

RELATÓRIO DE ATIVIDADES

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA



**ÁREA: LEVANTAMENTOS, ESTUDOS, PREVISÃO E ALERTA
DE EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS**

**SUBÁREA: SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA
DO RIO MUNDAÚ**

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021)

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Dezembro 2021

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

Relatório de Atividades

Departamento de Hidrologia

**ÁREA: LEVANTAMENTOS, ESTUDOS, PREVISÃO E ALERTA DE
EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS**
**SUBÁREA: SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO
MUNDAÚ**

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021)

REALIZAÇÃO

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

AUTORES

Keyla Almeida dos Santos
Artur José Soares Matos

Recife, 2021

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Pedro Paulo Dias Mesquita

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Frederico Claudio Peixinho

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

Coordenação Executiva do DEHID – Projeto Sistema de Alerta Hidrológico

Artur José Soares Matos

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE

Superintendente

Adriano da Silva Santos

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Robson de Carlo da Silva

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Cleide Regina Moura da Silva

Gerente de Infraestrutura Geocientífica

Douglas Silva Luna

Gerência de Administração e Finanças

Maria de Fátima Amorim Guerra

EQUIPE TÉCNICA

Keyla Almeida dos Santos – M.Sc.

Francisco de Assis dos Reis Barbosa – M.Sc.

Fábio Araújo da Costa – M.Sc.

George Rodrigues de Sousa Araújo – M.Sc.

Solange Cavalcanti Melo – M.Sc.

Tatyana Augusto Gomes da Silva

Valdemiro da Costa Silva

Kleverson Holland de Lima Rocha

Jackson Almeida Silva

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES NATURAIS

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021)

REALIZAÇÃO

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

AUTORES

Keyla Almeida dos Santos

Artur José Soares Matos

FOTOS DA CAPA: Registro fotográfico do rio Canhoto, na cidade de São José da Laje – AL, durante a visitas de campo realizada pela equipe do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, em junho de 2021.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S237r Santos, Keyla Almeida dos.
Relatório de atividades Departamento de Hidrologia : área levantamentos, estudos, previsão e alerta de eventos hidrológicos críticos; subárea sistema de alerta hidrológico da bacia do rio Mundaú / Keyla Almeida dos Santos, Artur José Soares Matos ; realização Diretoria de Hidrologia e gestão Territorial. – Recife : CPRM, 2021.
1 recurso eletrônico : PDF. – (Relatório de atividades ; 1. Ano 2021)

1.Hidrologia. 2.Bacias hidrográficas. I. Santos, Keyla Almeida dos. II. Matos, Artur José Soares. III. Título. IV. Série.

CDD 551.48

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme CRB 5662

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

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

APRESENTAÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil – CPRM, empresa pública federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia – MME, cuja missão é gerar e disseminar o conhecimento geocientífico com excelência, opera os Sistemas de Alerta Hidrológicos de Eventos Críticos nos principais cursos de água do país, cujo benefício é monitorar e gerar informações hidrológicas de qualidade, para subsidiar a tomada de decisões por parte dos órgãos relacionadas à mitigação dos impactos de eventos hidrológicos extremos.

Nas salas de monitoramento da CPRM, as equipes trabalham com dados que são recebidos a cada 1 hora, por transmissores via satélite ou GSM instalados nas estações de monitoramento automáticas. Esses dados são provenientes das estações da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), de responsabilidade da Agência Nacional das Águas, e operada pela CPRM. Tais estações são dotadas de sensores de nível, que medem a variação nos níveis das águas com alta precisão, bem como pluviômetros automáticos, capazes de registrar a quantidade de chuva em intervalos de segundos. Os dados são recebidos, consistidos e processados por meio de modelos hidrológicos elaborados pela equipe da CPRM, e consolidados em forma de boletins de monitoramento, enviados às defesas civis estaduais, municipais, ao CENAD, à ANA, ao CEMADEN, e demais órgãos de interesse. Sempre que há necessidade, são enviados também boletins de alerta hidrológico, com informações adicionais de previsões dos níveis dos rios, de forma que os órgãos atuantes possam se preparar da melhor forma possível para o evento.

A operação do Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Mundaú ocorre no período chuvoso da região, entre os meses de abril a agosto. O Sistema foi lançado em dezembro de 2017, beneficiando 8 municípios localizados nas proximidades das calhas dos rios Mundaú, Canhoto e Inhumas.

A eficácia no combate aos eventos críticos, causados pela inundação na bacia do rio Mundaú é fundamental para a melhoria da qualidade de vida da população das cidades.

Nesse contexto, o presente relatório apresenta os principais aspectos relacionados à operação do Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Mundaú no período de abril a agosto de 2021.

RESUMO

Há 4 anos o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, por meio da Superintendência Regional de Recife (Sureg-RE), opera o Sistema de Alerta Hidrológico na bacia do rio Mundaú, em parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). O Sistema de Alerta contra enchentes é uma medida não estrutural adotada para a prevenção/mitigação de prejuízos causados por eventos de cheias nas bacias hidrográficas. Neste contexto, o presente relatório irá apresentar os principais resultados da operação 2021 do Sistema de Alerta do rio Mundaú, cobrindo o período chuvoso entre os meses de abril de 2021 a agosto de 2021 na Região Nordeste do Brasil, no qual foram emitidos 19 boletins técnicos contendo os níveis dos rios Mundaú e Canhoto, e que podem contribuir como instrumento para a prevenção/mitigação dos efeitos causados por eventos de cheias nessas localidades.

ABSTRACT

For 4 years, the Geological Survey of Brazil - CPRM, through the Recife Office (Sureg-RE), has operated the Flood Warning System in the Mundaú river basin, in partnership with the National Water Agency (ANA). The Flood Warning System is a non-structural measure adopted to prevent / mitigate losses caused by floods. In this context, the present report will present the main results of the 2021 operation of the Flood Warning System in the Mundaú River basin, covering the rainy period between the months of April 2021 to August 2021 in the Northeast Region of Brazil, in which 19 technical bulletins were issued containing the levels of the Mundaú and Canhoto rivers, and which can contribute as an instrument for the prevention / mitigation of the effects caused by flood events in these locations.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA	13
2. HISTÓRICO DE OPERAÇÃO DO SAH	15
2.1 HISTÓRICO DAS CHEIAS	15
2.2 OPERAÇÃO DO SAH	24
3. ÁREA DE ABRANGÊNCIA	26
3.1 DADOS GERAIS DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO	26
3.2 MUNICÍPIOS ATENDIDOS.....	27
3.3 COTAS DE REFERÊNCIA E ATUALIZAÇÕES.....	27
3.3 DESCRIÇÃO DOS LOCAIS ONDE HÁ PREVISÃO E MÉTODOS DE PREVISÃO UTILIZADOS.....	28
4. DESCRIÇÃO DO EVENTO OCORRIDO.....	31
4.1 CHEIAS	31
4.2 DESCRIÇÃO DA ÚLTIMA CHEIA OCORRIDA.....	32
5. OPERAÇÃO REALIZADA DURANTE OS EVENTOS	33
5.1 CHEIAS	33
6. PARTICIPAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DE REUNIÕES/EVENTOS.....	34
7. AGRADECIMENTOS	35
8. CONCLUSÕES	35
9. REFERÊNCIAS	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de abrangência e localização da bacia do rio Mundaú.....	14
Figura 2 - Diagrama unifilar da bacia do rio Mundaú.	14
Figura 3 - Isoietas Anuais Médias, período de 1977 – 2006.	15
Figura 4 - Distúrbio da onda de leste, adentrando o continente nos dias 16 e 17 de junho de 2010, às 23:45h e 02:15h, respectivamente (SANTOS, 2013).	18
Figura 5 - Distúrbio da onda de leste, adentrando o continente no dia 17 de junho de 2010, às 05:15h e 08:15h (SANTOS, 2013).....	18
Figura 6 - Distúrbio da onda de leste, adentrando o continente no dia 17 de junho de 2010, às 11:15h e 14:45h (SANTOS, 2013).....	19
Figura 7 - Distúrbio da onda de leste, adentrando o continente no dia 17 de junho de 2010, às 17:45h e 20:45h (SANTOS, 2013).....	19
Figura 8 - Municípios afetados pelas inundações nos Estados de Pernambuco e Alagoas, Região Nordeste do Brasil. Dados da Defesa Civil Estadual em junho de 2010 (SANTOS, 2013).....	20
Figura 9 - Momento da passagem da onda de cheia em São José da Laje, Alagoas, em junho de 2010 no rio Canhoto (CPRM, 2010).	21
Figura 10 - Ruas do centro de São José da Laje após a passagem da onda da cheia de junho 2010 no rio Canhoto (CPRM, 2010).	21
Figura 11 - Usina Laginha no município de União dos Palmares, durante a cheia de junho de 2010, no rio Mundaú. Destaque para o local onde funcionava o tanque de álcool (CPRM, 2010).....	21
Figura 12 - Vista de cima da cidade de Palmares no dia 22/06/10, após a enchente de 2010 no rio Una (CPRM, 2010).....	22
Figura 13 - Curva do rio Una na cidade de Palmares no dia 22/06/10 (CPRM, 2010).	22

Figura 14 - Registro do dia 18/06/10 no município de Santana do Mundaú às 15h20h (CPRM, 2010).....	23
Figura 15 - Registro da cidade no dia 19/06/10 às 7:40h, após a onda de cheia no município de Santana do Mundaú (CPRM, 2010).	24
Figura 16 - Réguas da estação fluviométrica de Santana do Mundaú recuperadas após a cheia de junho de 2010 (CPRM, 2010).....	24
Figura 17 - Conceitos das cotas de referências básicas para operação dos Sistemas de Alerta Hidrológicos (CPRM, 2021).	28
Figura 18 – Nível do rio Mundaú no município de Murici – AL no período de 10/04/21 à 16/08/21.....	31
Figura 19 - Nível do rio Mundaú no município de União dos Palmares – AL no período de 10/04/21 à 16/08/21.	31
Figura 20 – Gráfico do nível do rio Mundaú em União dos Palmares – AL no período de operação de 2020.	32
Figura 21 - Foto tirada do bairro Roberto Correia de Araújo no município de União dos Palmares - AL no dia 15/06/2020 (Fotos cedidas pelo coordenador da Defesa Civil de União dos Palmares).	32
Figura 22 - Foto tirada de rua alagada no bairro Roberto Correia de Araújo no município de União dos Palmares - AL no dia 15/06/2020 (Fotos cedidas pelo coordenador da Defesa Civil de União dos Palmares).	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cotas de referências básicas para operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Mundaú.....	28
Tabela 2 – População no último censo do IBGE 2010 nos municípios atendidos pelo monitoramento do SAH Mundaú.....	34

1. INTRODUÇÃO

1.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA

A bacia hidrográfica do rio Mundaú está localizada entre as latitudes sul 8048'11" e 90 40'23" e os meridianos de longitude oeste 360 37'52" e 350 43'44", abrangendo uma área total de 4.126 km², com 52,2% situada em Pernambuco, onde o rio nasce, e 47,8% em Alagoas, onde desemboca na lagoa Mundaú. Por isso enquadra-se na categoria de rio federal. Percorre uma distância de 182,6 km de extensão e seu principal afluente é o rio Canhoto (SANTOS, 2013).

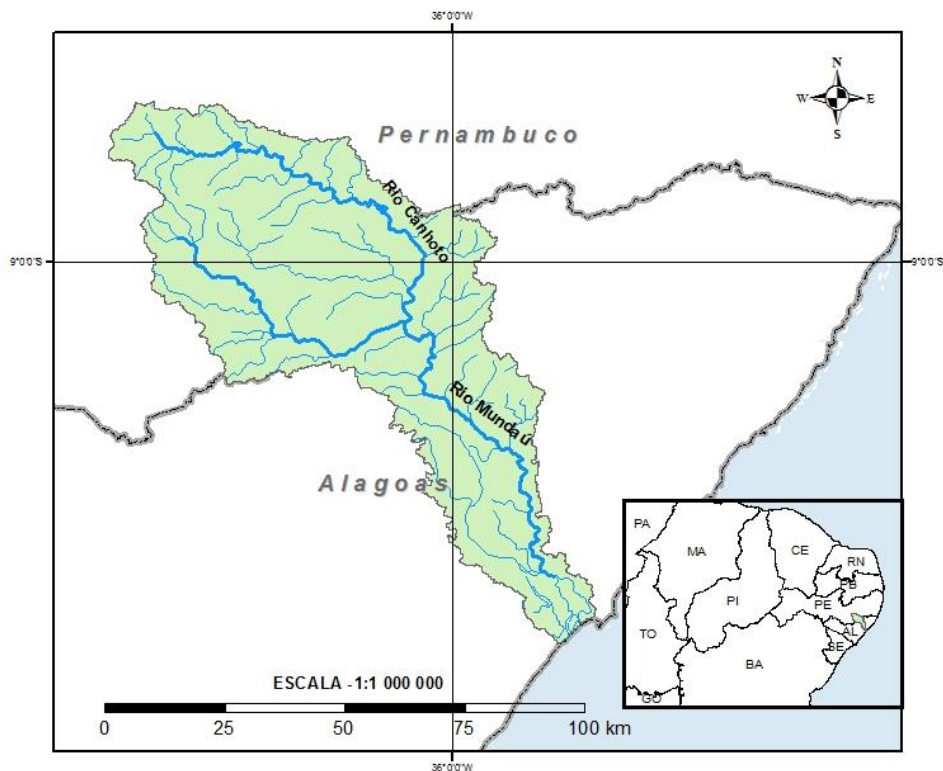
O trecho pernambucano da bacia, com uma área de 2.155 km², está localizado na Mesorregião do Agreste Pernambucano, onde ficam inseridos, total ou parcialmente, territórios de 15 municípios, dos quais 8 com suas sedes municipais, a maior delas a cidade de Garanhuns (SUDENE, 1999).

Na parte alagoana da bacia, que corresponde à sua metade inferior, a superfície é de 1.971 km², onde estão inseridos total ou parcialmente, territórios de 15 municípios da Mesorregião do Leste Alagoano. Encontram-se 10 sedes municipais, além de uma pequena parte da zona urbana de Maceió (SUDENE, 1999).

O rio Mundaú nasce a oeste da cidade pernambucana de Garanhuns, na parte sul do Planalto da Borborema a uma altitude de aproximadamente 930 m, tendo quase 195 km de extensão e entra em Alagoas na cachoeira da Escada, ao sul da cidade de Correntes e noroeste da cidade alagoana de Santana do Mundaú. Atravessa a área central da Mata Alagoana e chega ao litoral, formando o Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM).

A **Figura 1** apresenta a abrangência e o mapa de localização da bacia. E a **Figura 2** o diagrama unifilar da bacia.

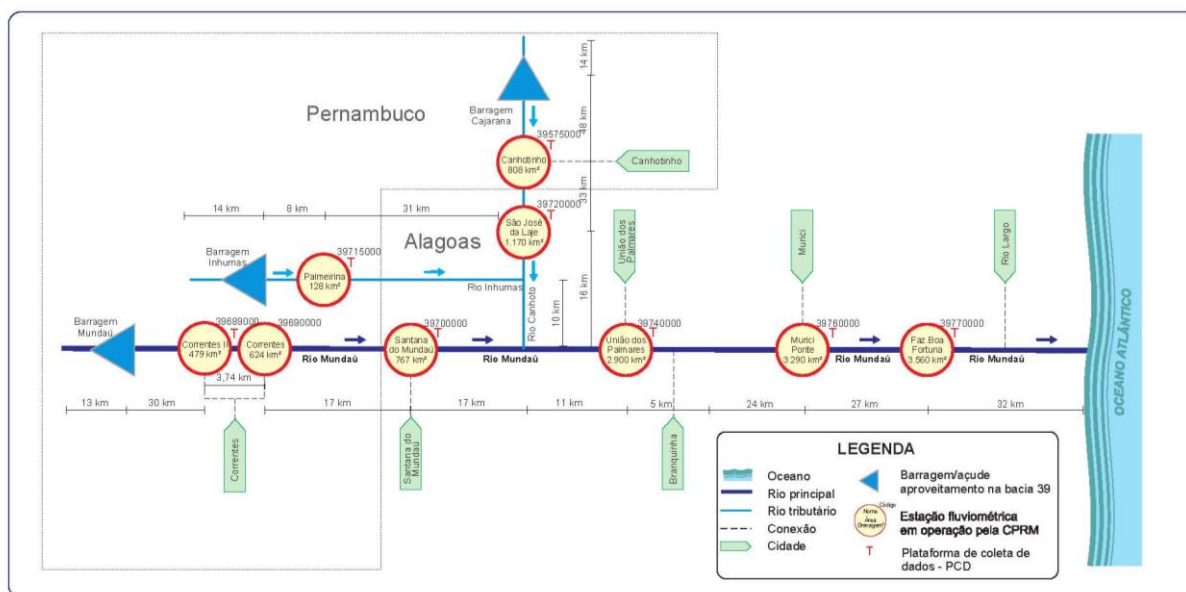
A bacia hidrográfica do rio Mundaú tem uma precipitação média anual de 900 mm e uma vazão média anual de 30,6 m³/s. O clima da bacia é quente com temperaturas médias anuais em torno de 24°C. Os meses de fevereiro a julho correspondem à aproximadamente 72,6% de toda a precipitação anual local (SILVA et al., 2008).



Legenda:

- Convenção Cartográfica
- Limites de Estados
 - Bacia do Mundaú
 - Hidrografia Mundaú
 - Rio Mundaú
 - Rio Canhoto

Figura 1 – Área de abrangência e localização da bacia do rio Mundaú.



* Retirada do inventário da ANA em 06/02/15.

Figura 2 - Diagrama unifilar da bacia do rio Mundaú.

Os totais anuais médios de chuva variam de 1.700 mm na faixa litorânea até 600 mm no trecho oeste da bacia (**Figura 3**).

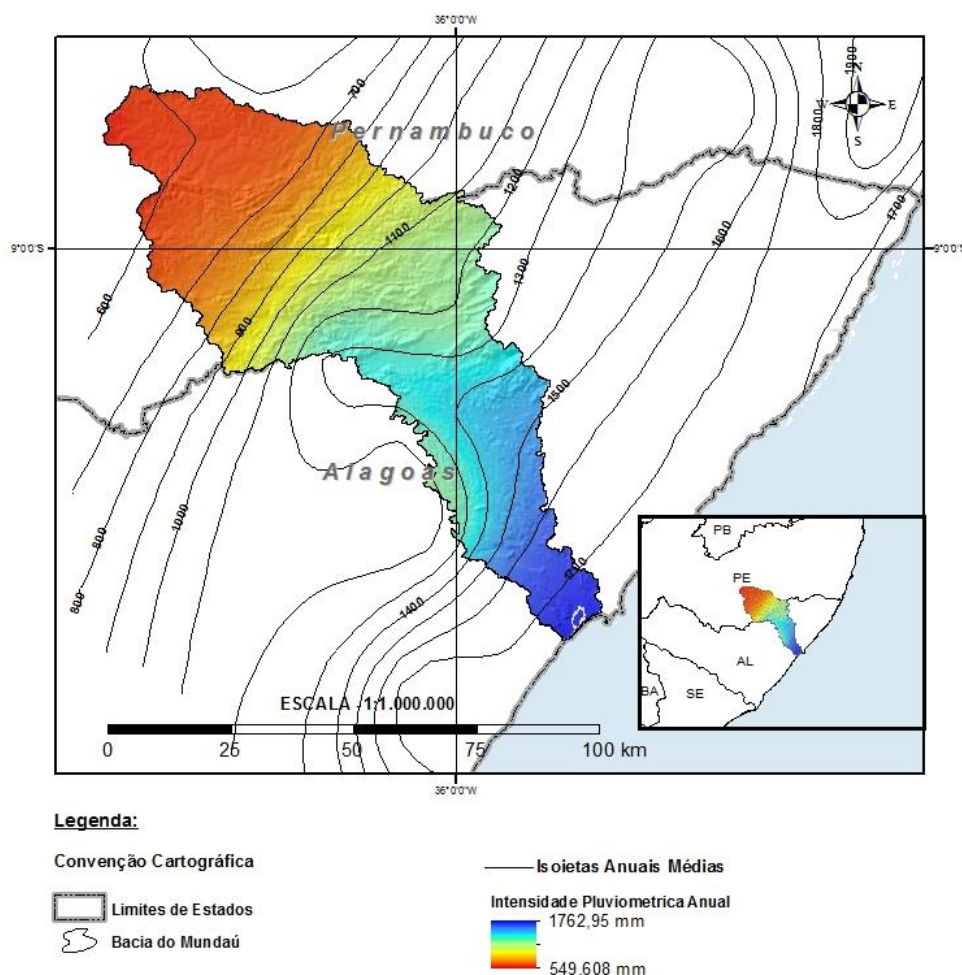


Figura 3 - Isoietas Anuais Médias, período de 1977 – 2006.

2. HISTÓRICO DE OPERAÇÃO DO SAH

2.1 HISTÓRICO DAS CHEIAS

Desde 1632, a história registrou grandes enchentes em Pernambuco. Umas de maiores, outras de menores proporções, mas todas causando muitos danos à população. Abaixo apresenta-se, resumidamente, um histórico do que aconteceu nos principais eventos de inundações em Pernambuco. (SANTOS, 2013).

Entre os dias 30 de julho e 01 de agosto de 2000, fortes chuvas castigaram o Estado, inclusive a Região Metropolitana do Recife (RMR), deixando um total de 22 mortos, 100 feridos e mais de 60 mil pessoas desabrigadas. Cidades foram parcialmente destruídas, pontes e casas foram levadas pelas águas que transbordaram dos rios. As chuvas atingiram 300 milímetros em apenas três dias e só na RMR aconteceram 102 deslizamentos de barreiras. No município de Belém de Maria, com 15 mil habitantes, 450 casas foram arrastadas pelas águas. O centro de Palmares ficou completamente debaixo de água e em Barreiros a água atingiu o teto do hospital da cidade. Dos 33 municípios seriamente atingidos, em 16 foi decretado estado de emergência e em 17, estado de calamidade pública, entre os quais Rio Formoso, Gameleira, Belém de Maria, Goiana, Cupira e São José da Coroa Grande. O presidente da República, Fernando Henrique Cardoso, veio a Pernambuco observar de perto os efeitos da calamidade.

Entre 08 de janeiro e 02 de fevereiro de 2004 fortes chuvas castigaram todas as regiões do Estado, deixando 36 mortos e cerca de 20 mil pessoas desabrigadas. As chuvas, jamais registradas entre os dois primeiros meses do ano, foram provocadas por fenômenos atípicos e destruíram pontes e estradas, açudes romperam, casas desabaram e populações inteiras ficaram ilhadas. Treze cidades ficaram em estado de calamidade pública e 76 em estado de emergência. Petrolina, a maior cidade do sertão do São Francisco, ficou vários dias isolada, pois as águas levaram a estrada de acesso à cidade. Todos os açudes e barragens do Sertão e Agreste transbordaram, inclusive, a barragem de Jucazinho, em Surubim. De acordo com levantamento do governo estadual, os prejuízos em todo o Estado chegaram a R\$ 54 milhões.

Entre os dias 30 de maio e 02 de junho de 2005, fortes chuvas provocaram enchentes em 25 cidades do Agreste, Zona da Mata e Litoral pernambucanos, deixando 36 mortos e mais de 30 mil pessoas desabrigadas. Cerca de sete mil casas foram parcialmente ou totalmente destruídas, 40 pontes foram danificadas e 11 rodovias estaduais foram atingidas, sendo que sete delas ficaram interditadas. A água inundou as ruas centrais, hospitais, escolas e casas comerciais de várias cidades, provocando enormes prejuízos materiais. Pouco mais de 30 mil estudantes da rede estadual de ensino ficaram vários dias sem aulas. Em todas as cidades atingidas, 93 escolas foram danificadas e outras 11 foram transformadas em abrigos para os desabrigados. As cidades mais atingidas

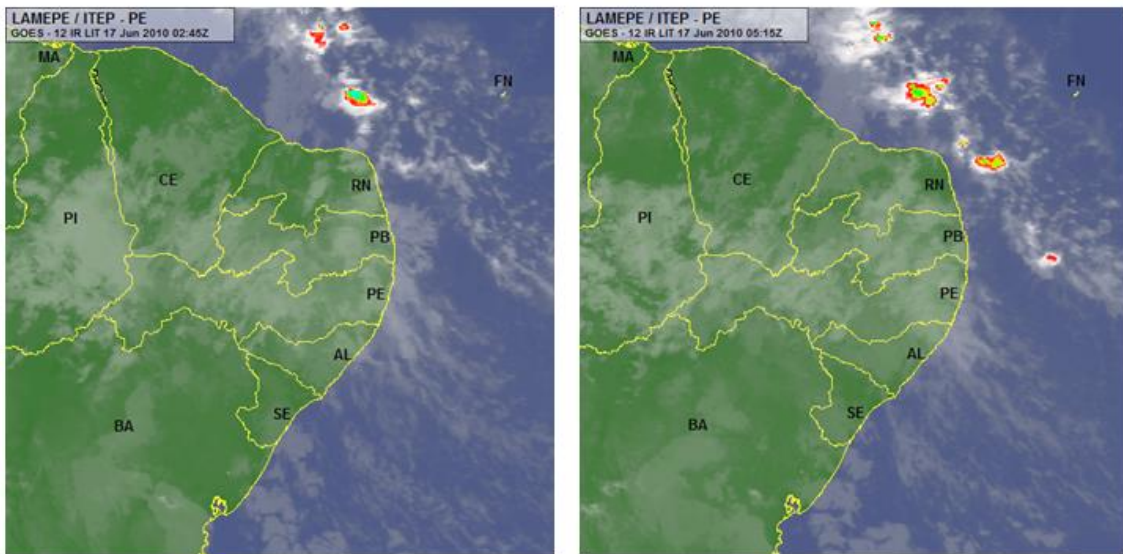
foram: Moreno, Vitória de Santo Antão, Jaboatão, Nazaré da Mata, Pombos, Ribeirão, Cabo e Escada. O município que teve o maior número de casas destruídas ou parcialmente danificadas foi Vitória de Santo Antão, totalizando 5 (cinco) mil casas.

No Brasil ocorreram diversos eventos extremos nos últimos anos. Na região Nordeste, particularmente na bacia do rio Mundaú, registrou-se como evento marcante o ocorrido em junho de 2010, nos territórios pernambucano e alagoano, e que provocou destruição avassaladora. Os Estados de Pernambuco e Alagoas foram atingidos por fortes temporais provocados por sistemas meteorológicos vindos do litoral. Ambos os Estados tiveram um número significativo de municípios devastados pelas ondas de cheias (CPRM, 2010).

Na bacia do rio Mundaú foi gerada uma cheia extraordinária, acentuada pela grande declividade deste rio no território pernambucano, castigando de forma mais severa o Estado vizinho, Alagoas.

O Laboratório de Meteorologia do Estado de Pernambuco – LAMEPE, a partir dos dados sobre o evento meteorológico, verificou que se tratava de uma de Onda de Leste e publicou a seguinte nota técnica: “Analisando os dados sobre o evento meteorológico, verificamos que se tratava de uma Onda de Leste, intensificada por um sistema frontal, localizado sobre o Atlântico Sul, o qual fortaleceu esse sistema meteorológico. Além disso, as temperaturas elevadas da água do mar, adjacente à costa de Pernambuco, contribuíram ainda mais para instabilizar a atmosfera” (CPRM, 2010).

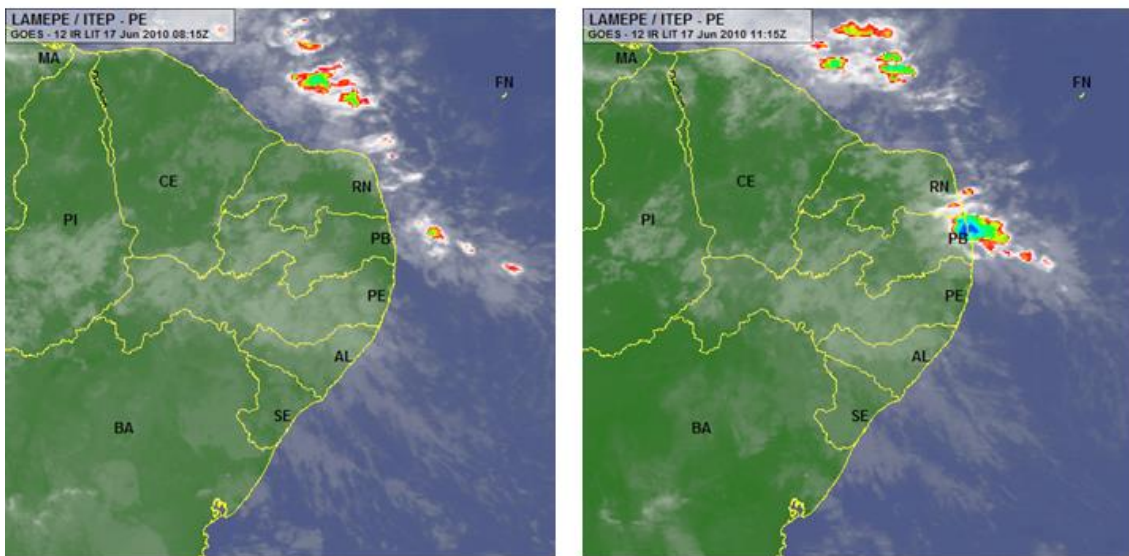
Esse evento é um típico sistema meteorológico do Nordeste do Brasil chamado de “Ondas de Leste”, que são agrupamentos de nuvens que se movem no Atlântico, de leste para oeste, até atingirem a costa oriental da região Nordeste, provocando precipitação ao longo do litoral, de 50 a 130S (leste do Rio Grande do Norte até o Nordeste da Bahia), durante o período de maio a agosto. Esses sistemas influenciam principalmente as áreas costeiras, não avançando muito para o interior da região. As **Figuras 4 a 7** exibem imagens do evento monitorado entre os dias 16 e 17 de junho, onde podemos ver as nuvens se formando no Atlântico norte avançando em direção ao litoral do Nordeste e entrando no continente pelo estado da Paraíba e atingindo o litoral de Pernambuco e Alagoas com chuvas bastante acentuadas (SANTOS, 2013).



Quarta-Feira, 16 - Junho – 2010 às 23:45h

Quinta-Feira, 17 - Junho – 2010 às 02:15h

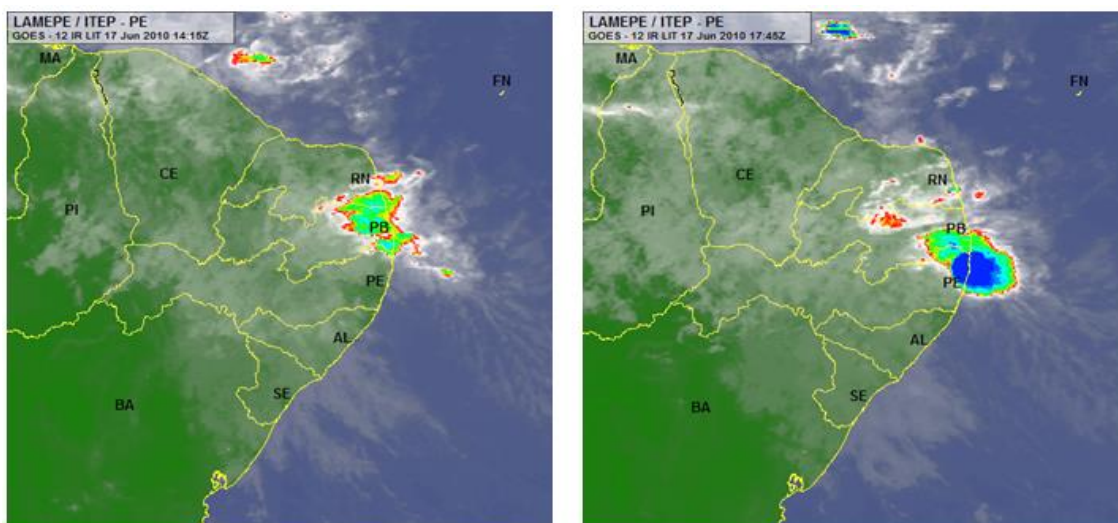
Figura 4 - Distúrbio da onda de leste, adentrando o continente nos dias 16 e 17 de junho de 2010, às 23:45h e 02:15h, respectivamente (SANTOS, 2013).



Quinta-Feira, 17 - Junho – 2010 às 05:15h

Quinta-Feira, 17 - Junho – 2010 às 08:15h

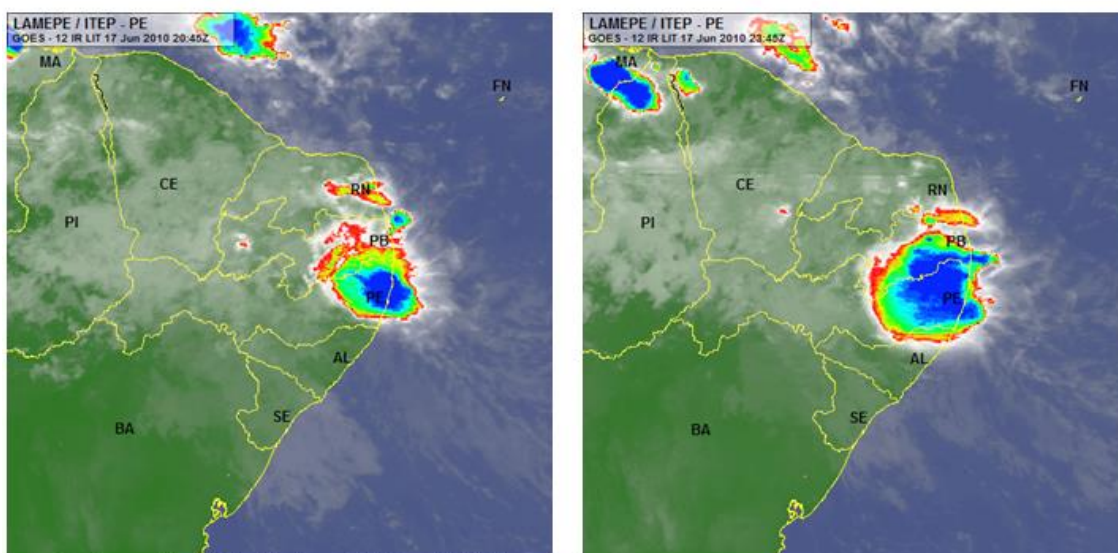
Figura 5 - Distúrbio da onda de leste, adentrando o continente no dia 17 de junho de 2010, às 05:15h e 08:15h (SANTOS, 2013).



Quinta-Feira, 17 - Junho - 2010 às 11:15h

Quinta-Feira, 17 - Junho - 2010 às 14:45h

Figura 6 - Distúrbio da onda de leste, adentrando o continente no dia 17 de junho de 2010, às 11:15h e 14:45h (SANTOS, 2013).



Quinta-Feira, 17 - Junho - 2010 às 17:45h

Quinta-Feira, 17 - Junho - 2010 às 20:45h

Figura 7 - Distúrbio da onda de leste, adentrando o continente no dia 17 de junho de 2010, às 17:45h e 20:45h (SANTOS, 2013).

Em Alagoas, 28 municípios (27,4%) foram afetados, sendo que 04 decretaram situação de emergência e 15 decretaram estado de calamidade pública. Em Pernambuco, 67 municípios foram afetados, 30 municípios com situação de emergência e 9 em estado de calamidade pública. A **Figura 8** ilustra os municípios afetados nesses dois estados (SANTOS, 2013).

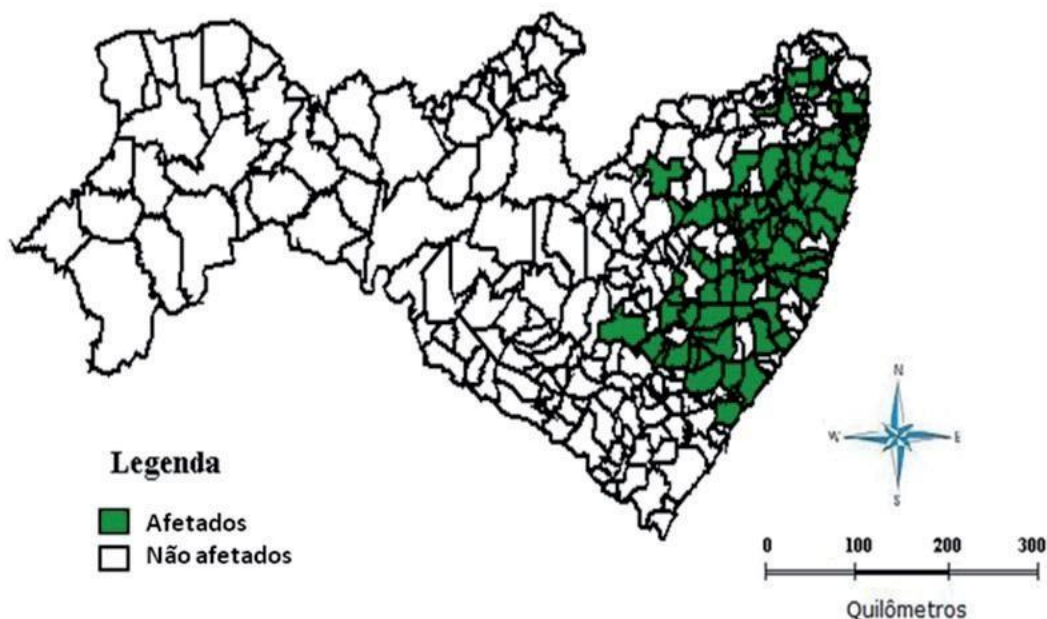


Figura 8 - Municípios afetados pelas inundações nos Estados de Pernambuco e Alagoas, Região Nordeste do Brasil. Dados da Defesa Civil Estadual em junho de 2010 (SANTOS, 2013).

O número de indivíduos afetados chegou a 284.632, sendo que 181.018 foram do estado de Alagoas e 103.612 de Pernambuco. O número de desalojados chegou a 55.643 em Pernambuco e 47.897 em Alagoas, totalizando 102.420 indivíduos. Os óbitos somaram 79 (34 em Alagoas e 17 em Pernambuco), segundo boletim do Centro Nacional de Gerenciamento de Risco e Desastres de Alagoas (Cenad-AL) e Coordenação Estadual de Defesa Civil de Pernambuco (Codecipe). A seguir apresentam-se algumas fotos retratando os danos causados pela enchente de 2010 em alguns municípios afetados (**Figuras 9 a 13**).



Figura 9 - Momento da passagem da onda de cheia em São José da Laje, Alagoas, em junho de 2010 no rio Canhoto (CPRM, 2010).



Figura 10 - Ruas do centro de São José da Laje após a passagem da onda da cheia de junho 2010 no rio Canhoto (CPRM, 2010).



Figura 11 - Usina Laginha no município de União dos Palmares, durante a cheia de junho de 2010, no rio Mundaú. Destaque para o local onde funcionava o tanque de álcool (CPRM, 2010).



Figura 12 - Vista de cima da cidade de Palmares no dia 22/06/10, após a enchente de 2010 no rio Una (CPRM, 2010).



Figura 13 - Curva do rio Una na cidade de Palmares no dia 22/06/10 (CPRM, 2010).

Santana do Mundaú foi considerado um dos municípios mais atingidos da bacia hidrográfica do rio Mundaú, tanto pelo número de desabrigados como pelo trabalho que exigiu do quadro funcional da defesa civil municipal. Residências, escolas, praças, serviços oferecidos pela prefeitura em suas secretarias municipais, bancos, comércios, acesso rodoviário ao município, entre outros, e tudo mais que pertencia ao espaço urbano, foi totalmente ou parcialmente destruído (CPRM, 2010).

A estrutura da ponte principal que interligava as margens urbanas resistiu, porém, os guarda-corpos foram levados. O mesmo não aconteceu com a ponte que interligava a zona rural do município, que teve parte da sua estrutura destruída e cabeceiras erodidas, impossibilitando o tráfego para qualquer tipo de veículo. Este fato favoreceu a proliferação da pobreza na região após o episódio meteorológico, uma vez que, tal ponte, seria o único acesso viário para escoamento e comercialização do principal produto cultivado no município, que é a fruticultura da laranja (CPRM, 2010).

A **Figura 14** apresenta o vale inundado na cidade de Santana do Mundaú durante o pico da cheia no dia 18 de junho de 2010 e a **Figura 15** a situação após as águas baixarem.

A estação fluviométrica (Código 39700000) teve os mourões e as régua limnimétricas levadas pelas águas. A recuperação da estação ocorreu através de uma RN (Referência de Nível), próxima à casa do observador, que resistiu à correnteza. Foi transportada a cota altimétrica para o local da recuperação, novas régua e RN foram erguidas e niveladas. A **Figura 16** mostra a reinstalação da estação fluviométrica de Santana do Mundaú após a enchente de 2010 (CPRM, 2010).



Figura 14 - Registro do dia 18/06/10 no município de Santana do Mundaú às 15h20h (CPRM, 2010).



Figura 15 - Registro da cidade no dia 19/06/10 às 7:40h, após a onda de cheia no município de Santana do Mundaú (CPRM, 2010).



Figura 16 - Réguas da estação fluviométrica de Santana do Mundaú recuperadas após a cheia de junho de 2010 (CPRM, 2010).

2.2 OPERAÇÃO DO SAH

Dentro desse contexto o “Sistema de Alerta Hidrológico na Bacia do rio Mundaú – SAH Mundaú” no âmbito da ação “Informações de Alerta de Enchentes e Inundações” foi lançado em dezembro de 2017 pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil em parceria com a ANA – Agência Nacional de Águas, a SEMARH-AL – Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos e a APAC-PE - Agência Pernambucana de Águas e Clima.

A operação do SAH Mundaú acompanha aproximadamente 8 pontos instalados na Bacia do rio Mundaú durante todo o período chuvoso na região. Os municípios beneficiados são: Correntes, Canhotinho e Palmeirina, no Estado de Pernambuco, Santana do Mundaú, São José da Laje, União dos Palmares, Murici

e Rio Largo, no Estado de Alagoas. O monitoramento consiste na coleta de dados, armazenamento e atualização dos dados coletados, análise, elaboração da previsão hidrológica, e transmissão das informações. Os municípios que recebem os alertas com a previsão hidrológica são Murici e União dos Palmares.

O SAH Mundaú opera como sistema de monitoramento e previsão de alerta de cheias, tendo como um dos produtos as informações em tempo real através dos boletins semanais e extraordinários com a divulgação para os órgãos competentes e parceiros.

No período chuvoso o sistema fica com monitoramento 24h, sempre com um pesquisador e um técnico nos plantões. A CPRM transmite semanalmente para a SEMARH-AL (sala de alerta), Defesa Civil e prefeituras dos municípios da bacia do Mundaú, um boletim contendo os níveis dos rios nas estações fluviométricas. Além destes níveis, o boletim contém a cota de alerta e de inundação de algumas estações da bacia.

A cota de alerta significa que foi atingido o nível do rio no qual a frequência de obtenção dos dados deve ser maior, pois o risco de acontecer uma enchente é grande. Neste caso o monitoramento passa a ser mais intenso, e a orientação, ao serem atingidas estas cotas, é que o próprio município passe a observar os níveis nas réguas localizadas nas estações fluviométricas. Já a cota de inundação significa que o ponto mais baixo da cidade começa a ser inundado.

Quando atingidas as cotas de alerta, os órgãos competentes são avisados sobre a situação e passam a receber boletins com maior frequência, contendo a previsão se a cota de inundação será ou não ultrapassada.

O encerramento do plantão 24 horas dá-se devido ao fim do período chuvoso e ao menor risco de inundações nesta época do ano. Porém, caso haja alguma previsão ou alguma possibilidade de ocorrência de um evento extremo na bacia, as atividades do plantão 24 horas serão retomadas e as previsões voltarão a ocorrer.

3. ÁREA DE ABRANGÊNCIA

3.1 DADOS GERAIS DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

A Estação Canhotinho é uma estação fluviométrica com medição de descarga líquida, de qualidade de água e telemétrica (FDQT), localizada na margem direita do rio Canhoto. É operada pela CPRM/SUREG RE, instalada em 11/2011 no Município de Canhotinho, Pernambuco.

A Estação Correntes II é uma estação fluviométrica com medição de descarga líquida, de qualidade de água e telemétrica (FDQT), localizada na margem esquerda do rio Mundaú. É operada pela CPRM/SUREG RE, instalada em 08/2011 no Município de Correntes, Pernambuco.

A Estação Santana do Mundaú é uma estação fluviométrica com medição de descarga líquida, de qualidade de água e telemétrica (FDQT), localizada na margem esquerda do rio Mundaú. É operada pela CPRM/SUREG RE, instalada em 10/1990 no Município de Santana do Mundaú, Alagoas. Apresenta uma área de drenagem de 765 km², uma precipitação anual média de 823 mm.

A Estação Palmeirina é uma estação fluviométrica com medição de descarga líquida, qualidade de água e telemétrica (FDQT), localizada na margem esquerda do rio Inhumas, afluente do rio Canhoto. É operada pela CPRM/SUREG RE, instalada em 02/2011 no Município de Palmeirina, Pernambuco.

A Estação São José da Laje é uma estação fluviométrica com medição de descarga líquida, qualidade de água e telemétrica (FDQT), no rio Canhoto. É operada pela CPRM/SUREG RE, instalada em 10/1990 no Município de São José da Laje, Alagoas. Apresenta uma área de drenagem de 1.178 km², uma precipitação anual média de 763 mm.

A Estação União dos Palmares é uma estação fluviométrica com medição de descarga líquida, qualidade de água e telemétrica (FDQT), localizada na margem esquerda do rio Mundaú. É operada pela CPRM/SUREG RE, instalada em 10/1990 no Município de União dos Palmares, Alagoas. Apresenta uma área de drenagem de 2.899 km², uma precipitação anual média de 877 mm.

A Estação Murici – Ponte é uma estação fluviométrica com medição de descarga líquida, qualidade de água e telemétrica (FDQT), localizada na margem

direita do rio Mundaú. É operada pela CPRM/SUREG RE, instalada desde 12/1965 no Município de Murici, Alagoas. Apresenta uma área de drenagem de 3.295 km², uma precipitação anual média de 932 mm.

A Estação Fazenda Boa Fortuna é uma estação fluviométrica com medição de descarga líquida, sedimentométrica, de qualidade de água e telemétrica (FDSQT), localizada na margem esquerda do rio Mundaú. É operada pela CPRM/SUREG RE, instalada em 10/1965 no Município de Rio Largo, Alagoas. Apresenta uma área de drenagem de 3.560 km², uma precipitação anual média de 973 mm.

3.2 MUNICÍPIOS ATENDIDOS

O SAH Mundaú monitora 8 municípios localizados na Bacia do rio Mundaú, sendo 03 no Estado de Pernambuco e 05 no Estado de Alagoas. São eles:

- Correntes – PE;
- Canhotinho – PE;
- Palmeirina – PE;
- Santana do Mundaú – AL;
- São José da Laje – AL;
- União dos Palmares – AL;
- Murici – AL;
- Rio Largo – AL;

E os municípios também atendidos com a previsão hidrológica e alerta de cheias são: União dos Palmares e Murici, ambos em Alagoas.

3.3 COTAS DE REFERÊNCIA E ATUALIZAÇÕES

Os conceitos das cotas de referências básicas estabelecidas estão descritos na **Figura 17**, abaixo:





Cor	Nome	Conceito
	Atenção	Possibilidade moderada de ocorrência de uma inundação
	Alerta	Possibilidade elevada de ocorrência de uma inundação
	Inundação inicial	Cota em que o primeiro dano é observado no município
	Inundação severa	Cota em que a inundação provoca danos severos ao município

Figura 17 - Conceitos das cotas de referências básicas para operação dos Sistemas de Alerta Hidrológicos (CPRM, 2021).

Tabela 1 - Cotas de referências básicas para operação do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Mundaú.

ESTAÇÃO	CÓDIGO	COTA DE ATENÇÃO (m)	COTA DE ALERTA (m)	COTA DE INUNDAÇÃO (m)
PALMEIRINA	39715000	1,70	2,10	
CANHOTINHO	39575000	2,50	3,00	
SÃO JOSÉ DA LAJE	39720000	2,50	2,90	3,59
CORRENTES II	39689000	2,00	3,00	
SANTANA DO MUNDAÚ	39700000	4,50	5,31	6,98
UNIÃO DOS PALMARES	39740000	2,75	3,50	4,88
MURICI PONTE	39760000	3,00	4,00	5,05
FAZENDA BOA FORTUNA	39770000	6,50	7,30	8,50

Elaborada pelo Autor (2021)

3.3 DESCRIÇÃO DOS LOCAIS ONDE HÁ PREVISÃO E MÉTODOS DE PREVISÃO UTILIZADOS

São dois os municípios onde há previsão hidrológica, Murici e União dos Palmares e, segundo o IBGE (2021), apresentam as seguintes características físicas, demográficas e históricas descritas nos próximos parágrafos.

Murici é um município do Estado de Alagoas. Os habitantes se chamam muricienses. O município se estende por 418,028 km² e contava com 26.710 habitantes no último censo, em 2010. A densidade demográfica é de 62,58 habitantes por km², em 2010, no território do município. Vizinho dos municípios de Branquinha, Messias e Flexeiras, Murici se situa a 17 km a Sul-Leste de União dos Palmares a maior cidade nos arredores e está situado a 88 metros de altitude.

O monge Frei Domingos é considerado o fundador de Murici. Foi ele, que, segundo a lenda, plantou um “muricizeiro bravo” por volta de 1810. À sombra da árvore, paravam os viajantes para descansar e vender produtos. Antes de tornar-se cidade, o povoado de Murici pertenceu à antiga Vila dos Macacos, Imperatriz, Santa Maria Madalena e União dos Palmares. Os moradores da antiga Imperatriz eram conhecidos como “macaquitos da Imperatriz”. Foram eles que construíram uma capela para Nossa Senhora da Conceição e casas, chamadas de “testa de bode” e destinadas à compra de algodão em rama, uma das primeiras culturas da região.

Em 1829, dois frades, Cassiano e João, reconstruíram a capela de Murici e mudaram a padroeira para Nossa Senhora das Graças.

O primeiro grêmio político teve como fundador o padre Joaquim Lopes, um português que foi morar em Murici porque era perseguido como traidor do movimento mata-marinheiro. De 1855 a 1860 o povoado teve momentos de muita tensão política. Primeiro, por causa da luta entre os partidos liberal e conservador. Depois, em razão da política do Barão de Jaraguá que pretendia derrubar a Junta Governativa, composta pelo capitão Bruno Ferreira, Vasco Marinho, Gama de Melo, Vieira Peixoto, cônego Calheiros e representantes das famílias Holanda e Cansanção. Em 1892, através da Lei 15, foi transformada em cidade.

União dos Palmares é um município do Estado de Alagoas. Os habitantes se chamam palmarinos. O município se estende por 420,376 km² e contava com 62.358 habitantes no último censo, em 2010. A densidade demográfica é de 148,24 habitantes por km², em 2010, no território do município. Vizinho dos municípios de São José da Laje, Branquinha e Ibateguara, União dos Palmares se situa a 39 km a Norte-Oeste de Rio Largo e está situado a 145 metros de altitude.

As primeiras habitações do município de União dos Palmares surgiram no século XVIII, num povoado chamado “Macacos”, à margem esquerda do rio Mundaú. O português Domingos de Pino construiu a primeira capela do local dedicada à Santa Madalena. A povoação passou a ter o nome da padroeira

O crescimento do lugarejo provocou seu desmembramento do município de Atalaia, a 13 de outubro de 1831, através de Decreto Governamental. A denominação “União” surgiu através de Decreto e teve origem no fato de a

cidade ser o elo entre as estradas de ferro de Alagoas e Pernambuco. Em 1944, ocorreu a mudança definitiva para “União dos Palmares”, homenageando o quilombo que permaneceu na região por quase um século.

Foi em União dos Palmares, mais precisamente na Serra da Barriga (uma das atrações turísticas da cidade), que os negros rebelados contra a escravidão construíram a República Independente do Quilombo dos Palmares, o símbolo do anseio e da resistência negra pela liberdade, tendo como líder maior o negro Zumbi, imortalizado numa estátua no alto da serra.

O SAH Mundaú é focado em eventos graduais de inundação, pois a bacia do rio Mundaú além de ser uma bacia pequena e de alta declividade, apresentando respostas muito rápidas no hidrograma, pode haver a ocorrência de eventos de chuvas intensas localizadas e concentradas apenas sobre o município e suas adjacências (eventos de chuvas convectivas), os quais podem resultar no aumento abrupto do nível do rio e provocar enchentes repentinas e localizadas. Nesses eventos, a diferença de tempo entre a previsão e a ocorrência dos danos é incompatível e, portanto, inviabiliza em muitos casos a tomada de ações com a antecedência necessária.

O SAH Mundaú utiliza o modelo cota-cota para a previsão de cotas através da utilização de planilhas do excel. As equações geradas dependem das cotas atuais das estações a serem previstas e das cotas das estações à montante.

No caso de Murici, a equação prevê com 6 horas na frente, mas que na prática temos 5h de antecedência quanto à probabilidade de ocorrência de inundação. Em União dos Palmares prevê com 5h na frente e na prática 4h de antecedência.

Mas como a bacia tem respostas rápidas, essa previsão depende muito da permanência das chuvas na calha do rio, vindo a baixar o nível assim que as chuvas cessam. As previsões são feitas sempre baseadas na permanência das chuvas, fazendo com que elas nem sempre se concretizem caso não ocorra ou cesse. Por isso, o acompanhamento dos níveis dos rios e das chuvas são feitos de forma contínua, sendo intensificado quando atinge a cota de referência de atenção e/ou alerta. As previsões são feitas e refeitas a cada 1h e atualizadas para as defesas civis e órgãos competentes imediatamente.

4. DESCRIÇÃO DO EVENTO OCORRIDO

4.1 CHEIAS

Durante a operação do sistema de alerta hidrológico da bacia do rio Mundaú, no período de 12 de abril à 16 de agosto de 2021 não ocorreram eventos que ultrapassassem a cota de alerta ou inundação. Os gráficos das **Figuras 18 e 19** mostram todo o período da operação nas estações de Murici e União dos Palmares.



Figura 18 – Nível do rio Mundaú no município de Murici – AL no período de 10/04/21 à 16/08/21.

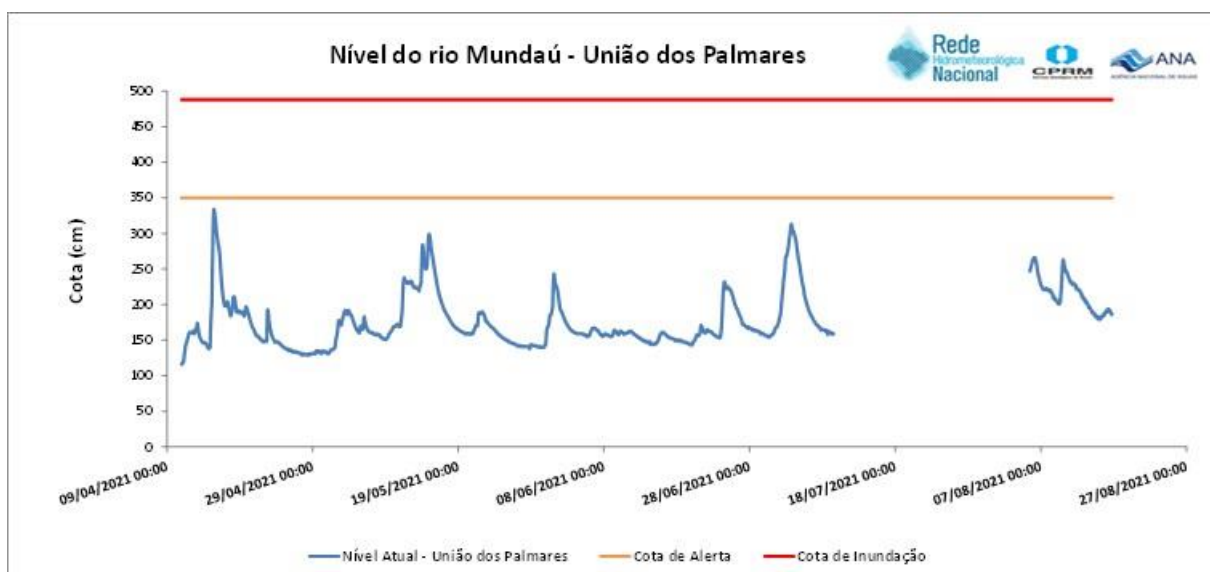


Figura 19 - Nível do rio Mundaú no município de União dos Palmares – AL no período de 10/04/21 à 16/08/21.

4.2 DESCRIÇÃO DA ÚLTIMA CHEIA OCORRIDA

Em junho de 2020 ocorreu inundação em União dos Palmares, causando alguns transtornos em alguns bairros mais baixos. A **Figura 20** mostra o gráfico do nível do rio Mundaú durante o período de operação onde ultrapassou a cota de inundação. E as **Figura 21 e 22** mostram fotos do mesmo evento, ocorrido em junho de 2020.

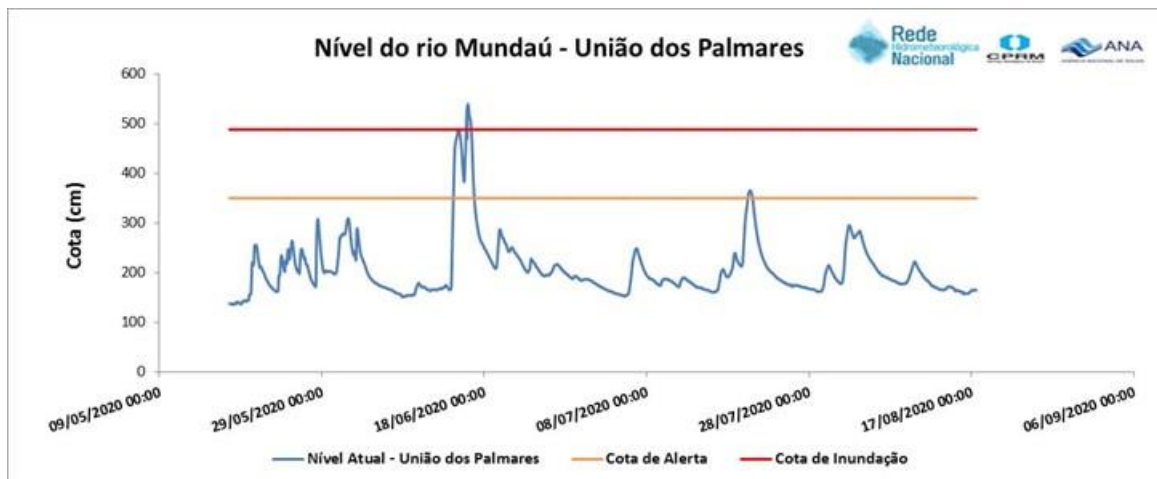


Figura 20 – Gráfico do nível do rio Mundaú em União dos Palmares – AL no período de operação de 2020.



Figura 21 - Foto tirada do bairro Roberto Correia de Araújo no município de União dos Palmares - AL no dia 15/06/2020 (Fotos cedidas pelo coordenador da Defesa Civil de União dos Palmares).



Figura 22 - Foto tirada de rua alagada no bairro Roberto Correia de Araújo no município de União dos Palmares - AL no dia 15/06/2020 (Fotos cedidas pelo coordenador da Defesa Civil de União dos Palmares).

5. OPERAÇÃO REALIZADA DURANTE OS EVENTOS

5.1 CHEIAS

Foram publicados 19 boletins de monitoramento (ordinário) durante a operação do Sistema de alerta 2021, contendo os níveis dos rios Mundaú e Canhoto, contemplando as oito cidades beneficiadas.

Não foram publicados boletins com previsão hidrológica (extraordinário), pois as estações de Murici e União dos Palmares não ultrapassaram as cotas de alerta e inundação.

Dentro desse contexto o sistema de alerta hidrológico da bacia do rio Mundaú beneficia e envolve uma população em torno de 241.325 pessoas (ver **Tabela 2**).

Tabela 2 – População no último censo do IBGE 2010 nos municípios atendidos pelo monitoramento do SAH Mundaú.

Município	População no último censo 2010 (IBGE)
Correntes	17.419
Palmeirina	8.189
Canhotinho	24.521
Santana do Mundaú	10.961
São José da Laje	22.686
União dos Palmares	62.358

Elaborada pelo Autor (2021)

Ao longo do ano de 2021 foram realizadas 4 campanhas de operação regular, sendo elas em janeiro, junho, agosto e outubro. E serão feitas mais 2 campanhas ainda esse ano. Além de estar planejada uma campanha para levantamento de seções transversais no município de Santana do Mundaú.

6. PARTICIPAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DE REUNIÕES/EVENTOS

Ao longo de 2021 o SAH Mundaú passou a ter reuniões mensais a partir de fevereiro com o feedback das atividades propostas para o ano, feedback dos plantões e outros assuntos relevantes no âmbito do projeto, com as respectivas atas. Além de reuniões com as defesas civil municipais, assessoria de comunicação, treinamentos com a equipe, tira-dúvidas dos plantões e individualmente com cada membro da equipe.

As reuniões são marcadas com antecedência no google agenda com a pauta prevista encaminhada a todos. Nas atas das reuniões contém lista de presença, pontos abordados, encaminhamentos e no final é sugerida a data e pauta prevista para a próxima reunião mensal. As atas são encaminhadas para todos os membros da equipe logo após a reunião ou até, no máximo, no dia seguinte à reunião.

No dia 08/03/2021 foi realizada uma reunião com a Defesa civil Municipal de União dos Palmares com o objetivo de tirar dúvidas sobre o sistema de alerta e troca de informações entre os órgãos.

7. AGRADECIMENTOS

A operação do sistema de alerta hidrológico da bacia do rio Mundaú, no período de 12/04/2021 a 16/08/2021, só foi possível com a utilização dos dados hidrológicos provenientes da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA), operada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e demais parceiros. Por meio de Termo de Execução Descentralizada (TED) de operação da RHN, a Agência Nacional de Águas disponibiliza apoio operacional e financeiro para operação e manutenção das estações da RHN/RHNR, bem como para uso de equipamento de medição.

8. CONCLUSÕES

O Serviço Geológico do Brasil, por meio da Superintendência Regional de Recife, operou o Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do rio Mundaú durante todo o período chuvoso entre os meses de abril a agosto de 2021, em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA), Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Alagoas (SEMARH-AL) e a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC-PE).

A operação inclui plantões de 24 horas durante todo o período chuvoso, onde engenheiros e técnicos coletam, armazenam, atualizam, fazem análises, elaboram as previsões hidrológicas e transmitem os dados e informações. Durante a operação do SAH Mundaú 2021 não foram emitidos boletins extraordinários, pois as estações não ultrapassaram as cotas de alerta ou inundação. Mas, foram emitidos 19 boletins de monitoramento transmitidos semanalmente aos órgãos competentes e/ou parceiros, contemplando os 8 municípios beneficiados, contendo os níveis dos rios Mundaú, Canhoto e Inhumas.

Esse ano de 2021, assim como 2020, foi bastante atípico perante o cenário de pandemia do novo coronavírus, afetando em cheio as atividades de campo desenvolvidas pelas equipes no âmbito da Rede Hidrometeorológica Nacional. As dificuldades de locomoção por conta dos protocolos sanitários e dos números de casos de covid-19 em cada Município e Estado fez com que as visitas de manutenções nas estações operadas fossem adiadas por medida de saúde e bem-estar da equipe.

Entretanto, mesmo diante desse contexto de pandemia, a operação foi concluída com sucesso e sem que houvesse nenhuma intercorrência devido às restrições de manutenção das estações.

Outro ponto bastante relevante foi a divulgação do início da operação do sistema em vários meios de comunicação, através de entrevistas ao vivo em rádio e TV locais em parceria com a assessoria de comunicação (ASSCOM), além da publicação de notas escritas para a imprensa.

Nesse contexto, o Serviço Geológico do Brasil cumpre seu papel disponibilizando à sociedade informações de monitoramento hidrológico nos rios em âmbito nacional e, especificamente, na bacia do rio Mundaú e auxiliando os gestores de recursos hídricos no processo de tomada de decisão no enfrentamento dos efeitos dos eventos de cheias.

As informações sobre o Sistema Hidrológico da bacia do rio Mundaú foram disponibilizadas na internet através do site <http://www.cprm.gov.br/sace/mundau>.

9. REFERÊNCIAS

ALCOFORADO, R. G. **Simulação hidráulico-hidrológica do escoamento em redes complexas de rios urbanos**: suporte de informações espaciais de alta resolução. 2006. 272 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto de monitoramento de eventos hidrológicos extremos**: enchentes de Alagoas em junho 2010. Recife: CPRM, 2010. Tomo I: Levantamento de Campo.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **SACE - Sistema de Alerta de Eventos Críticos**. Rio de Janeiro, [202-?]. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/sace/>. Acesso em: 04 nov. 2021.

IBGE. **Brasil**: Alagoas. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al>. Acesso em: 27 out. 2021.

SANTOS, K. A. dos. Modelagem do Acompanhamento e Controle de Cheias em Bacias Hidrográficas de Grande Variação de Altitude. Estudo de Caso: Bacia do Rio Mundaú.

2013. 124p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013

SILVA, D. F. de; SOUSA, F. de A. S. de; KAYANO, M. T.; ARAÚJO, L. E. de. Acompanhamento climático das bacias hidrográficas do Rio Mundaú (AL e PE) e do Rio Paraíba (PB). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 3, p. 79-93, set./dez. 2008. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=144&layout=abstract>. Acesso em: 28 jul. 2012.

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Plano diretor de recursos hídricos da bacia do Rio Mundaú**. Recife, 1999.