NA ESTAÇÃO MONTEVIDÉU (33530000).	28
FIGURA 5. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU EM CAXIAS/MA.	29
FIGURA 6. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU EM CODÓ/MA.	30
FIGURA 7. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU EM COROATÁ/MA.	31
FIGURA 8. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU EM CANTANHEDE/MA.	32
FIGURA 9. VARIAÇÃO DO NÍVEL DO RIO ITAPECURU EM ITAPECURU-MIRIM/MA.	33
FIGURA 10. INUNDAÇÃO DO RIO ITAPECURU EM CODÓ/MA EM ABRIL DE 2023.	34
FIGURA 11. ATUAÇÃO DA DEFESA CIVIL DE CODÓ/MA EM ABRIL DE 2023.	35
FIGURA 12. INUNDAÇÃO DO RIO ITAPECURU E ATUAÇÃO DA DEFESA CIVIL DO MUNICÍPIO DE COROATÁ/MA E DO CORPO DE BOMBEIROS EM ABRIL DE 2023.	36
FIGURA 13. INUNDAÇÃO DO RIO ITAPECURU EM CANTANHEDE/MA E ATUAÇÃO DA DEFESA CIVIL DO MUNICÍPIO EM ABRIL DE 2023.	37
FIGURA 14. PRIMEIRA CASA ATINGIDA PELA INUNDAÇÃO DO RIO ITAPECURU NA CIDADE DE ITAPECURU- MIRIM/MA EM ABRIL DE 2023.	38
FIGURA 15. INUNDAÇÃO RIO ITAPECURU NO MUNICÍPIO DE ITAPECURU-MIRIM/MA EM ABRIL DE 2023.	38
FIGURA 16. REUNIÕES COM REPRESENTANTES DA DEFESA CIVIL E CORPO DE BOMBEIROS.	41
FIGURA 17. COMPARAÇÃO ENTRE AS COTAS AUTOMÁTICAS REGISTRADAS EM COROATÁ (33630000) E O MONITORAMENTO CONVENCIONAL REALIZADO EM PIRAPEMAS (33670000).	42

## LISTA DE TABELAS

---

TABELA 1. NÚMERO DE BOLETINS EMITIDOS PELO SAH ITAPECURU.	20
TABELA 2 – MUNICÍPIOS BENEFICIADOS E ANTECEDÊNCIA DA PREVISÃO.	20
TABELA 3 – ESTAÇÕES QUE COMPÕE O SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO ITAPECURU.	21
TABELA 4. DEFINIÇÕES DAS COTAS DE REFERÊNCIA E AÇÕES DECORRENTES.	23
TABELA 5. COTAS DE REFERÊNCIA PARA AS CIDADES BENEFICIADAS.	23
TABELA 6. COTAS MÁXIMAS OBSERVADAS E TEMPO DE RECORRÊNCIA (TR).	28
TABELA 7. DATA DAS EMISSÕES DOS BOLETINS DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO.	43
TABELA 8. PERÍODOS DAS EMISSÕES DOS BOLETINS DE ALERTA HIDROLÓGICO.	43
TABELA 9. BOLETINS EMITIDOS PELO SAH ITAPECURU EM 2023.	44

## 1. INTRODUÇÃO

O Itapecuru é um dos principais rios do estado do Maranhão. Sua bacia se desenvolve ao longo de 52.972 km<sup>2</sup>, 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 2023, 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 km<sup>2</sup>, 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/km<sup>2</sup>.

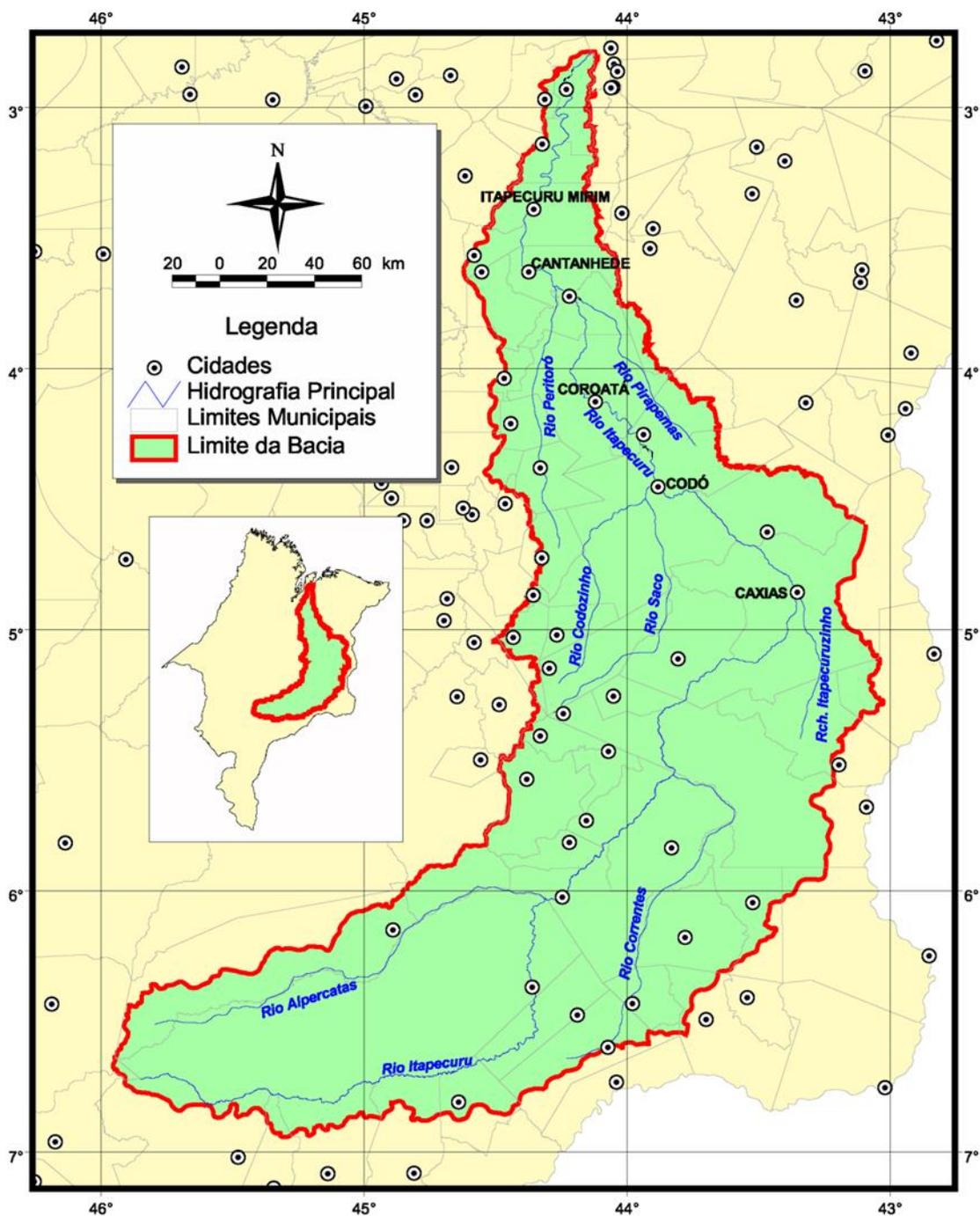


Figura 1. Bacia do rio Itapecuru.

Obs.: Em destaque a localização da bacia em relação ao estado do Maranhão.

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, Crujeiras 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 m<sup>3</sup>/s, sendo que a maior vazão registrada de 289 m<sup>3</sup>/s em janeiro de 2022;

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 m<sup>3</sup>/s e a máxima registrada foi observada em abril de 1974, 743 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/s. Em termos de vazões máximas, o maior valor registrado foi em abril de 1986, correspondendo a 3.220 m<sup>3</sup>/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 do SGB/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 do SGB/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 Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) nos postos fluviométricos Montevideú (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 maior evento 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 cheia, 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.

No ano de 2022 foi observada uma cheia atípica que atingiu o alto Itapecuru, em função do período de ocorrência. 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.

Afora Caxias/MA, apenas a cidade de Codó/MA registrou inundação, sendo a cota máxima observada em 2022 de 7,82 m, ocorrida 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.

Assim, 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.

A Tabela 1 apresenta um resumo do número de boletins emitidos a cada ano de operação do sistema. Todos os boletins já emitidos estão disponibilizados no portal SACE e podem ser acessados livremente no endereço eletrônico <http://www.sgb.gov.br/sace/itapecuru/>.

Tabela 1. Número de boletins emitidos pelo SAH Itapecuru.

Ano	Boletins de Alerta	Boletins de Monitoramento
2019	12	-
2020	84	-
2021	13	15
2022	117	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/MA ao rol de localidades beneficiadas com previsão, completando as cidades alvos previstas quando da implantação do sistema, que foram mantidas em 2023. A Tabela 2 apresenta a população total de cada município segundo a prévia do Censo 2022 do IBGE e a antecedência empregada para as previsões.

Tabela 2 – Municípios beneficiados e antecedência da previsão.

Início da Operação	Cidade	População Total* (hab)	Antecedência de Previsão (h)
2020	Caxias/MA	153.634	8 horas
	Codó/MA	112.110	8 horas
	Coroatá/MA	59.563	8 horas
2021	Cantanhede/MA	17.355	12 horas
	Itapecuru-Mirim/MA	65.721	8 horas

\*Fonte: Prévia do Censo 2022 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 pelo próprio SGB/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.

<b>Nome</b>	<b>Código</b>	<b>Rio</b>	<b>Município</b>	<b>Área da Bacia (km<sup>2</sup>)</b>
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

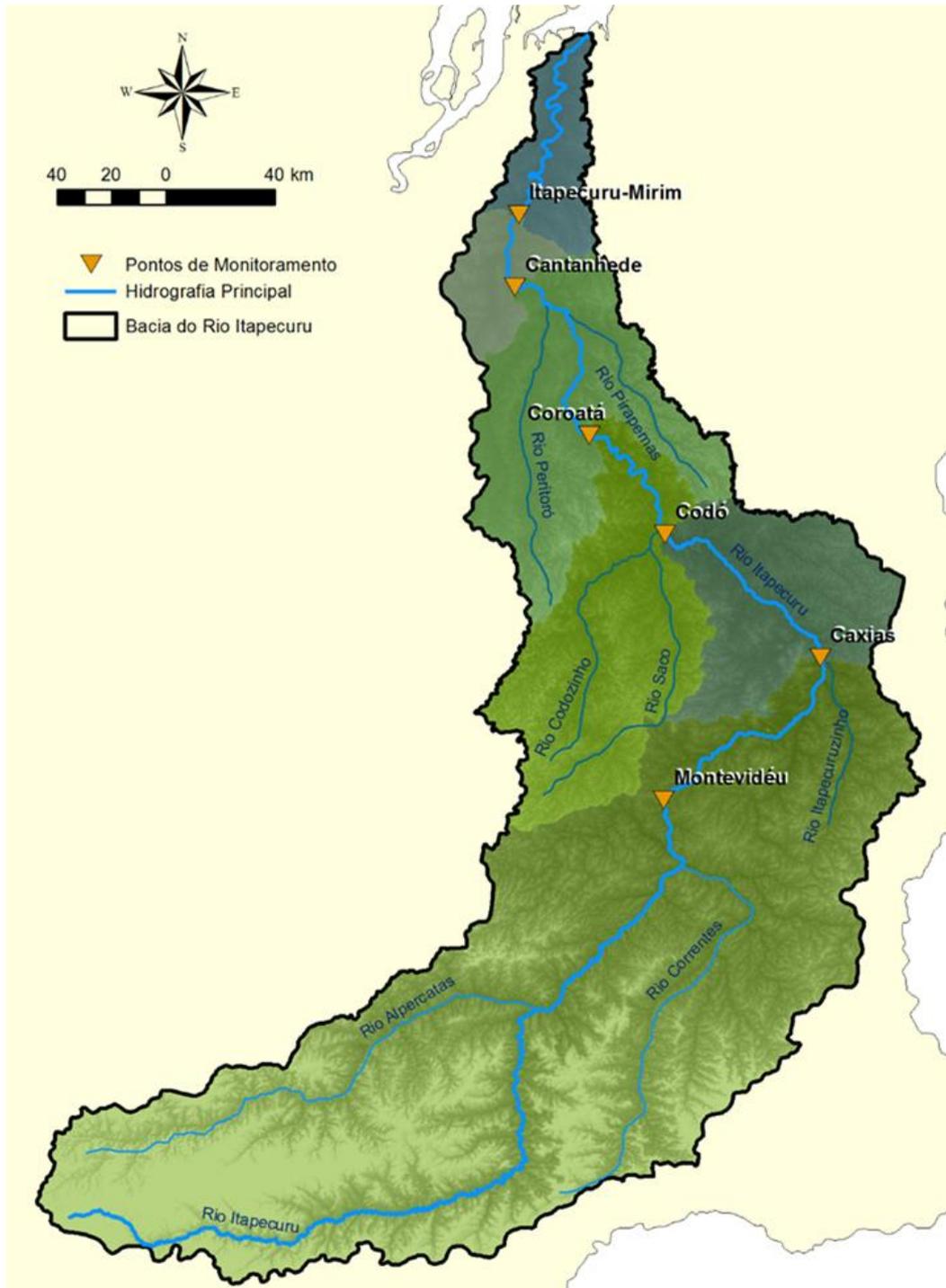


Figura 2. Mapa das estações fluviométricas que compõe o SAH Itaipucu.

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

Cor	Nome	Descrição	Ação Decorrente
Verde	Cota Normal	Não há risco significativo de 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*	5,15 m	6,15 m	7,47 m
Coroatá/MA*	7,40 m	8,60 m	10,28 m
Cantanhede/MA	10,50 m	12,30 m	13,60 m
Itapecuru-Mirim/MA	11,50 m	13,30 m	14,60 m

\*Cotas de referência atualizadas em 07/03/2023.

## 5. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO ANO DE 2023

De forma geral, o acumulado de chuvas observadas no primeiro semestre de 2023 se comportaram dentro do esperado em praticamente toda a bacia, com desvios em relação à média histórica inferiores, em módulo, a 15%, com exceção de dois pontos de monitoramento na porção mais ao sul da bacia: Mirador/MA, com desvio negativo de 15,5%, e estação Montevidéu (33530000), onde o total pluviométrico no ano ficou 17,2% abaixo da média histórica para o período. Apesar disso, foi observada uma grande concentração de chuvas entre o final do mês de março e início do mês de abril na região mais central da bacia, especialmente em Codó/MA e Coroatá/MA, o que foi determinante na formação da onda de cheia que provocou inundações em todas as cidades monitoradas, com exceção de Caxias/MA.

A seguir é feito um breve relato sobre os registros pluviométricos e fluviométricos e um melhor detalhamento sobre as inundações observadas na porção mais ao norte da bacia.

### 5.1. Pluviometria

Para a análise pluviométrica foram considerados os dados históricos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas – ANA, e os dados registrados pelas estações automáticas operadas pelo SGB/CPRM e pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN nas cidades de Mirador/MA, Colinas/MA, Caxias/MA, Codó/MA, Coroatá/MA, Cantanhede/MA e Itapecuru-Mirim/MA, e na estação Montevidéu (33530000). A comparação entre os volumes pluviométricos esperados e os observados em tais estações no período de janeiro a junho de 2023 estão apresentados na Figura 3.

Segundo o INMET, o fenômeno La Niña chegou ao fim oficialmente no dia 09 de março de 2023 após três anos de duração<sup>2</sup>. Um dos efeitos do La Niña é o aumento das precipitações no Nordeste do Brasil. Portanto, as chuvas em 2023

---

<sup>2</sup><https://portal.inmet.gov.br/noticias/fen%C3%B4meno-la-ni%C3%B1a-chega-ao-fim-ap%C3%B3s-tr%C3%AAs-anos-de-dura%C3%A7%C3%A3o>

sofreram pouco impacto desse fenômeno e se mantiveram, de forma geral, dentro do esperado em termos de magnitude.

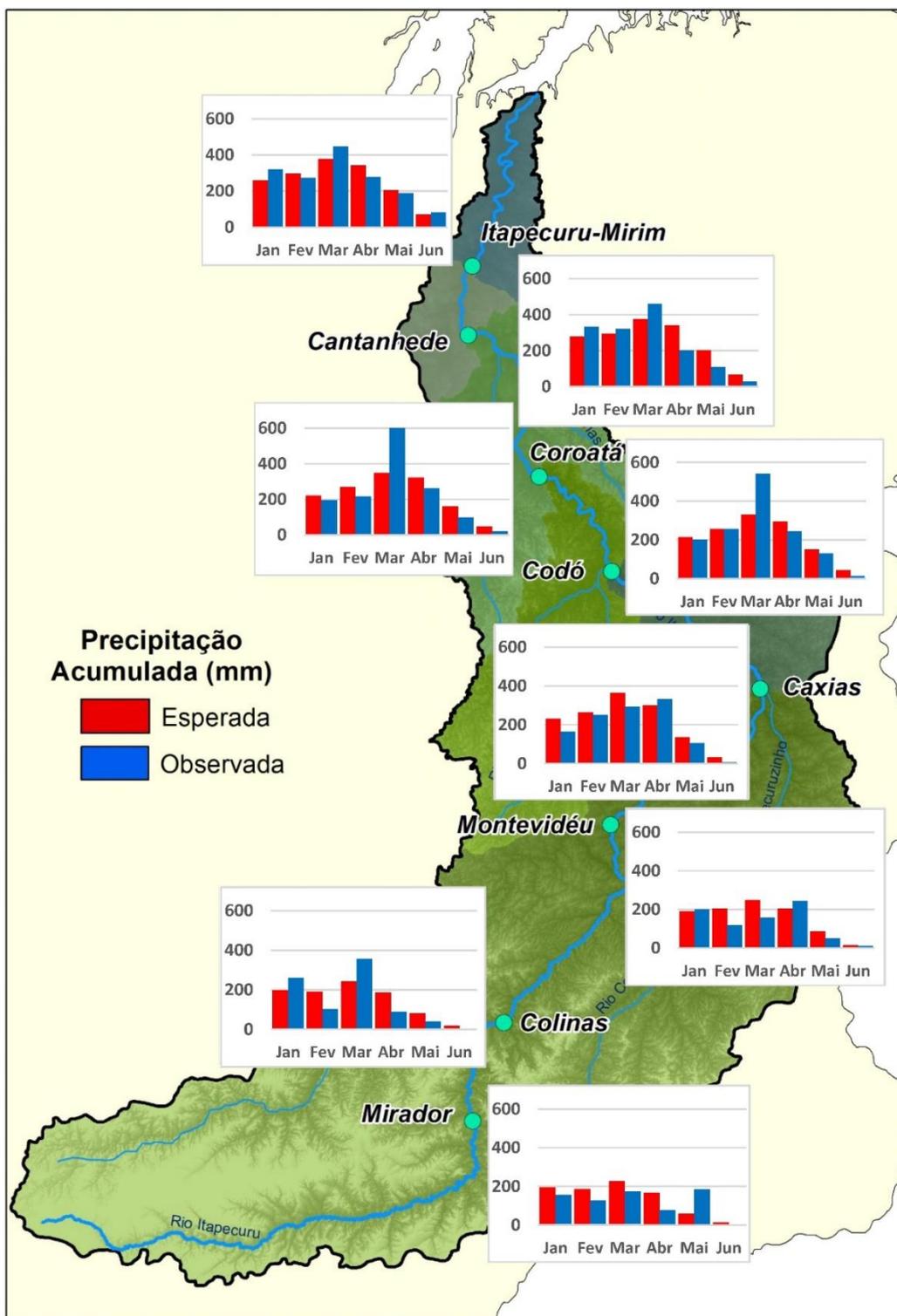


Figura 3. Precipitações mensais entre janeiro e junho de 2023, esperadas e observadas.

O mês de janeiro foi caracterizado por uma grande variabilidade espacial do índice pluviométrico, sendo os maiores desvios em relação à média histórica localizadas na parte mais ao sul da bacia, com Colinas/MA apresentando o maior excesso (30,8%) e Caxias/MA o maior déficit (28,7%).

No mês de fevereiro houve uma predominância de chuvas abaixo da média, com apenas Cantanhede/MA apresentando desvio positivo no mês, 8,8%. No extremo sul os déficits foram bastante significativos, ficando acima de 30% em Mirador/MA e de 40% na estação Montevidéu (33530000), alcançando o máximo em Colinas, 46,0%.

Em março a predominância foi de chuvas acima da média, com grandes excessos observados na região centro-norte, 63,8% em Codó/MA e 90,4% em Coroatá/MA. Também apresentaram excesso Colinas/MA (46,9%), Cantanhede/MA (22,8%) e Itapecuru-Mirim (18,3%). Entretanto, no mês também foram observados déficits significativos nas porções sul e central, com o máximo de 37,0% na estação Montevidéu (33530000), o que ajudou a restringir as inundações do rio Itapecuru às cidades a partir de Codó/MA.

Em abril prevaleceram chuvas abaixo da média, mesmo na região mais ao norte, onde houve concentração de eventos chuvosos na primeira semana do mês seguida por uma estiagem mais duradoura, o que ajudou a limitar a duração das inundações observadas. Desvios positivos foram observados apenas em Caxias/MA (11,3%) e na estação Montevidéu (33530000) (19,5%). Em Cantanhede/MA, por outro lado, foi observado o maior desvio negativo em relação à média, 41,2%.

Em maio foi observado índice pluviométrico acima da média apenas na cidade de Mirador/MA, onde chuvas extemporâneas, concentradas na primeira quinzena do mês, totalizaram mais de 180 mm, ocasionado um excesso de 217,3% em relação ao esperado no mês. No restante da bacia as chuvas ficaram bem aquém da média histórica, mesmo na porção mais ao norte, tradicionalmente mais chuvosa no período, com destaque para Coroatá/MA (-38,2%) e Cantanhede (-46,1%), ainda que o maior desvio negativo tenha sido registrado na cidade de Colinas/MA (-50,4%).

O mês de junho também apresentou poucas precipitações, com apenas a cidade de Itapecuru-Mirim/MA registrando valores acima da média histórica, com desvio positivo de 15,2%. Os desvios negativos mais significativos foram observados em Caxias/MA (-82,4%), Colinas/MA (-95,5%) e Mirador (-98,5%).

Em relação aos volumes precipitados no primeiro semestre de 2023, tem-se que:

- a) Na região mais ao sul, a chuva acumulada na cidade de Mirador/MA foi de 713,6 mm, 130,7 mm abaixo da média histórica de 844,3 mm, indicando um déficit de 15,5%; em Colinas/MA, a precipitação entre janeiro e junho ficou 6,1% abaixo do esperado (859,3 mm observados contra 915,6 mm esperados pelos dados históricos); já na estação Montevideu (33530000), o déficit foi de 17,2%, com os 787,2 mm registrados inferiores aos 951,2 mm esperados.
- b) Na porção centro-norte, em Caxias/MA o déficit foi de 12,9% (1.152,7 mm observados contra 1.323,6 mm esperados); já em Codó/MA foi observado excesso, sendo o volume acumulado de 1.439,0 mm 11,2% maior que os 1.293,5 mm esperados; em Coroatá/MA o total precipitado foi de 1.555,8 mm, 13,4% acima da média histórica de 1.371,9 mm.
- c) Na porção norte, em Cantanhede/MA o quadro semestral aponta um déficit anual de 7,3%, com a chuva acumulada de 1.447,2 mm um pouco abaixo dos 1.560,8 mm esperados; finalmente na cidade de Itapecuru-Mirim/MA foi observado um pequeno excesso anual de 2,4%, com a chuva acumulada observada de 1.587,1 mm ligeiramente maior que a média histórica de 1.549,2 mm.

## **5.2. Fluviometria**

Neste ano de 2023 as cheias observadas se comportaram dentro do intervalo temporal esperado, de março a abril, como pode ser observado na Tabela 6, que apresenta as cotas máximas registradas 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 Montevideu

(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 2023.

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

Código	Estação	Cota de Inundação (m)	Cota Máxima (m)	Data	TR (ano)
33530000	Montevidéu	-	4,60	27/03/2023 19:00	3,0
33550000	Caxias	6,00	5,99	02/04/2023 09:15	2,7
33590000	Codó	7,47	8,87	04/04/2023 13:15	8,4
33630000	Coroatá	10,28	11,31	03/04/2023 05:15	16,6
33680000	Cantanhede	13,60	15,05	05/04/2023 13:30	18,3
33690100	Itapecuru-Mirim	14,60	15,19	06/04/2023 18:45	*

\*Estação não dispõe de série histórica que permita o cálculo

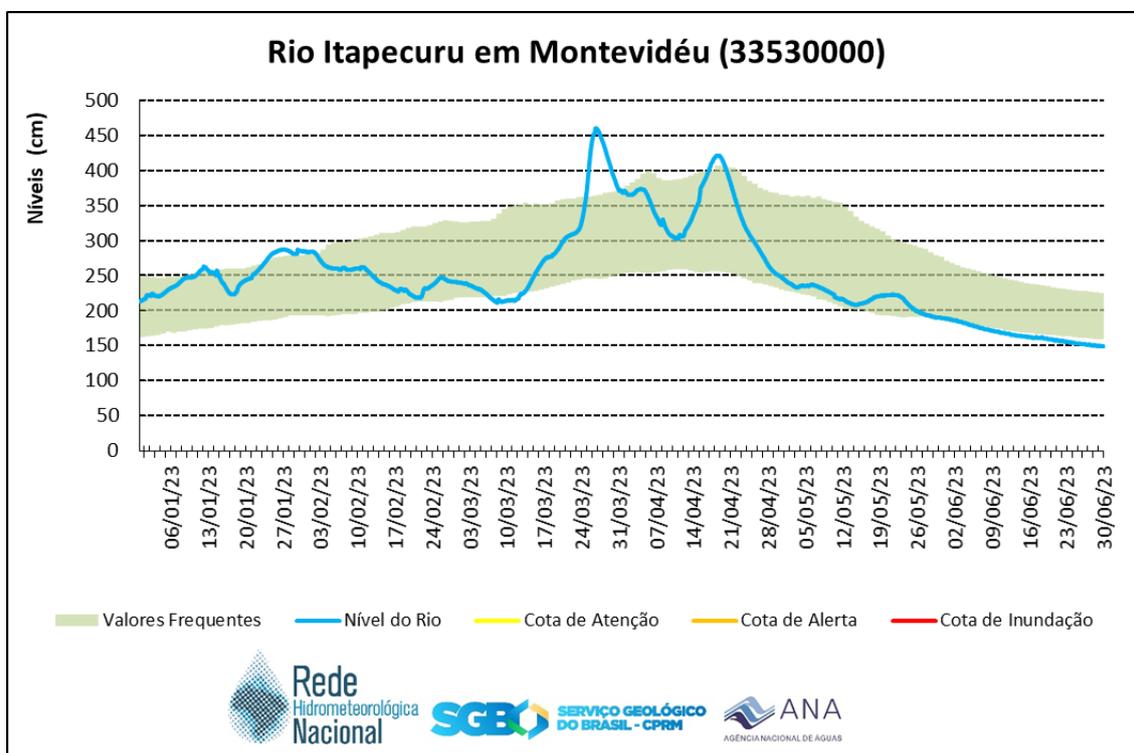


Figura 4. Variação do nível do rio Itapecuru na estação Montevidéu (33530000).

\*Obs.: Cotas de referência (Atenção, Alerta e Inundação) não definidas para a estação

Na estação Montevidéu (33530000), a situação mais comum foi a manutenção do nível do rio Itapecuru dentro da faixa de valores mais frequentes. Apenas em três intervalos as cotas superaram o limite superior de 25% de permanência, sendo duas delas no período mais chuvoso: entre 25 e 31 de março,

quando foi observada a cota máxima anual; e entre 17 e 20 de abril. O maior nível foi observado no dia 27 de março, 4,60 m, com um tempo de retorno da ordem de 3,0 anos.

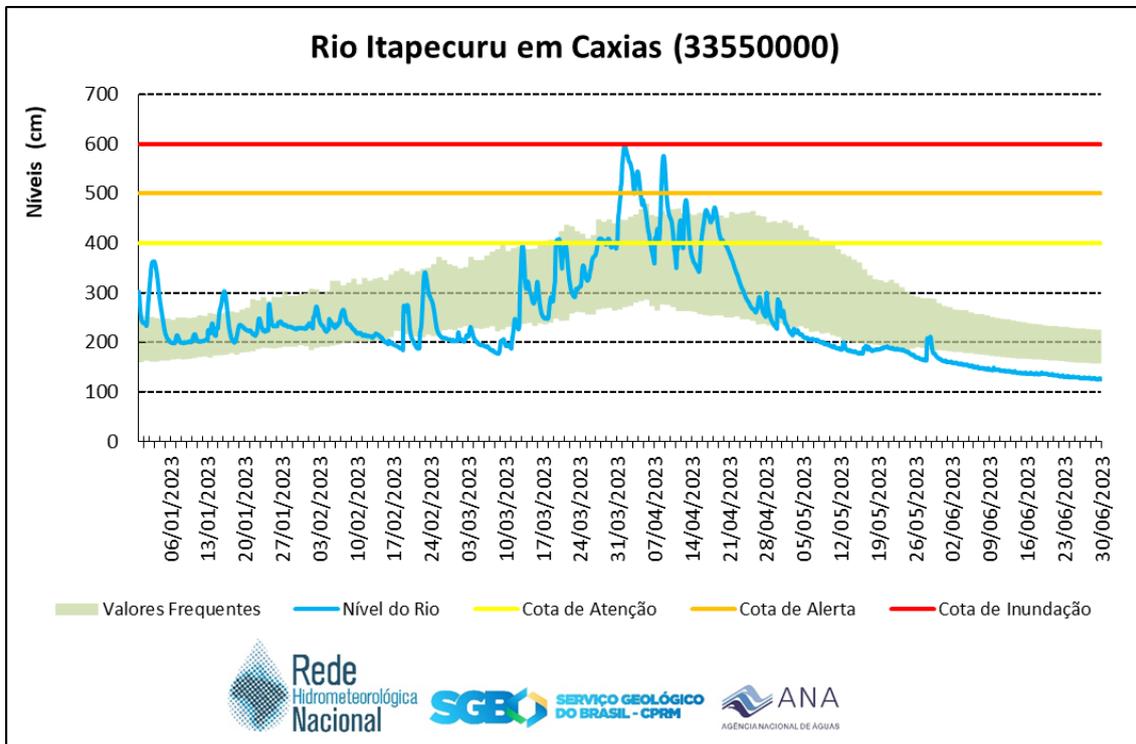


Figura 5. Variação do nível do rio Itapecuru em Caxias/MA.

Em Caxias/MA as cotas do rio Itapecuru se mantiveram mais elevadas até a primeira quinzena de fevereiro. A partir daí a redução das chuvas levou o rio a apresentar níveis abaixo da faixa de valores mais frequentes. O quadro foi revertido na primeira quinzena de março com o aumento das precipitações na bacia. Ainda assim, a cheia do rio praticamente se resumiu a três pequenos intervalos no período, todos no mês de abril: entre os dias 01 e 05, quando foi observada a maior cota do ano, 5,99 m no dia 02 de abril; entre os dias 09 e 10; e entre os dias 13 e 14. Após o mês de abril, no entanto, as cotas vêm se apresentando, de forma geral, abaixo do limite inferior de 75% de persistência. A predominância de chuvas abaixo da média na bacia de contribuição impediu a ocorrência de inundações na cidade, com o nível máximo ficando a 1,0 cm de atingir a cota de inundação. O tempo de recorrência da cheia máxima de 2023 foi estimado em 2,7 anos.

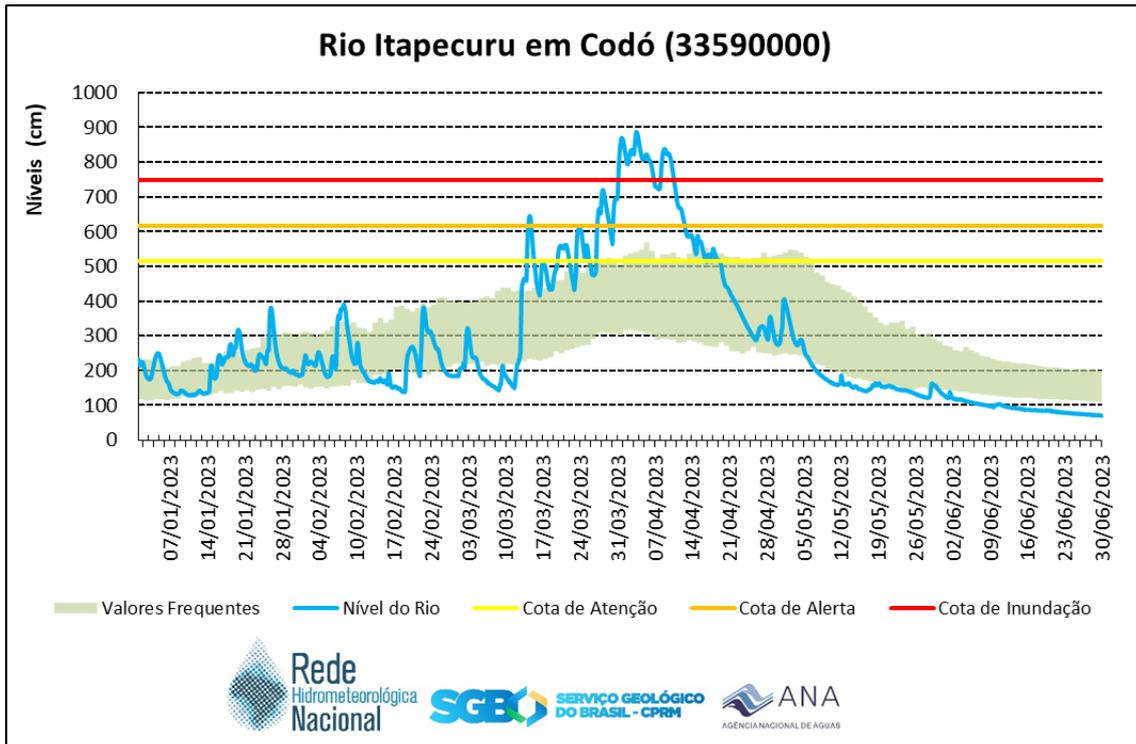


Figura 6. Variação do nível do rio Itapecuru em Codó/MA.

Considerando o comportamento do nível do rio Itapecuru no primeiro bimestre de 2023 na cidade de Codó/MA se observa uma predominância de cotas dentro da faixa de valores mais frequentes. É possível perceber, também, uma subida rápida do nível do rio ao final da primeira quinzena de março, com a manutenção de cotas predominantemente acima da faixa de valores mais frequentes até meados do mês de abril. Neste intervalo temporal, foram observados dois períodos nos quais o nível do rio suplantou a cota de inundação de 7,47 m: entre os dias 01 e 07 de abril, intervalo no qual foi observada a cota máxima anual de 8,87 m no dia 02/04, cujo tempo de retorno foi estimado em 8,4 anos; e o segundo entre os dias 09 e 11 de abril. Como em Caxias/MA, as cotas do rio após a conclusão do período chuvoso vêm se mantendo abaixo da faixa de valores mais frequentes.

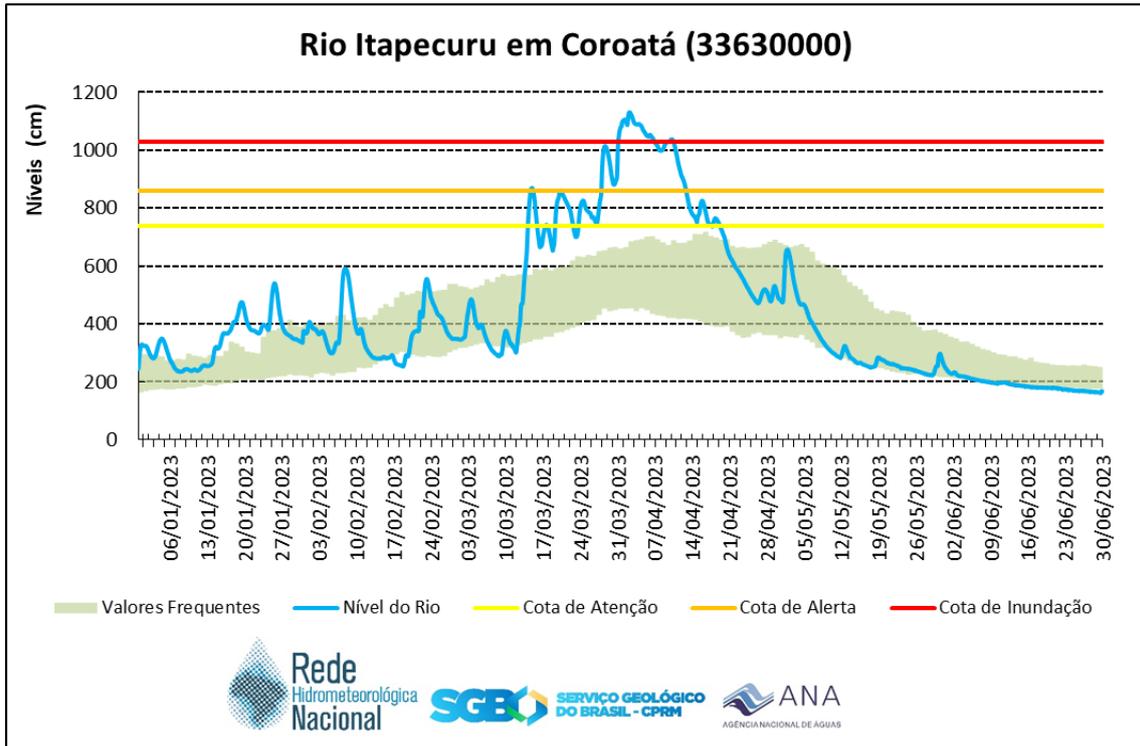


Figura 7. Variação do nível do rio Itapecuru em Coroatá/MA.

Na cidade de Coroatá/MA também se observou a manutenção de cotas preponderantemente dentro da faixa de valores mais frequentes neste primeiro semestre de 2023. Refletindo o comportamento em Codó/MA, houve um aumento brusco do nível do rio no final da primeira quinzena de março. Com a ocorrência de chuvas acima de 100 mm entre o dia 31 de março e 01 de abril na interbacia entre Codó/MA e Coroatá/MA, o rio Itapecuru ultrapassou a cota de inundação de 10,28 m às 02:00 h do dia 01 de abril, mantendo-se assim até às 21:00 h do dia 07 de abril. Neste intervalo o rio atingiu a cota máxima de 11,31 m no dia 03 de abril, o terceiro maior registro da estação fluviométrica Coroatá (33630000) instalada em 1975, evento cujo tempo de recorrência foi estimado em 16,6 anos. Posteriormente, entre os dias 10 e 11 de abril, o rio voltou a suplantiar a cota de inundação mas em evento de menor monta. Com a redução generalizada de chuvas na bacia houve também a regressão dos níveis do rio, que desde meados de junho vem apresentando cotas abaixo da faixa de valores mais frequentes.

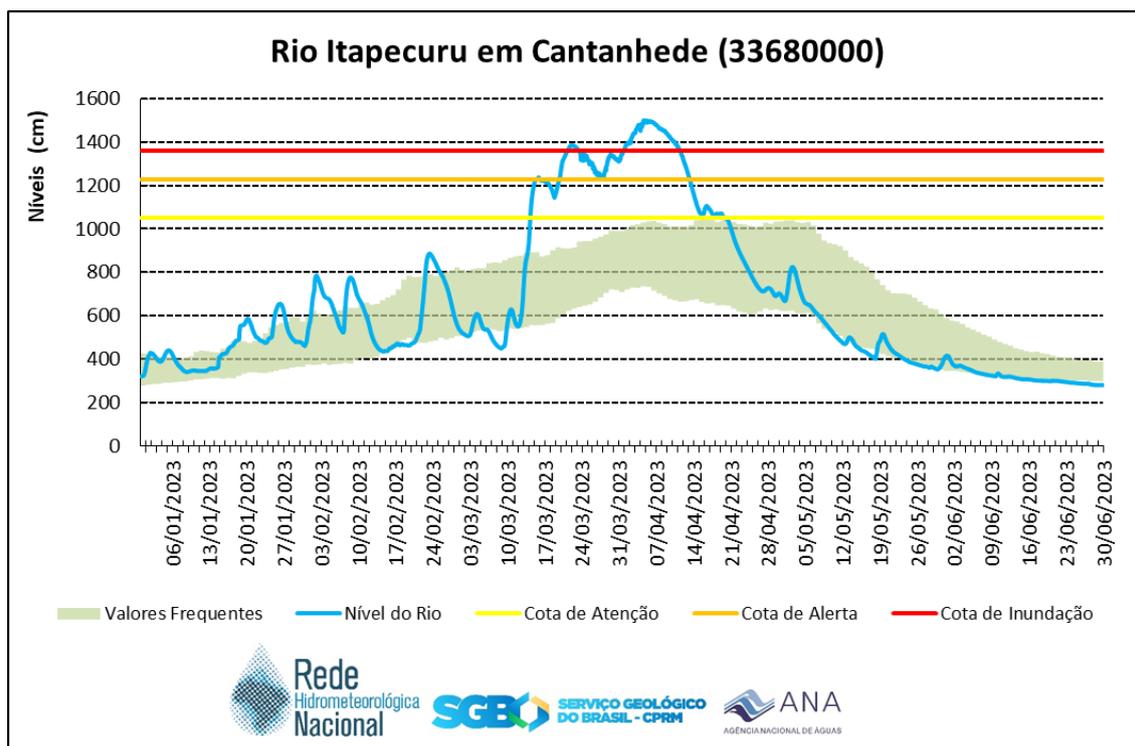


Figura 8. Variação do nível do rio Itapecuru em Cantanhede/MA.

Na cidade de Cantanhede/MA o rio também apresentou comportamento prioritariamente dentro da faixa de valores mais frequentes até o final da primeira quinzena de março, quando a onda de cheia originada em Codó/MA e ampliada em Coroatá/MA chegou ao município. Assim, de meados de março a meados do mês de abril as cotas observadas ficaram acima da persistência de 25%. No período foram observados dois eventos em que o nível do rio ultrapassou a cota de inundação de 13,60 m: de 22 a 24 de março; e entre 01 e 12 de abril. No segundo intervalo foi observada a cota máxima anual de 15,05 m, registrada às 13:30 h do dia 05 de abril, a terceira maior cota anual observada na estação fluviométrica Cantanhede (33680000) em 55 anos de operação, com tempo de retorno da ordem de 18,3 anos. Após o mês de abril os níveis mantidos pelo rio Itapecuru foram baixando, se aproximando do limite inferior da faixa de valores mais frequentes e, desde de meados do mês de junho, as cotas linimétricas já se apresentam abaixo do valor referente à persistência de 75%.

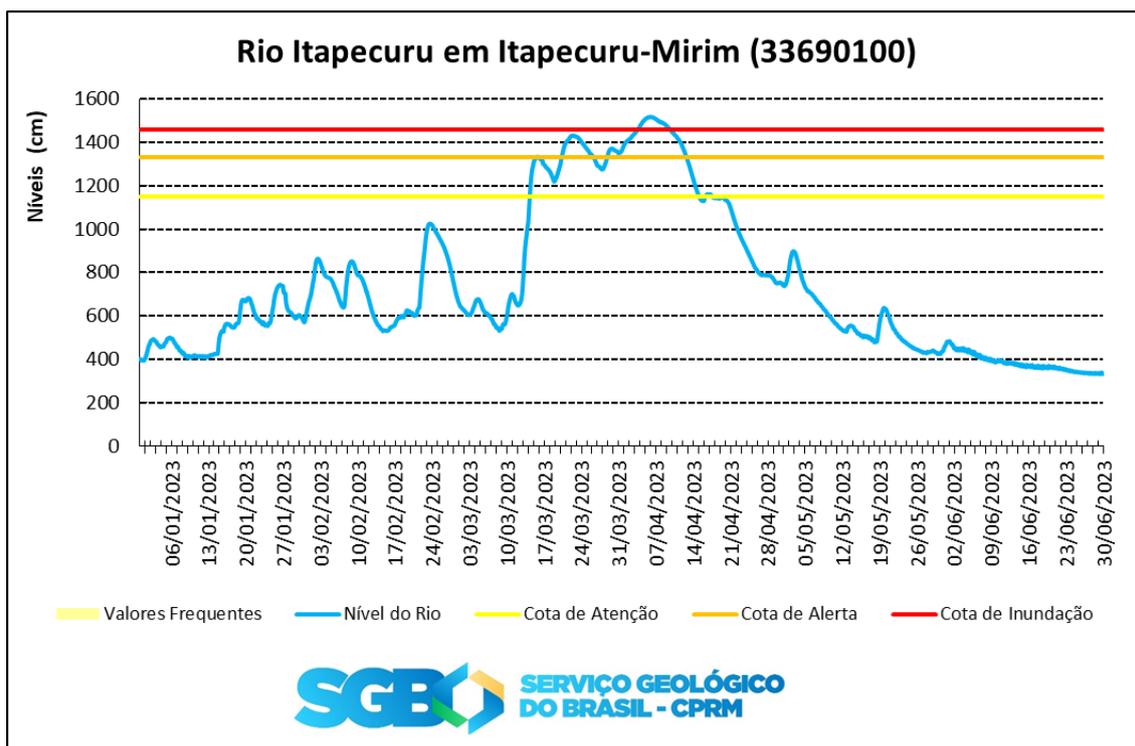


Figura 9. Variação do nível do rio Itapecuru em Itapecuru-Mirim/MA.

A estação de monitoramento fluviométrico do rio Itapecuru na cidade de Itapecuru-Mirim/MA foi instalada no mês de outubro de 2018 de tal forma que não é possível, ainda, se identificar a faixa de valores mais frequentes de cotas. Dada a proximidade com a cidade de Cantanhede/MA, é provável que o comportamento hidrológico tenha sido semelhante. Comparando-se os níveis do rio com as cotas de referência, entretanto, é possível caracterizar a onda de cheia na cidade ao menos entre os dias 15 de março e 18 de abril, quando os valores foram superiores ao da cota de atenção, 11,50 m. Em relação à cota de inundação de 14,60 m, a mesma foi superada entre os dias 04 e 10 de abril. Já a maior cota anual foi observada no dia 06 de abril, 15,19 m, resultando em uma lâmina máxima de inundação de 59 cm. A ausência de uma série histórica de cotas impede a avaliação do tempo de retorno da cheia de 2023. De qualquer forma é possível se afirmar que foi a maior cota atingida pelo rio Itapecuru na cidade desde a cheia de 2009.

Em resumo, a cheia do rio Itapecuru em 2023 provocou inundação nas cidades de Codó/MA (lâmina máxima de inundação de 1,40 m, tempo de retorno de 8,4 anos), Coroatá/MA (lâmina máxima de inundação de 1,03 m, tempo de

retorno de 16,6 anos), Cantanhede/MA (lâmina máxima de inundação de 1,45 m, tempo de retorno de 18,3 anos) e Itapecuru-Mirim/MA (lâmina máxima de inundação 59 cm), que causaram prejuízos significativos, minimizados a partir da ação efetiva das Defesas Civas municipais e do Corpo de Bombeiros do Estado do Maranhão.

Segundo a Defesa Civil da cidade de Codó/MA, a cheia do rio Itapecuru de 2023 atingiu diretamente um total de 1.955 pessoas, das quais 207 na zona urbana, onde ao menos 32 residências apresentando avarias, inclusive 2 parcialmente destruídas. As figuras 10 e 11 apresentam fotos do evento na zona urbana do município e atuação da Defesa Civil no apoio à população atingida.



Figura 10. Inundação do rio Itapecuru em Codó/MA em abril de 2023.

Fonte: Defesa Civil - Codó/MA



Figura 11. Atuação da Defesa Civil de Codó/MA em abril de 2023.

Fonte: Defesa Civil - Codó/MA

Na cidade de Coroatá/MA a cheia do rio Itapecuru em 2023 apresentou uma lâmina máxima de 1,03 m e atingiu 97 famílias residentes nos bairros Trizidela, Centro, Maçaranduba, União e Vila Vavá/Cajueiro, desabrigando um total de 273 pessoas segundo informações da Defesa Civil municipal. As figuras 12(a) e 12(b) exemplificam as áreas afetadas e a ação da Defesa Civil e do Corpo de Bombeiros no evento.



(a)



(b)

Figura 12. Inundação do rio Itapecuru e atuação da Defesa Civil do município de Coroatá/MA e do Corpo de Bombeiros em abril de 2023.

Fonte: Defesa Civil - Coroatá/MA

No município de Cantanhede teve-se a maior duração de inundação das cidades atingidas, com o rio Itapecuru mantendo-se durante 12 dias seguidos acima da cota de inundação, chegando a alcançar uma lâmina de inundação de 1,45 m. Infelizmente não foi possível obter a informação precisa do número de famílias afetadas. Relatório parcial, elaborado após a primeira onda de cheia em março apontava ao menos 15 residências atingidas na zona urbana e 37 na zona rural, números que devem ter aumentado durante a fase crítica do evento em abril. As figuras 13(a) e 13(b) mostram áreas afetadas e a ação da Defesa Civil do município durante a inundação.

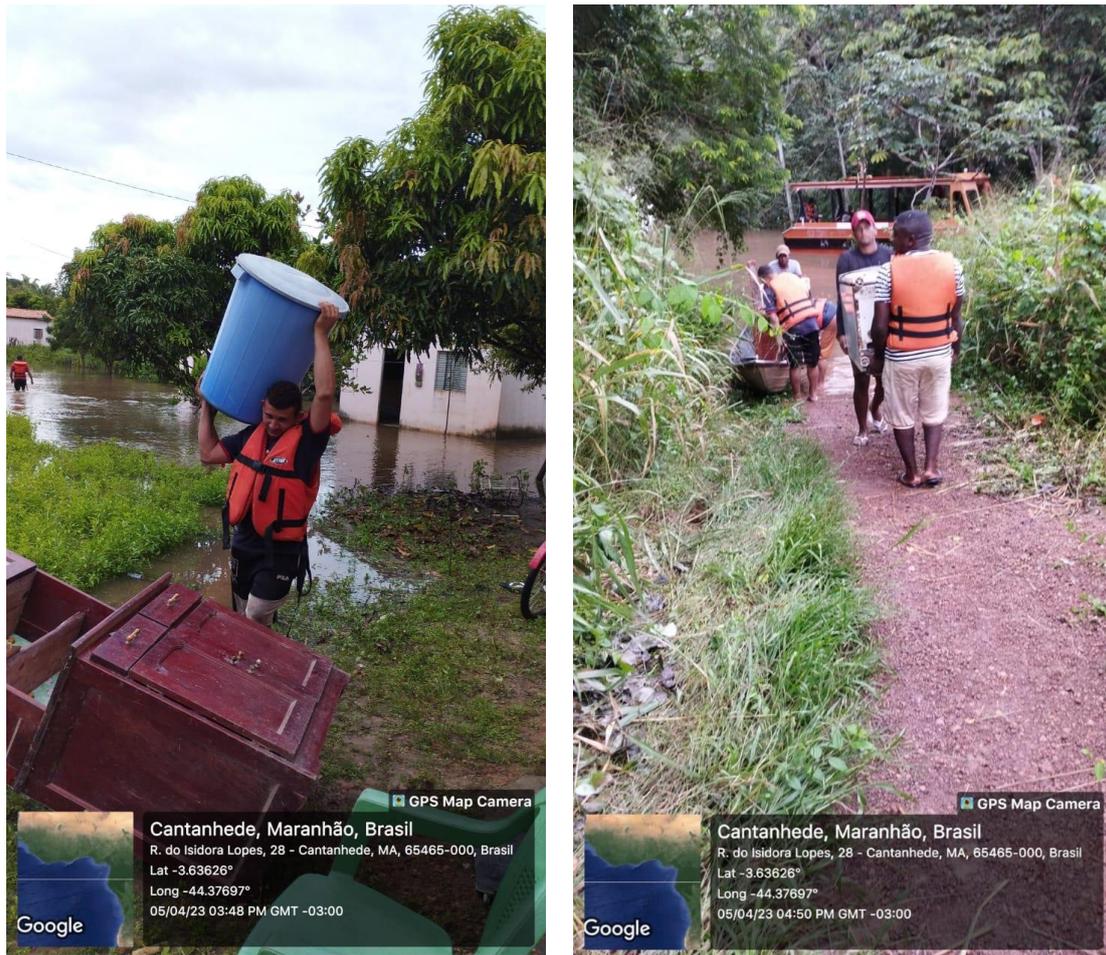


Figura 13. Inundação do rio Itapecuru em Cantanhede/MA e atuação da Defesa Civil do município em abril de 2023.

Fonte: Defesa Civil - Cantanhede/MA

Já na cidade de Itapecuru-Mirim/MA, cuja lâmina máxima de inundação foi de 59 cm, dados fornecidos pela Defesa Civil local apontam 45 famílias desalojadas e enviadas para abrigos temporários. A Figura 14 apresenta a primeira casa atingida pela inundação do rio, localizada na Rua José Lauande, no bairro Malvinas, enquanto a Figura 15 mostra o avanço do rio nas proximidades da linha férrea que liga Teresina/PI a São Luís/MA e que passa na zona urbana do município.

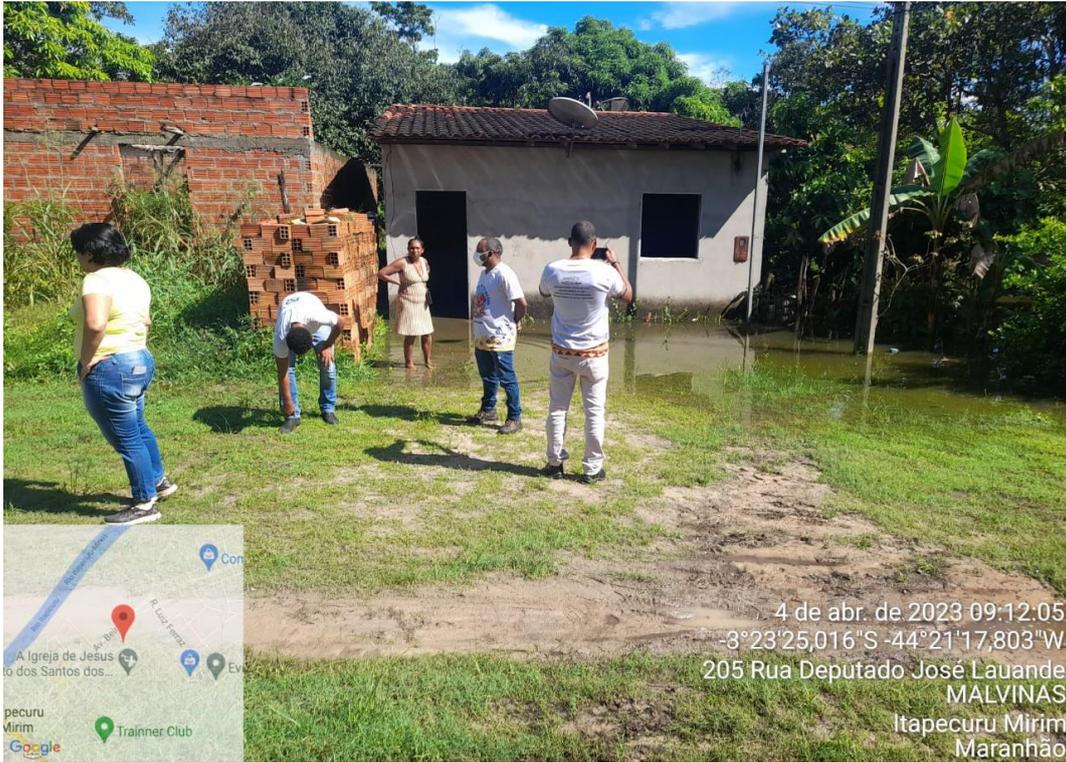


Figura 14. Primeira casa atingida pela inundação do rio Itapecuru na cidade de Itapecuru-Mirim/MA em abril de 2023.

Fonte: Defesa Civil – Itapecuru-Mirim/MA



Figura 15. Inundação rio Itapecuru no município de Itapecuru-Mirim/MA em abril de 2023.

Fonte: Defesa Civil – Itapecuru-Mirim/MA

## 6. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

### 6.1. Campanha de Campo

Como forma de preparação para operação em 2023 foi realizada campanha de campo entre os dias 27 de fevereiro e 06 de março de 2023, visando, principalmente, reforçar o contato com os responsáveis pelas Defesas Civas municipais, bem como apresentar a Pesquisadora Djalena Melo, incorporada à equipe do SAH Itapecuru no segundo semestre de 2022, além de realizar a inspeção das estações fluviométricas e telemétricas que fornecem as informações de base para as previsões.

Nesta campanha também foi realizada a confirmação de cotas de referência com os responsáveis das Defesas Civas municipais, em função das alterações de ocupação nas áreas de risco.

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, resultando na mudança da cota de inundação dos outrora 6,80 m para 7,47 m. Também foi realizado o ajuste da cota de inundação em Coroatá/MA, a partir de informações do novo Coordenador Municipal da Defesa Civil, que passou de 10,00 m para 10,28 m. Nas demais cidades não foram relatadas alterações significativas que ensejassem a mudança das cotas de referência, tendo sido mantidos os valores praticados em 2023.

Em Itapecuru-Mirim/MA a reunião com representantes da Defesa Civil foi realizada no dia 28 de fevereiro, tendo participado o Coordenador Edileu Silva, o Bombeiro Civil Josenilson Ferreira e o Presidente da Câmara Municipal, o vereador Cleomar Rodrigues. Também foi visitada a sede do Corpo de Bombeiros, onde a equipe técnica do SGB/CPRM se reuniu com o Major Siqueira, comandante da unidade, que também atende ao município de Cantanhede/MA.

Na cidade de Cantanhede/MA a reunião realizada no dia 01 de março de 2023 teve como participantes a Chefe de Gabinete Evilane Marques, o Secretário de Infraestrutura Antônio Souto e o Coordenador da Defesa Civil Ribamar Mendes.

Em Coroatá a reunião foi realizada no Centro de Reabilitação da Secretaria de Cultura, onde está funcionando a Defesa Civil municipal, no dia 02 de março de 2023, tendo como participantes o Coordenador Edinaldo Rodrigues de Sousa e o técnico Nadson Paulo Carvalho Mendes. Também foi visitada a sede do corpo de Bombeiros na cidade, comandada pelo Capitão Jackson.

Na cidade de Codó/MA a reunião foi com o Coordenador da Defesa Civil e Comandante da Guarda Civil Municipal, José Fernandes, no dia 03 de março, onde foi confirmada a mudança da cota de inundação. Também foi visita a sede do Corpo de Bombeiros, comandada pelo Major Belo.

Já em Caxias/MA, a reunião ocorreu no dia 06 de março na sede da Secretaria de Meio Ambiente e Defesa Civil, com a participação do Secretário da pasta Major Aderbal França Neto, e os técnicos Eric Lima, Chardeilton Linhares, Andressa Mesquita e o Secretário Adjunto Heliton Brandão. Também foi visitada a sede do Corpo de Bombeiros no município, cujo comandante é o Major Miranda.

Em todas as reuniões foi feita uma breve explanação sobre o Sistema de Alerta da Bacia do Itapecuru, incluindo histórico, área de atuação, informações sobre os modelos de previsão hidrológica, confirmação das cotas de referência e instruções de como acessar o SACE e os boletins emitidos. Também foram obtidos e-mails e contatos telefônicos de pessoas chaves para o recebimento tempestivo dos boletins. Na Figura 16 são apresentadas fotos dos encontros realizados em cada município.

Na campanha foi realizada, ainda, visita técnica à estação Montevideu (33530000) e à estação fluviométrica Pirapemas, código provisório 33670000, instalada em outubro de 2022 por solicitação da prefeitura municipal de Pirapemas/MA, que é responsável pelo monitoramento enquanto o SGB/CPRM realiza a manutenção e armazenamento dos dados. Tal monitoramento é o primeiro passo para avaliação da viabilidade de inclusão do município dentre as cidades beneficiadas pelo SAH Itapecuru. A Figura 17 apresenta a comparação entre os níveis registrados na estação telemétrica de Coroatá (33630000) e os dados convencionais monitorados pela Prefeitura de Pirapemas/MA no primeiro semestre de 2023.



Figura 16. Reuniões com representantes da Defesa Civil e Corpo de Bombeiros.

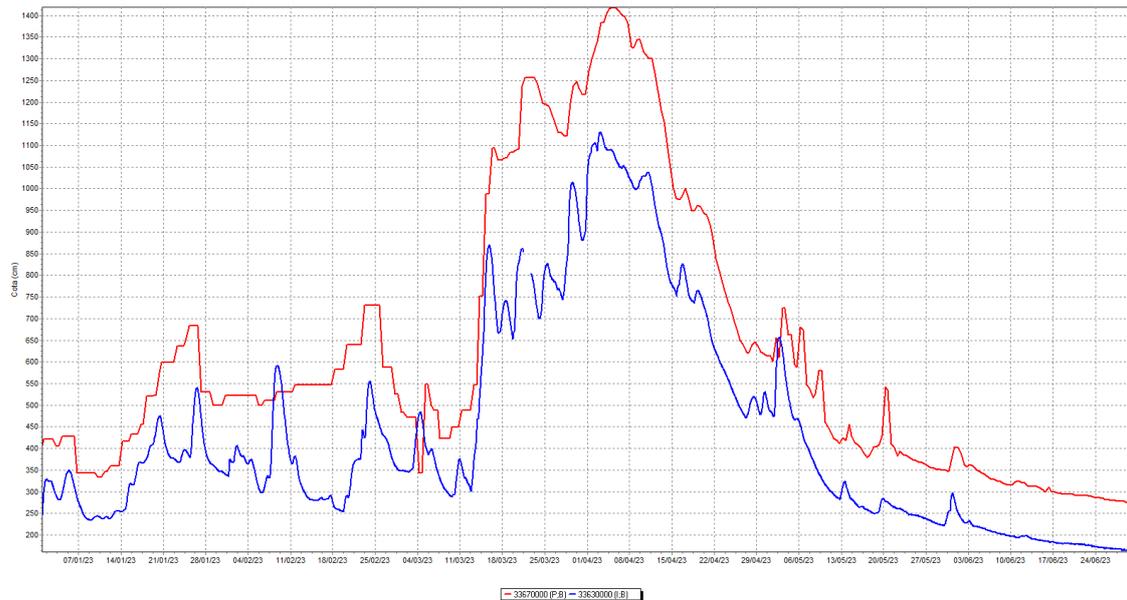


Figura 17. Comparação entre as cotas automáticas registradas em Coroatá (33630000) e o monitoramento convencional realizado em Pirapemas (33670000).

## 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 2023 foram emitidos 14 boletins de monitoramento hidrológico, iniciando em 15/02/2022 e finalizando em 17/05/2021. As datas das publicações estão listadas na Tabela 7.

Quanto aos boletins de alerta hidrológico, os mesmos foram emitidos acompanhando os eventos de cheias nas várias cidades, sempre iniciando quando o rio suplantara a cota de alerta em algum ponto da bacia. Ao todo foram emitidos 85 boletins de alerta ao longo de dois períodos do ano de 2023, conforme discriminado na Tabela 8. A periodicidade adotada foi de três boletins

diários, de forma a contemplar a integralidade do dia tendo em vista que as previsões tinham horizonte de 8 h para quase todas as cidades.

Tabela 7. Data das emissões dos Boletins de Monitoramento Hidrológico.

Boletim Semanal	Data de Emissão	Boletim Semanal	Data de Emissão
Nº 1	15/02/2023	Nº 8	05/04/2023
Nº 2	23/02/2023	Nº 9	12/04/2023
Nº 3	01/03/2023	Nº 10	19/04/2023
Nº 4	18/03/2023	Nº 11	26/04/2023
Nº 5	15/03/2023	Nº 12	03/05/2023
Nº 6	22/03/2023	Nº 13	10/05/2023
Nº 7	29/03/2023	Nº 14	17/05/2023

Tabela 8. Períodos das emissões dos Boletins de Alerta Hidrológico.

Período	Nº de Boletins
15/03/2023 a 17/03/2023	7
21/03/2023 a 14/04/2023	78

Para divulgação dos boletins, sejam os de monitoramento, sejam os de alerta, foram adotadas as seguintes ferramentas: i) disponibilização no endereço eletrônico <http://www.sgb.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 iteração 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 9 resume o número de boletins emitidos, por tipo, e o período correspondente.

Tabela 9. Boletins emitidos pelo SAH Itapecuru em 2023.

Tipo	Quantidade	Período de Emissão
Alerta Hidrológico	85	15/03/2023 a 17/03/2023 21/03/2022 a 14/04/2022
Monitoramento Hidrológico	14	15/02/2022 a 17/05/2022

## 7. CONCLUSÕES

Mesmo com a ocorrência de chuvas classificadas como dentro da média considerando todo o primeiro semestre de 2023, a concentração de chuvas no final do mês de março e início do mês de abril, especialmente no entorno das cidades de Codó/MA e Coroatá/MA, levaram o rio Itapecuru a suplantar a cota de inundação nas cidades de Codó/MA, Coroatá/MA, Cantanhede/MA e Itapecuru-Mirim/MA.

Em Caxias/MA, a cota máxima alcançada pelo rio foi de 5,99 m, ficando a 1 cm de atingir a cota de inundação. O nível máximo do rio Itapecuru foi alcançado no dia 02 de abril de 2023, tendo um tempo de recorrência estimado em 2,7 anos.

Em Codó/MA, a cota máxima observada em 2023 foi de 8,87 m, registrada em 04 de abril, correspondendo a uma lâmina de inundação de 1,40 m, em evento com tempo de retorno estimado em 8,4 anos, tendo sido a sétima maior cota observada em 54 anos de monitoramento. Segundo a Defesa Civil municipal, 207 pessoas ficaram desabrigadas na zona urbana, com 32 residências sofrendo danos estruturais.

Na cidade de Coroatá/MA, a cheia do rio Itapecuru atingiu 97 famílias na zona urbana, desabrigando 273 pessoas, ao alcançar a cota máxima de 11,31 m no dia 03 de abril de 2023 e provocar uma lâmina de inundação de 1,03 m. O evento teve seu tempo de retorno estimado em 16,6 anos, sendo a terceira maior cota anual registrada em 49 anos de monitoramento fluviométrico.

Em Cantanhede a cota máxima alcançada pelo rio em 2023 foi de 15,05 m no dia 05 de abril, ocasionando uma lâmina de inundação de 1,45 m. A inundação na cidade foi a mais demorada, persistindo entre 01 e 12 de abril. O tempo de

retorno do evento foi estimado em 18,3 anos, sendo também o terceiro maior nível anual registrado em 55 anos de operação da estação fluviométrica existente na cidade. Segundo dados parciais da Defesa Civil, ao menos 15 residências foram atingidas na zona urbana e 37 na zona rural.

Já em Itapecuru-Mirim/MA, foi observada a maior cheia do rio desde o ano de 2009. A cota máxima foi alcançada no dia 06 de abril, 15,19 m, ocasionando uma lâmina de inundação de 59 cm. Como o monitoramento na cidade iniciou apenas no final de 2018, não é possível se estimar o tempo de retorno do evento, mas o mesmo não deve ser muito diferente de Cantanhede/MA e Coroatá/MA, provavelmente suplantando os 15 anos de recorrência. Dados da Defesa Civil municipal apontam 45 famílias desalojadas pela cheia do rio Itapecuru na zona urbana do município.

Em função da cheias, o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Itapecuru emitiu, no ano de 2023, 85 boletins de alerta hidrológico, em dois períodos distintos, de 15/03/2023 a 17/03/2023, quando o rio suplantou a cota de alerta em Codó/MA, Coroatá/MA e Cantanhede/MA, e de 21/03/2023 a 14/04/2023, quando ocorreram as inundações em quatro das cinco cidades beneficiadas pelo Sistema de Alerta.

Também foram emitidos 14 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 quarto 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 atingidas em 2023. 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 auxiliaram, efetivamente, as ações dos órgão de salvaguarda no apoio às populações atingidas.

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 2024.

## 8. AGRADECIMENTOS

A operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Itapecuru no ano de 2023 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.

Os Autores agradecem, ainda, à Pesquisadora Luna Gripp Simões Alves pelas contribuições a este relatório, bem como o apoio inestimável da Bibliotecária da RETE Ana Paula da Silva.

## 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.