

RELATÓRIO DE ATIVIDADES

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA



SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO ACRE

Relatório Anual de operação 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

SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO ACRE

Relatório Anual de operação 2021

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Marcus Suassuna Santos

Hérculys Castro

Artur José Soares Matos



SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
CPRM

Brasília, dezembro de 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

EQUIPE DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DO RIO ACRE

Marcus Suassuna Santos

Hérculys Castro

Artur José Soares Matos

PROJETO DOS SISTEMAS DE ALERTAS HIDROLÓGICOS

SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DO RIO ACRE – SAH ACRE

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021)

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Marcus Suassuna Santos

Hérculys Castro

Artur José Soares Matos

FOTOS DA CAPA: Casa inundada durante visita de governador aos desabrigados pela inundação do igarapé São Francisco e rio Acre, em 06 de fevereiro de 2021, no bairro São Francisco – Sérgio Roney, Secom / AC

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S237r Santos, Marcus Suassuna.
Relatório de atividades Departamento de Hidrologia : sistema de alerta hidrológico da bacia do rio Acre : relatório anual de operação 2021 / Marcus Suassuna Santos, Hérculys Castro, Artur José Soares Matos ; realização Divisão de Hidrologia Aplicada. – Brasília : CPRM, 2021.
1 recurso eletrônico : PDF

ISBN 978-65-5664-189-8

1.Hidrologia. 2.Bacias hidrográficas. I. Santos, Marcus Suassuna. II. Castro, Hérculys. III. Matos, Artur José Soares. IV. Título.

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

Entre os anos de 2001 e 2020, o Estado do Acre apresenta registros oficiais do desastre natural inundação em 9 desses 20 anos (em 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015) (Brazil, 2019; Ceped, 2013). Considerando-se apenas o aspecto hidrológico e a cota de inundação considerada atualmente de 14,0 metros, ao longo dos 50 últimos anos de registros de dados da estação Rio Branco (13600002), em 39 deles, o rio Acre extravasou a cota de 14,0 metros. Nos últimos 20 anos, em 15 deles o rio superou a cota de 14,0 metros. Ou seja, ainda que houvesse decreto de emergência em 45% dos anos, em cerca de 75% deles, o rio atinge a cota de inundação.

Esses dados ilustram o porquê de o Estado do Acre, e mais especificamente o município de Rio Branco, ser um dos mais vulneráveis a esse tipo de desastre hidrológico no Brasil, justificando a importância da existência do Sistema de Alerta Hidrológico do Rio Acre (ou SAH Acre). Desde 2014, o Serviço Geológico do Brasil opera o SAH Acre, fazendo parte de um grande conjunto de investimentos feitos pelo governo federal no monitoramento de desastres naturais após o mega-desastre da região serrana do Rio de Janeiro em 2011. Desde então, em todos os anos a CPRM acompanha o comportamento do rio Acre ao longo do período de cheias e em duas oportunidades acompanhou ainda as secas na região.

O rio Acre possui uma característica de ter uma resposta rápida a chuvas intensas. Durante o período chuvoso na Amazônia, quando o solo se encontra saturado, as chuvas torrenciais, típicas desta região, frequentemente fazem com que o nível do rio ultrapasse a cota de transbordamento, provocando a inundação dos municípios situados em suas margens. Esse tipo de processo foi mais uma vez observado em 2021 e este relatório visa descrever este episódio.

Vale mencionar que o monitoramento de 2021 ocorreu no contexto da Pandemia de Coronavírus o que elevou a complexidade do sistema e limitando as possibilidades de atividades de campo para realização de medições de vazão, por exemplo. Além disso, essa condição impôs maiores desafios para a população do estado, que se viu afetado fortemente pelo Covid-19, por inundações severas em todo o Estado, dengue e crise migratória em suas fronteiras (informações da SEMA/AC).

Assim, como conclusão do trabalho desenvolvido ao longo do último período de cheias pelo SAH Acre, este relatório visa descrever os padrões médios de

ocorrência de cheias na região e situar a cheia de 2021 em relação a esse histórico de dados hidroclimatológicos. Dessa forma, são consolidados os principais dados coletados ao longo desse evento, o que, por sua vez, visa ampliar o conhecimento da bacia, e permitindo que, no futuro, o SAH Acre possa seguir melhorando seu funcionamento e prestando um serviço cada dia melhor à comunidade acreana.

RESUMO

O presente relatório visa descrever a bacia do rio Acre e detalhar como foi a ocorrência da cheia de 2021 na bacia. Foram consolidados dados hidroclimatológicos para essa finalidade. Além disso, foram coletados dados acerca dos danos da cheia de 2021 no Estado. O rio Acre foi uma cheia com uma probabilidade de ocorrência anual de 14%, que foi deflagrada principalmente por chuvas acima da média no mês de fevereiro de 2021. O mês de fevereiro de 2021 foi o segundo fevereiro mais chuvoso desde o ano de 2001, segundo dados do MERGE/INPE. As chuvas foram concentradas principalmente na bacia do rio Rola e nas proximidades de Rio Branco. As chuvas abaixo da média nas nascentes do rio Acre em janeiro deste ano fizeram com que a umidade antecedente do solo não favorecesse a contribuição das nascentes da bacia ao longo do mês de fevereiro. Caso esse fator estivesse presente, a cheia que alcançou o nível máximo de 15,79 m em 17/02/2021 poderia ser ainda mais significativa. As cheias mais extremas foram observadas em outras bacias do Estado do Acre e com menos intensidade na bacia do rio Acre. A partir da primeira semana de fevereiro, dias antes de o rio Acre atingir a cota de alerta, a CPRM já havia estabelecido contato com as defesas civis estaduais e municipais, dando sua parcela de contribuição para um melhor gerenciamento das cheias no estado. Tal fato só foi possível com a implantação de modelos de previsão chuva vazão, capazes de incorporar previsões de chuvas por *Ensemble* aos modelos hidrológicos operacionais na região.

ABSTRACT

This report aims to describe the Acre River basin. It also intends to provide technical details on how the 2021 flood occurred in the basin. Hydroclimatological data were consolidated for this purpose. The 2021 Acre River flooding has an estimated probability of occurrence of 14% (return period of 7 years), which was triggered mainly by above-average rainfall in February 2021. February 2021 was the second wettest February since 2001, according to data from MERGE/INPE. The rains were concentrated mainly in the Rola river basin and in the vicinity of Rio Branco. The below-average rainfall in the upstream catchments of the Acre River in January suggests that the previous soil moisture did not favour the contribution of these basins throughout the month of February. If this factor was present, the flood that reached the maximum level of 15.79 m on 02/17/2021 could be even more significant. The most extreme floods were observed in other basins in the State of Acre and with less intensity in the Acre River basin. From the first week of February, days before the Acre River reached the warning level, CPRM had already established contact with state and municipal civil defences, giving its share of contribution to better flood management in the state. This fact was only possible with the implementation of rain-flow forecast models, capable of incorporating rain forecasts by Ensemble to the hydrological models operating in the region.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. BACIA DO RIO ACRE E MONIOTORAMENTO HIDROLÓGICO	13
3. HISTÓRICO DE OPERAÇÃO DO SAH ACRE	15
4. HIDROCLIMATOLOGIA DA BACIA DO RIO ACRE	17
4.1 Clima	17
4.3 Regime hidrológico	21
4.4 Análise de frequência de cheias	23
5. DESCRIÇÃO DA CHEIA DE 2021	26
5.1 Chuvas.....	26
5.2 Níveis e vazões dos rios	30
5.3 Impactos da cheia na bacia	33
6. OPERAÇÃO REALIZADA EM 2021.....	35
8. AGRADECIMENTOS AOS PARCEIROS	37
9. CONCLUSÕES	37
10. Referências Bibliográficas.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da bacia do rio Acre, com destaque para as sub-bacias que compõem a bacia, que apresenta a estação de Rio Branco em seu trecho mais à jusante.	14
Figura 2: Diagrama unifilar da bacia do rio Acre, com destaque para as estações de monitoramento, sedes municipais, os principais afluentes do rio, áreas de drenagem e distância entre as estações.	15
Figura 3: Mapa de climas de acordo com classificação de Koppen-Geiger na América do Sul (Fonte: Peel et al., 2007).	18
Figura 4: Atlas pluviométrico do Brasil – Isoietas de totais anuais médios (1977 a 2006).	19
Figura 5: Atlas pluviométrico do Brasil com o recorte para a bacia do rio Acre – Chuva média de 235 milímetros.	19
Figura 6: Chuva média mensal – dados MERGE/INPE – período de 2000 a 2020.	20
Figura 7: Variação sazonal dos níveis na estação de Rio Branco.	21
Figura 8: Variação sazonal dos níveis na estação de Xapuri.	22
Figura 9: Variação sazonal dos níveis na estação de Brasiléia.	22
Figura 10: Variação sazonal dos níveis na estação de Assis Brasil.	23
Figura 11: Relação entre períodos de recorrência e vazões máximas anuais nas quatro principais estações na calha do rio Acre.	25
Figura 12: Anomalias de precipitação na bacia do rio Acre ao longo meses que antecederam as cheias (Fonte do dado: https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/global_daily/tifs/p05/ , créditos ao analista em geociências pela CPRM Daniel Medeiros Moreira pela geração da figura).	29
Figura 13: Variação sazonal dos níveis e cotograma da cheia de 2021 na estação de Rio Branco.	30

Figura 14: Variação sazonal dos níveis e cotograma da cheia de 2021 na estação de Xapuri.....	31
Figura 15: Variação sazonal dos níveis e cotograma da cheia de 2021 na estação de Brasília.	32
Figura 16: Variação sazonal dos níveis e cotograma da cheia de 2021 na estação de Assis Brasil.	32
Figura 17: Fotos da inundação no estado do Acre. As 12 primeiras fotos, mostram o efeito da inundação em Rio Branco, represando igarapés e provocando a inundação de casas e comércios, sendo os danos mais intensos observados no bairro São Francisco. As duas últimas foram observadas em Sena Madureira, localizada às margens do rio Iaco e Tarauacá, às margens do rio Tarauacá (Fonte: SECOM/AC).....	35
Figura 18: Previsão de níveis em Rio Branco utilizando o modelo SMAP, previsão de precipitação por ensemble a partir do modelo GEFS, evapotranspiração do SSEBOP e chuvas do MERGE/INPE.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estações de Monitoramento Fluviométrico de interesse na bacia do rio Acre.....	14
Tabela 2: Municípios atendidos com previsão hidrológica e dados gerais dos municípios.....	15
Tabela 3: Altura de chuvas nas estações de Rio Branco e Xapuri de 24 horas de duração para diferentes períodos de retorno.....	20
Tabela 4: Cotas e vazões máximas anuais (em cm e m ³ /s, respectivamente) nas estações de interesse na bacia do rio Acre.	23
Tabela 5: Parâmetros ajustados da distribuição de Gumbel, utilizando o método da máxima verossimilhança aos dados das estações de monitoramento do alerta do Acre.....	26
Tabela 6: Altura de chuvas nas estações de Rio Branco e Xapuri de 24 horas de duração para diferentes períodos de retorno (Legenda: *apresentou falhas durante operação; -sem curva IDF definida para o local).....	30
Tabela 7: Vazões e níveis máximos observados em 2021 nas estações que fazem parte do alerta e estimativa dos respectivos períodos de retorno.	32
Tabela 8: Danos humanos, materiais e econômicos informados na bacia do rio Acre pelo Relatório Gerencial da defesa civil nacional (Fonte: Brazil, 2019, disponível em s2id.mi.gov.br)	33

1. INTRODUÇÃO

O Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Acre (SAH Rio Acre) apresenta seu Relatório Anual de Operação de 2021. Neste relatório será apresentada uma descrição geral do monitoramento feito na bacia e um histórico da operação do SAH Acre. Será feita ainda uma caracterização da bacia em seus aspectos hidroclimatológicos, incluindo caracterização do clima, chuvas e hidrologia, com foco na caracterização das cheias. Será descrita também a cheia de 2021 no rio Acre, considerando as chuvas, vazões e níveis observados na bacia, além dos impactos das cheias sobre a população. Por fim, serão tratados aspectos relevantes da operação deste ano e a repercussão nos meios de comunicação.

2. BACIA DO RIO ACRE E MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

Na Figura 1 é apresentado um mapa da bacia do rio Acre, com destaque para a área à montante do núcleo urbano de Rio Branco. São apresentadas ainda as estações que compõem a rede de monitoramento da região. Dados dessas estações são detalhados na Tabela 1. Na região monitorada, o rio Acre banha os municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasiléia e Assis Brasil e possui dois principais afluentes, ambos pela margem esquerda do rio principal: o rio do Rola e o rio Xapuri. O maior deles é o rio do Rola, que desemboca no rio Acre já no município de Rio Branco, contribuindo com cerca de 27% dos 23.433 km² da bacia monitorada, sendo um rio importante para a previsão hidrológica em Rio Branco. Neste rio, as estações de Espalha e Rio Rola encontram-se operacionais. Já o rio Xapuri, possui cerca de 17% da área de contribuição do rio Acre.

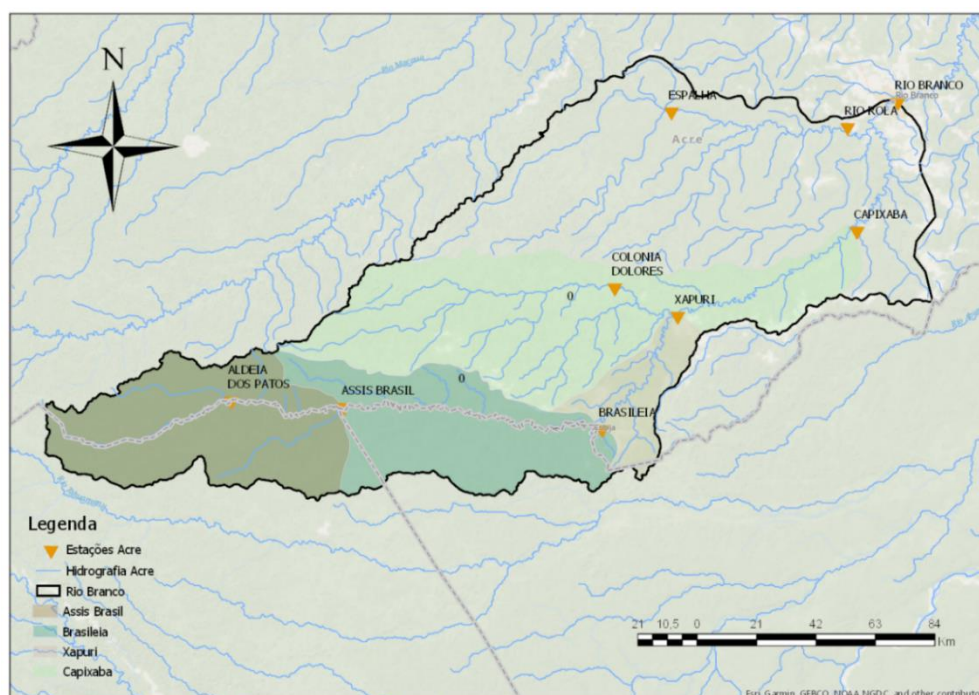


Figura 1: Mapa da bacia do rio Acre, com destaque para as sub-bacias que compõem a bacia, que apresenta a estação de Rio Branco em seu trecho mais à jusante.

Tabela 1: Estações de Monitoramento Fluviométrico de interesse na bacia do rio Acre.

Nome	Código	Rio	Município	Área (km ²)
ASSIS BRASIL	13450000	ACRE	ASSIS BRASIL	3.728
BRASILÉIA	13470000	ACRE	BRASILÉIA	7.193
XAPURI	13550000	ACRE	XAPURI	13.049
RIO BRANCO	13600002	ACRE	RIO BRANCO	23.433
CAPIXABA	13568000	ACRE	CAPIXABA	15.000
ESPALHA	13572000	DO ROLA	RIO BRANCO	3.210
RIO ROLA	13578000	DO ROLA	RIO BRANCO	6.330

Elaborado pelo Autor (2021)

Na Figura 2, a bacia é representada por meio do diagrama unifilar. Esse diagrama é uma representação cartográfica, sintética e esquemática da organização estrutural da rede fluvial. Nessa representação, os rios são representados por linhas conectados por nós, que representam as confluências. No diagrama unifilar do rio Acre, também são indicadas informações das estações de monitoramento da bacia, incluindo seu nome, código e área de drenagem, os nomes dos rios e as distâncias entre as estações. Além disso, as sedes municipais são indicadas por círculos.

A distância de aproximadamente 180 km que separa as estações de Assis Brasil e Brasiléia, em média é percorrida em 28 horas pelas águas do rio Acre, enquanto

os 100 km que separam Brasília e Xapuri, em 16 horas. Os 237 km entre Xapuri e Rio Branco, em geral levam 26 horas para serem percorridos. Essas defasagens de tempo são utilizadas para que seja possível prever os níveis ao longo do rio Acre.

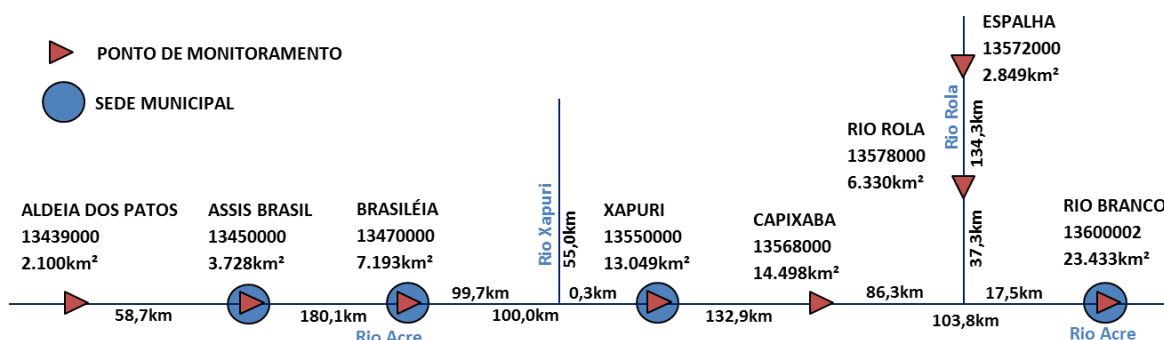


Figura 2: Diagrama unifilar da bacia do rio Acre, com destaque para as estações de monitoramento, sedes municipais, os principais afluentes do rio, áreas de drenagem e distância entre as estações.

Em termos de vulnerabilidade a inundações, as localidades onde há maior risco na bacia são as sedes municipais de Rio Branco, Xapuri e Brasília. Na Tabela 2 são indicadas as populações desses municípios e os níveis de referência utilizados para o monitoramento da bacia ao longo do período de cheias. Vale resgatar que, pelas definições hoje adotadas pela CPRM: a cota de inundação é aquela em que o primeiro dano é observado no município; a cota de alerta indica que há possibilidade elevada de ocorrência de inundação; e a cota de atenção indica que há possibilidade moderada de ocorrência de inundação.

Tabela 2: Municípios atendidos com previsão hidrológica e dados gerais dos municípios.

Municípios	População (IBGE, 2010)	Cota de referência (m)		
		Atenção	Alerta	Inundação
Rio Branco	336.038	12,5	13,5	14,0
Xapuri	16.091	11,5	12,5	13,4
Brasileia	21.398	8,8	9,8	11,4
Epitacionlândia	15.100	8,8	9,8	11,4

Elaborado pelo Autor (2021)

3. HISTÓRICO DE OPERAÇÃO DO SAH ACRE

Em janeiro de 2012, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) iniciou o desenvolvimento do Projeto de Alerta de Cheias na Bacia do Rio Acre. Naquele ano, foram realizadas campanhas de campo para reconhecimento da bacia, visita às estações já existentes, verificação de seu funcionamento e das condições dos locais da instalação. Em 2013, a CPRM iniciou a implantação de Plataformas de Coletas de Dados (PCDs), que são estações automáticas que medem o nível do rio e altura pluviométrica, cuja transmissão de dados é feita em tempo real. Ainda no período chuvoso de 2013, o nível do rio Acre por duas vezes superou a cota de transbordamento na capital Rio Branco.

Ao longo do ano de 2014, a equipe técnica da Residência de Porto Velho desenvolveu a metodologia para ser empregada na realização de previsão de níveis nos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasiléia/Epitaciolândia e Assis Brasil. Em dezembro de 2014 o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Acre (SAH Rio Acre) iniciou sua operação pela primeira vez.

Já com o SAH Rio Acre em operação, o rio Acre vivenciou em fevereiro/março de 2015 sua maior enchente já registrada. Essa cheia inundou todos os municípios localizados às margens do Rio Acre. Em Rio Branco, o rio Acre atingiu a marca histórica de 18,40 m e seu nível chegou a estar mais de 4 metros acima da cota de inundação do município. Naquele evento o SAH Rio Acre teve papel importante no auxílio à gestão da mitigação dos impactos provocados, realizando previsões de níveis com a antecedência e emitindo boletins informativos às autoridades competentes.

Desde então, os modelos de previsão foram aperfeiçoados e novas abordagens também foram incorporadas ao monitoramento. A principal dessas novas abordagens, incorporada operacionalmente ao boletim em dezembro de 2020, foi a utilização do modelo hidrológico SMAP. Nessa abordagem, são utilizados: dados de evapotranspiração do produto SSEBOP (Senay et al., 2013, 2007), disponibilizado pelo o USGS; estimativas de chuvas utilizando-se o produto MERGE/INPE (Rozante et al., 2010); e previsão de chuvas por *Ensemble* com modelo meteorológico GEFS (Zhu et al., 2018). Essa abordagem será descrita com maiores detalhes ao longo deste relatório.

Desde 2015, o rio Acre ultrapassou a cota de inundação em Rio Branco em 2018, 2019 e 2020, quando atingiu as cotas máximas anuais de 14,19 m, 14,93 m e 14,42 m, respectivamente. A frequência com que inundações são observadas na

bacia, com significativos danos à comunidade, justifica sua priorização como uma das bacias a serem objeto de sistemas de alertas de cheias por parte da CPRM, que desde 2014 vem avançando na melhoria de seus sistemas de coleta e transmissão de dados, modelagem hidrológica e comunicação de risco de inundação.

4. HIDROCLIMATOLOGIA DA BACIA DO RIO ACRE

Neste capítulo, será feita uma breve descrição das principais características hidroclimatológicas da bacia do rio Acre. Características gerais do clima da região serão apresentados, incluindo-se: os principais elementos geradores de chuvas na região; regime pluviométrico; e regime hidrológico, com foco na ocorrência de cheias.

4.1 CLIMA

A bacia do rio Acre, localizada no limite leste do estado do Acre, encontra-se em uma região de transição de diferentes classificações de clima, conforme a classificação de Köppen-Geiger (Figura 3). Em uma área de aproximadamente 23.500 km² são observadas características típicas de Floresta Tropical (clima do tipo Af, onde no mês mais seco chove ao menos 60 mm), Savana (Aw, onde no mês mais seco não ocorre praticamente nenhuma chuva) e clima Tropical de Monção (Am – que é um clima intermediário entre a Floresta Tropical e a Savana) (Peel et al., 2007).

Estudos recentes, indicam que as cheias e secas da bacia do rio Acre são fortemente correlacionados com esses eventos em outras bacias, principalmente com a bacia do rio Madeira (Santos et al., 2020). Essa conexão entre a formação das cheias nessa bacia e em bacias situadas em clima de Monção e Savana indicam também a forte influência que a bacia do rio Acre pode ter do Sistema de Monção da América do Sul, considerando que o fato meteorológico determinante do fim da estação seca na região e início das chuvosas, é o estabelecimento dos canais de umidade entre a Amazônia e o centro sul do Brasil, típicos desse tipo de clima (Marengo et al., 2012).

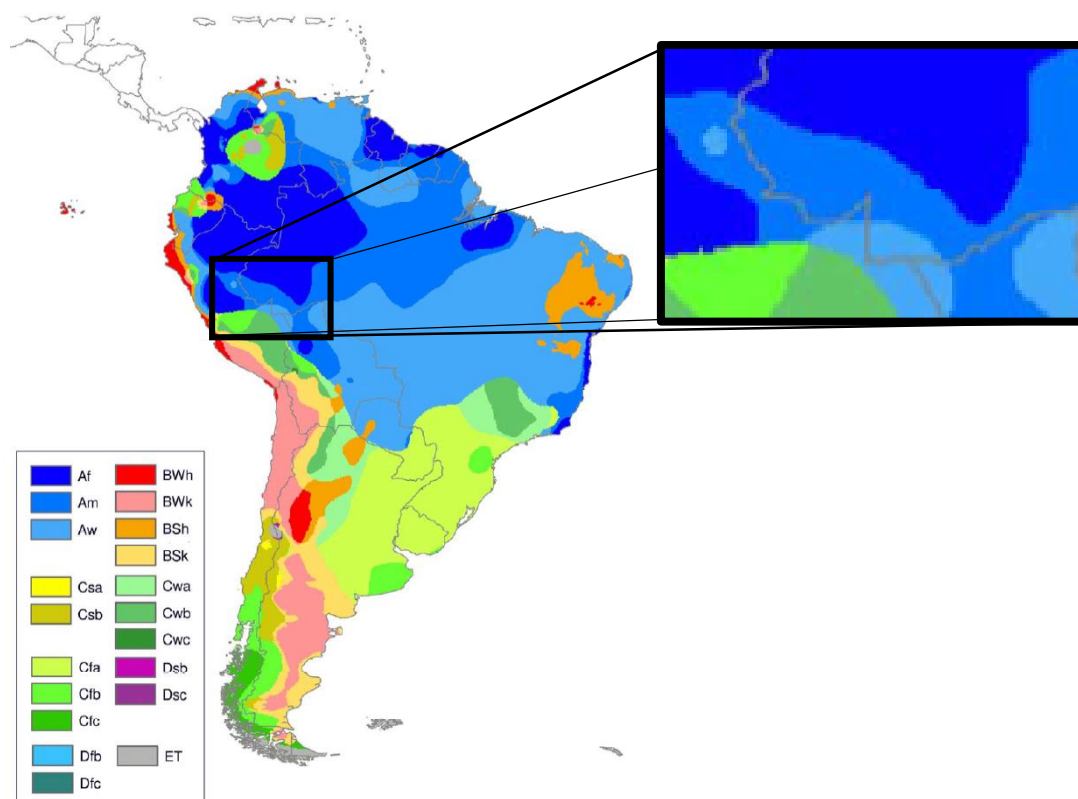


Figura 3: Mapa de climas de acordo com classificação de Köppen-Geiger na América do Sul (Fonte: Peel et al., 2007).

4.2 REGIME PLUVIOMÉTRICO

Dados do Atlas Pluviométricos do Brasil (CPRM, 2011), indicam acumulados anuais na bacia da ordem de 1.700 mm ao ano (Figura 4). Dados também do Atlas, indicam que os trimestres mais chuvosos na bacia são os trimestres de DJF e JFM, ambos com precipitação da ordem de 235 mm ao mês (Figura 5). As médias de precipitações indicadas pelo Atlas são referentes ao período de 1977 a 2006.

Já para o período mais recente, entre 2000 a 2020, estimativas de precipitações feitas pelo produto MERGE/INPE (Rozante et al., 2010), que combina estimativas de chuvas feitas com o auxílio de satélite e dados de pluviômetros, indicam chuvas médias anuais na bacia da ordem de 1755 mm ao ano (Figura 6). Os meses mais chuvosos são os meses de janeiro (273 mm), fevereiro (261 mm), dezembro (237 mm) e março (226 mm), o que é consistente com o Atlas Pluviométrico (Figura 6), embora as médias dos trimestres DJF e JFM sejam um pouco superiores, 256 mm e 253 mm, respectivamente. Essas diferenças podem decorrer tanto das diferentes formas de estimativa das cheias, quanto do período de observação das chuvas.

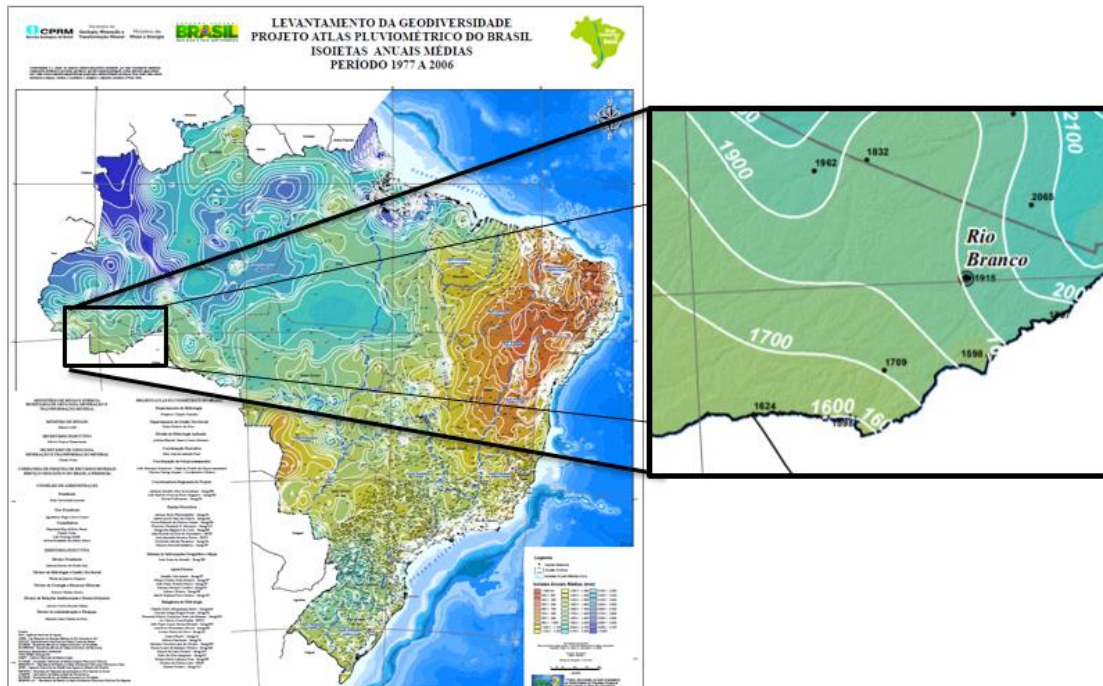


Figura 4: Atlas pluviométrico do Brasil – Isoietas de totais anuais médios (1977 a 2006).

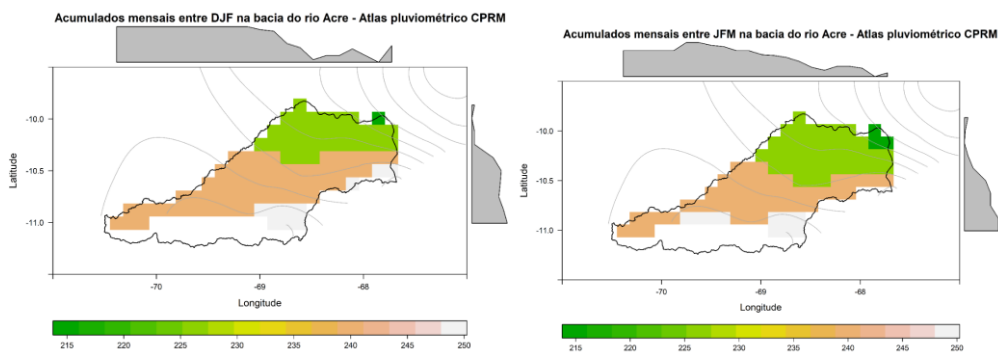


Figura 5: Atlas pluviométrico do Brasil com o recorte para a bacia do rio Acre – Chuva média de 235 milímetros.

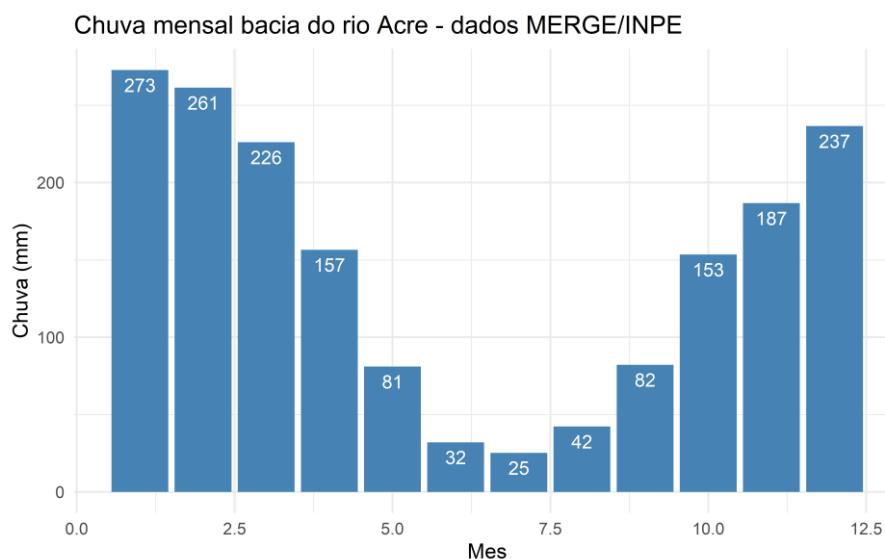


Figura 6: Chuva média mensal – dados MERGE/INPE – período de 2000 a 2020.

No que diz respeito às chuvas intensas na área de estudo recorreu-se também aos resultados do Atlas Pluviométrico (CPRM, 2011). No Atlas, as chuvas intensas são caracterizadas por meio das equações intensidade-duração-frequência (Equações – IDF) e dados para os municípios de Xapuri e Rio Branco são disponibilizados. No Estado do Acre e na bacia do rio Acre, essas são as duas localidades em que as chamadas curvas IDF estão disponíveis no Atlas.

Na Tabela 3 são apresentadas as saídas das curvas IDF para a duração de 24 horas nas estações Xapuri e Rio Branco, para diferentes períodos de retorno. Por essa tabela, observa-se, por exemplo, que a chuva de Tempo de Recorrência de 2 anos, à qual corresponde a uma chance de 50% de ocorrer anualmente, é de 99 mm em 24 horas em Rio Branco e 107 mm em 24 horas em Xapuri.

Tabela 3: Altura de chuvas nas estações de Rio Branco e Xapuri de 24 horas de duração para diferentes períodos de retorno.

Tempo de Retorno (anos)	Altura de chuva em mm											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
RIO BRANCO	99	122	140	150	157	163	175	181	185	191	196	198
XAPURI	107	127	143	152	158	163	168	174	179	183	188	195

Fonte: CPRM (2011)

4.3 REGIME HIDROLÓGICO

Como foi visto anteriormente na breve climatologia descrita acima, o clima da bacia tem características de clima de monção e savana, com verão chuvoso e inverno seco. Essa característica condiciona a hidrologia regional. Entre a Figura 7 e a Figura 10 são apresentadas as variações anuais de níveis nas principais estações fluviométricas instaladas ao longo da calha do rio Acre. Em todas elas, a característica de um verão chuvoso, consequência da formação de canais de umidade conectando a região Amazônica e o Centro-sul do Brasil (Marengo et al., 2012; Santos et al., 2020), se vê refletida na oscilação dos níveis nos rios.

No rio Acre, o predomínio de níveis elevados dos rios ocorre entre os meses de dezembro a maio, cobrindo o verão e outono na região. Os meses mais frequente para ocorrência de níveis máximos anuais na bacia são fevereiro e março. Nesses meses, as duas principais condições para formação das cheias na bacia estão presentes: umidade suficiente armazenada no solo da bacia; e chuvas intensas em períodos mais curtos.

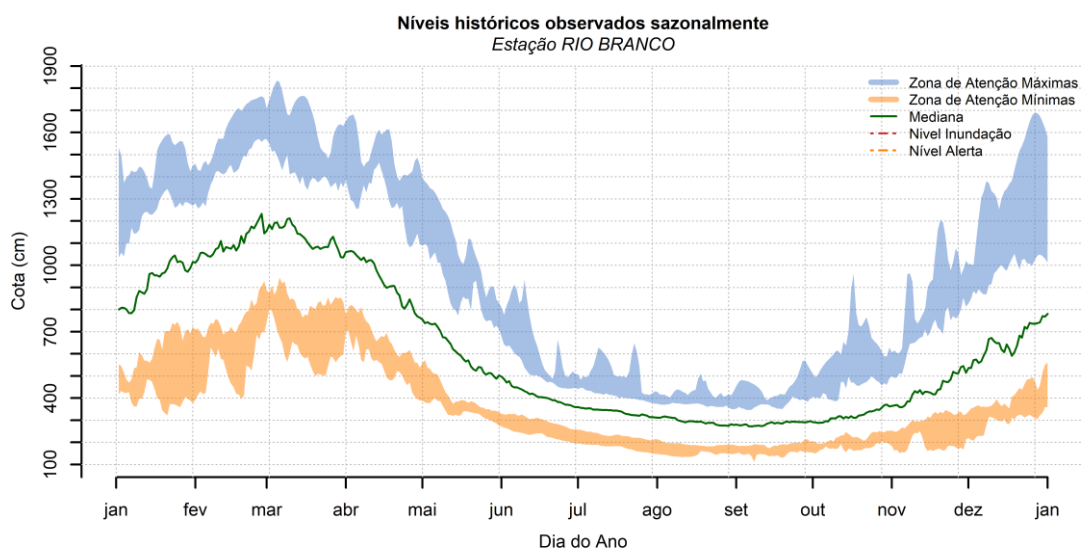


Figura 7: Variação sazonal dos níveis na estação de Rio Branco.

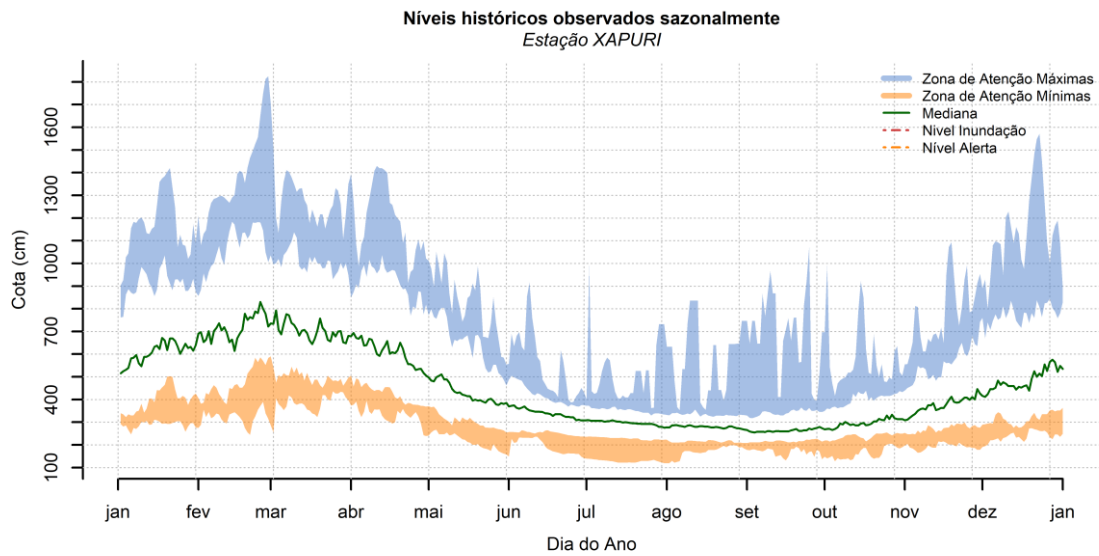


Figura 8: Variação sazonal dos níveis na estação de Xapuri.

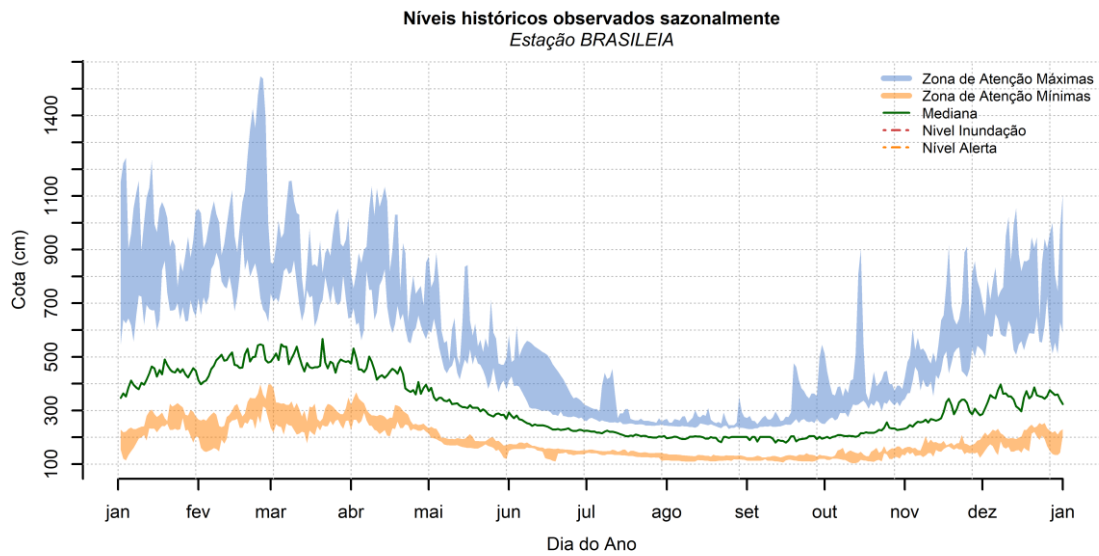


Figura 9: Variação sazonal dos níveis na estação de Brasiléia.

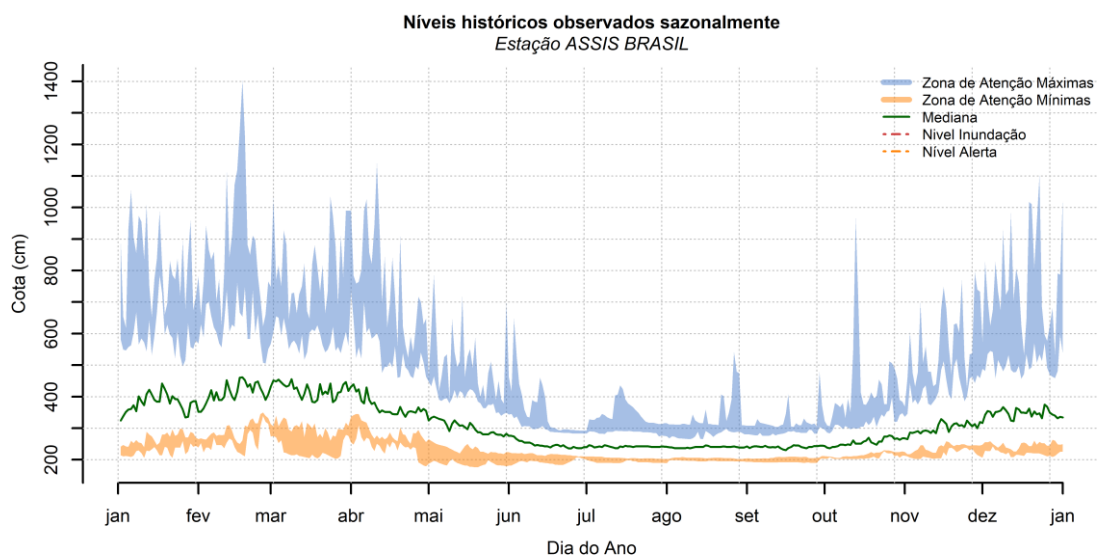


Figura 10: Variação sazonal dos níveis na estação de Assis Brasil.

4.4 ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE CHEIAS

Neste tópico serão apresentadas estatísticas de níveis e vazões máximos anuais, bem como será feita uma análise de frequência de vazões extremas, para que se possa ter de referência na análise da cheia de 2021. As vazões e níveis máximos anuais são apresentados na Tabela 4. Nessa tabela, são apresentados esses valores para as 4 principais estações localizadas na calha do rio Acre: Assis Brasil, Brasília, Xapuri e Rio Branco. A partir desses valores serão feitas as análises de frequência de cheias para esses locais.

Tabela 4: Cotas e vazões máximas anuais (em cm e m³/s, respectivamente) nas estações de interesse na bacia do rio Acre.

Ano Hidrológico	13450000		13470000		13550000		13600002	
	Cota (cm)	Vazão (m ³ /s)	Cota (cm)	Vazão (m ³ /s)	Cota (cm)	Vazão (m ³ /s)	Cota (cm)	Vazão (m ³ /s)
1968					795	466	1325	1188
1969					999	712	959	599
1970					1234	1032	1345	1225
1971					1282	1102	1629	1805
1972					1486	1412	1623	1792
1973					1253	1060	1475	1478
1974					1273	1089	1686	1933
1975					1217	1008	1400	1329
1976					1281	1100	1536	1604
1977					1221	1014	1521	1573
1978					1429	1323	1508	1546
1979					1571	1549	1690	1942
1980					1091	833	1137	864
1981					1255	1062	1442	1412
1982					1300	1128	1558	1651

Ano Hidrológico	13450000		13470000		13550000		13600002	
	Cota (cm)	Vazão (m ³ /s)	Cota (cm)	Vazão (m ³ /s)	Cota (cm)	Vazão (m ³ /s)	Cota (cm)	Vazão (m ³ /s)
1983	745	603	887	861	1074	811	1353	1240
1984	1026	1312	1136	1488	1421	1311	1613	1770
1985	982	1187	1054	1265	1160	928	1487	1503
1986	764	647	984	1090	1298	1125	1572	1681
1987	629	369	708	518	990	701	1234	1025
1988	1011	1269	1120	1440	1236	1035	1711	1991
1989	771	664	862	806	1061	793	1414	1357
1990	1034	932	1241	1803			1429	1451
1991	990	800	1019	1178	1420	1309	1562	1721
1992	885	932	903	897	949	806	1329	1283
1993	927	1039	1155	1545	1257	1373	1425	1458
1994			1128	1464	826	613	1487	1575
1995			911	915	879	694	1515	1680
1996	573	312	923	943	1136	1137	1402	1415
1997	816	768	1017	1172	1411	1699	1766	2145
1998	821	780	846	772	1006	902	1281	1198
1999	987	957	1078	1325	1375	1620	1593	1783
2000	927	1039	1021	1182	1229	1317	1232	1114
2001	816	768	869	822	1209	1277	1448	1501
2002	1007	1257	1234	1780	1251	1361	1449	1503
2003	880	920	932	964	1098	1066	1338	1299
2004	1111	1571	1093	1362	1303	1468	1419	1447
2005	913	1003	894	876	1069	1013	1440	1485
2006	885	932	1033	912	1408	1692	1672	1944
2007	910	996	925	743	1089	1050	1272	1183
2008	990	174	925	743	1094	1059	1390	1393
2009	1017	1270	945	773	1230	1318	1550	1698
2010	859	870	939	764	1125	1116	1550	1697
2011	1140	1664	1134	1083	1419	1701	1614	2142
2012	1403	2608	1426	1657	1556	2010	1764	2880
2013	1034	1169	1052	943	1256	1359	1529	2034
2014	958	956	1157	1125	1209	1269	1673	2529
2015	1101	1312	1546	1921	1824	2504	1835	3208
2016	750	439	782	543	891	731	1126	1030
2017	1119	1374	1078	986	1058	985	1323	1468
2018	938	909	944	824	1144	1127	1419	1724
2019	1031	1167	1081	1045	1199	1222	1493	1942
2020	1054	1237	1156	1174	1202	1228	1442	1790
N	36	36	38	38	52	52	53	53
Média	939	1006	1030	1097	1212	1166	1471	1589
SD	155	433	164	348	195	360	171	467

Elaborado pelo Autor (2021)

Os mesmos dados da Tabela 4 são apresentados de forma gráfica na Figura 11. Na figura, também são apresentadas estimativas de períodos de frequência empírica, estimados pela expressão de Cunnane, que fornece uma forma de se

estimar quantis empíricos aproximadamente não-enviesados para quase todas as distribuições de probabilidades (Naghetini e Pinto, 2007; Stedinger et al., 1993).

Vale mencionar que as análises de frequência de valores extremos são feitas com base nas séries de vazões máximas anuais consistidas, disponíveis no banco de dados HidroWeb (ANA, 2017). Devido a eventuais mudanças de posição das estações, bem como devido à geometria não uniforme no trecho superior das calhas dos rios, quando as vazões extravasam a calha, a análise de frequência de cotas não é recomendável.

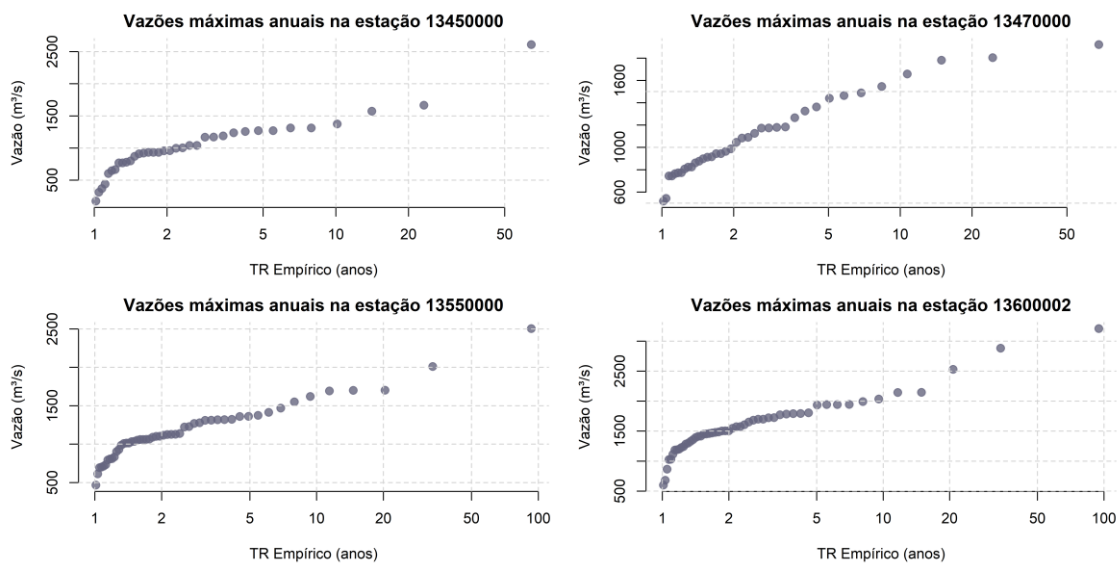


Figura 11: Relação entre períodos de recorrência e vazões máximas anuais nas quatro principais estações na calha do rio Acre.

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

Vale lembrar que a distribuição de probabilidades de Gumbel é um caso específico da distribuição GEV, em que o parâmetro de forma é igual a zero (Naghetini e Pinto, 2007). Como a distribuição GEV necessita de três parâmetros para ser definida e a distribuição de Gumbel de dois; e como, além disso, a estimativa do terceiro parâmetro da distribuição GEV, implica em grandes

incertezas, sobretudo utilizando-se a estimativa por máxima verossimilhança com amostras de pequena magnitude (Reis e Stedinger, 2005); assumiu-se a premissa, portanto, de que utilizar a distribuição Gumbel, em princípio seria preferencial em relação à distribuição GEV.

Sendo assim, foi feito o teste de máxima verossimilhança, testando-se a hipótese nula de se utilizar a distribuição GEV (Gilleland e Katz, 2016) e em todas as estações do rio Acre, o teste resultou que o uso da distribuição Gumbel é plausível. Sendo assim, na Tabela 5 são apresentados os parâmetros ajustados da distribuição de Gumbel nesses locais, utilizando-se o método da máxima verossimilhança. Esses parâmetros serão utilizados para as estimativas de tempos de retorno das vazões observadas em 2021 mais adiante neste relatório.

Tabela 5: Parâmetros ajustados da distribuição de Gumbel, utilizando o método da máxima verossimilhança aos dados das estações de monitoramento do alerta do Acre.

Estação	Parâmetro de posição	Parâmetro de escala
RIO BRANCO	1375	408
XAPURI	1007	297
BRASILEIA	936	277
ASSIS BRASIL	812	371

Elaborado pelo Autor (2021)

5. DESCRIÇÃO DA CHEIA DE 2021

Neste capítulo serão descritas as principais características da cheia de 2021, com destaque a uma descrição geral das precipitações observadas e comparação da máxima chuva anual com a curva IDF; comparação da cheia de 2021 com o histórico das cheias anteriores; descrição geral dos danos observados na bacia do rio Acre.

5.1 CHUVAS

Do ponto de vistas das chuvas, o ano hidrológico de 2020-2021 foi marcado por chuvas acima da média desde o mês de dezembro/2020 até abril/2021 (Figura 12). Isso ocorreu especialmente no mês de fevereiro. Neste mês, que foi aquele em que as cotas máximas de 2021 foram observadas, a anomalia de chuva na bacia do rio Acre, considerando a bacia delimitada pela estação de Rio Branco e segundo o estimador de chuvas CHIRPS (Funk et al., 2015), foi de cerca de 144 mm. Ou seja, esperavam-se chuvas de 274 mm em fevereiro, mas foram

estimados 418 mm em média na bacia do rio ao longo de fevereiro de 2021. O estimador de chuvas MERGE/INPE estima uma anomalia menor, ainda assim, estima também anomalias significativamente positivas ao longo do mês (117 mm). Conforme estimativas do MERGE/INPE, o mês de fevereiro de 2021 foi o segundo mês de fevereiro mais chuvoso desde 2001, tendo sido observadas chuvas maiores apenas no ano de 2010.

No período acumulado entre dezembro de 2020 e março de 2021, o modelo CHIRPS estimou anomalias da bacia da ordem de 275 mm, o que significa que, ao invés de 1002 mm esperados no quadrimestre, foram observados 1277 mm. O modelo MERGE/INPE estimou anomalias um pouco maiores (370 mm a mais do que o valor esperado para o período). Para fins de comparação, a anomalia de 275 mm estimada pelo CHIRPS é equivalente à chuva média esperada para o mês de janeiro (Figura 6), ou seja, é como se um mês de janeiro a mais houvesse ocorrido neste ano de 2021.

Considerando-se a distribuição espacial das chuvas, a Figura 12 auxilia este tipo de análise. Por exemplo, observa-se que tanto nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, as maiores anomalias foram observadas no limite nordeste da bacia, nas proximidades de Rio Branco. Apenas em março que a anomalia foi mais pronunciada na região de Assis Brasil. Essa constatação, indica que os acumulados de chuvas deste ano foram mais significativos na parcela nordeste da bacia, nas proximidades de Rio Branco e menos significativas em suas nascentes.

O mês de janeiro de 2021 é particularmente exemplar desse fato (Figura 12). Neste mês a distribuição espacial das chuvas indica anomalias da ordem de 100 mm das chuvas observadas nas proximidades de Rio Branco e anomalias negativas da ordem de -70 mm na região de Assis Brasil. Isso implica que, em fevereiro, quando as chuvas mais intensas foram observadas na bacia como um todo, a umidade acumulada no solo da bacia na região de Assis Brasil era muito mais baixa do que na metade nordeste da bacia. Tal fato não favoreceu a formação das cheias nas estações de Assis Brasil, Brasiléia e Xapuri. Já nas bacias do rio Rola e nas proximidades de Rio Branco, pelo contrário, houve condições favoráveis para a formação de volumes expressivos de água nas bacias.

Além das estimativas de chuvas feitas por meio de ferramentas de sensoriamento remoto, dados de pluviômetros também foram coletados ao longo do período de

cheias. Esses dados coletados pontualmente permitem comparações com as curvas IDF estimadas por CPRM (2011) e já indicadas na Tabela 3. Vale mencionar que a estação de Rio Branco apresentou falhas em fevereiro e não registrou as chuvas ocorridos desde então. Assim, a comparação em Rio Branco só pode ser feita com dados até janeiro de 2021.

As máximas intensidade observadas em um período de 24 horas na estação de Rio Branco foi de 70 mm, observada em 19 de janeiro de 2021, e em Xapuri, a máxima observada no período foi de 129 mm em 22 de dezembro de 2020 (Tabela 6). Comparando-se esses dados com as chuvas IDF, o tempo de retorno da chuva observada em Xapuri foi de 5 anos (ao qual corresponde a uma probabilidade de 20% de ser observada em um determinado ano) e em Rio Branco o tempo de retorno estimado foi de menos de 2 anos (ou seja, corresponde a uma probabilidade maior de 50% de ser observada em um dado ano).

Interessante observar que as datas da ocorrência das chuvas mais intensas em Xapuri e Rio Branco não coincidem com os níveis máximos observados neste ano. Isso ocorre porque não só uma chuva intensa no período de 24 horas por exemplo que determina a formação das chuvas em Rio Branco, mas também: a umidade do solo antecedente a chuva observada ao longo de uma sequência de dias; e as chuvas observadas em toda área da bacia, e não apenas pontualmente em Rio Branco. Já Assis Brasil e Brasília, que apresentam menor área de drenagem (3.728 km² e 7.193 km², respectivamente) e que, assim apresentam uma resposta mais rápida à ocorrência de chuvas, essas datas são mais próximas. Em Assis Brasil, a defasagem entre a chuva mais intensa e o pico do nível neste ano foi de 1 dia, e em Brasília de 3 dias. Isso indica que, nessas localidades, o monitoramento das chuvas é crucial para melhoria das previsões de níveis.

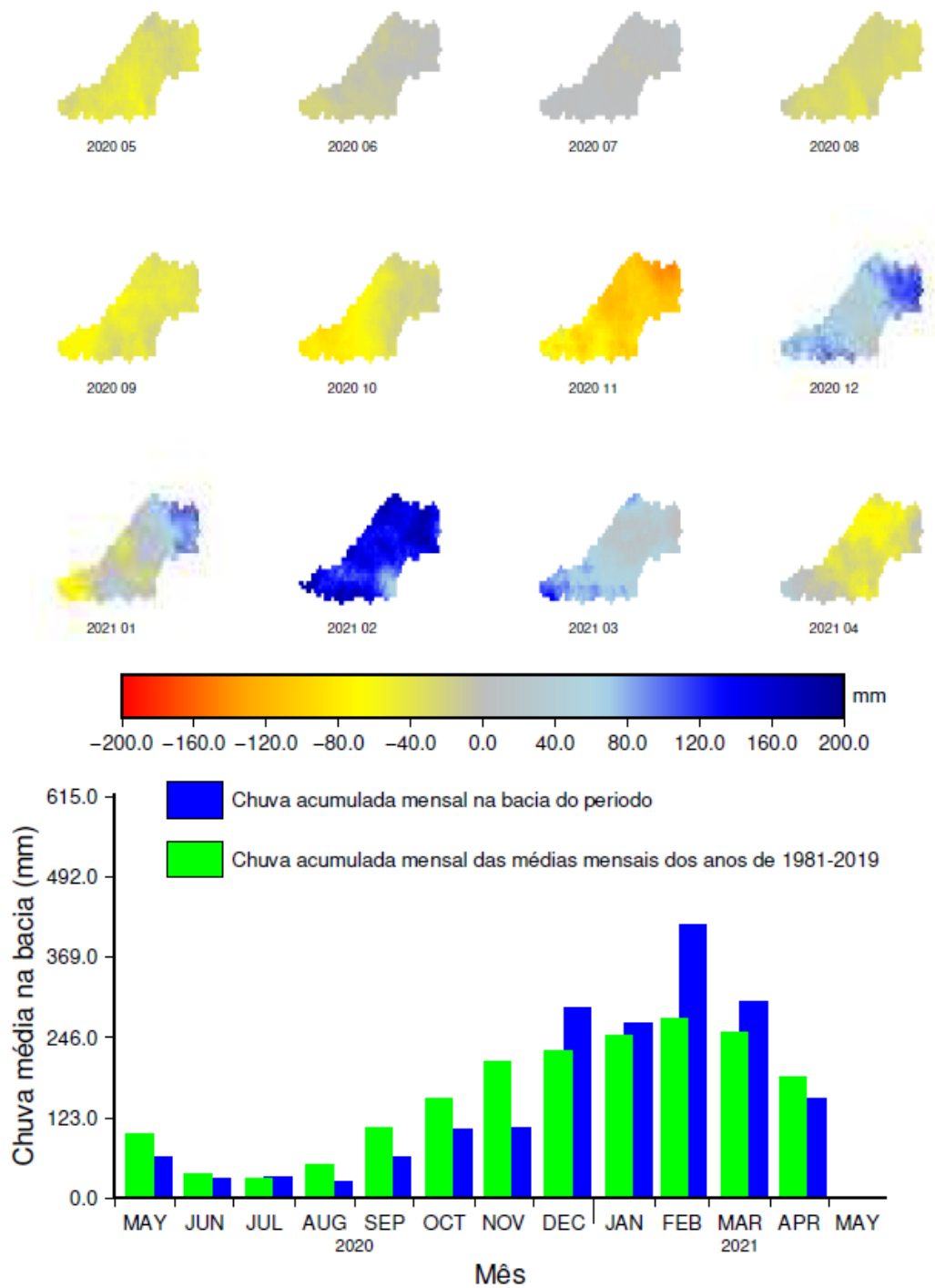


Figura 12: Anomalias de precipitação na bacia do rio Acre ao longo meses que antecederam as cheias (Fonte do dado: https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/global_daily/tifs/p05/, créditos ao analista em geociências pela CPRM Daniel Medeiros Moreira pela geração da figura).

Tabela 6: Altura de chuvas nas estações de Rio Branco e Xapuri de 24 horas de duração para diferentes períodos de retorno (Legenda: *apresentou falhas durante operação; -sem curva IDF definida para o local).

Estação	Máxima observada (mm)	Data da máxima	Tempo de Retorno
RIO BRANCO*	70	19/01/2021	< 2 anos
XAPURI	129	22/12/2020	5 anos
BRASILÉIA	110	27/12/2020	-
ASSIS BRASIL	100	27/12/2020	-

Elaborado pelo Autor (2021)

5.2 NÍVEIS E VAZÕES DOS RIOS

Com relação aos níveis e vazões máximas observadas no ano de 2021, da Figura 13 até a Figura 16, são apresentados os cotagramas das cheias de 2021 com a referência histórica para a respectiva estação ao fundo. Nessas figuras, a faixa azul remete a permanências em níveis elevados, onde se situam 10% dos níveis mais elevados dos rios naquele dia, cheias mais altas e a faixa laranja remete a permanências em níveis reduzidos, onde se situam 10% dos níveis mais baixos dos rios naquele dia.

A cheia deste ano em Rio Branco alcançou a zona de atenção para máximas em fevereiro de 2021, quando alcançou o nível máximo de 15,79 m, o que implicou na inundação da sede do município. Nas demais estações, o rio manteve-se fora da zona de atenção praticamente ao longo de todo o ano. Apenas no mês de dezembro de 2020 o rio atingiu a zona de atenção para máximas em Assis Brasil, Brasileia e Xapuri. Dados detalhados da cheia deste ano são apresentados na Tabela 7.

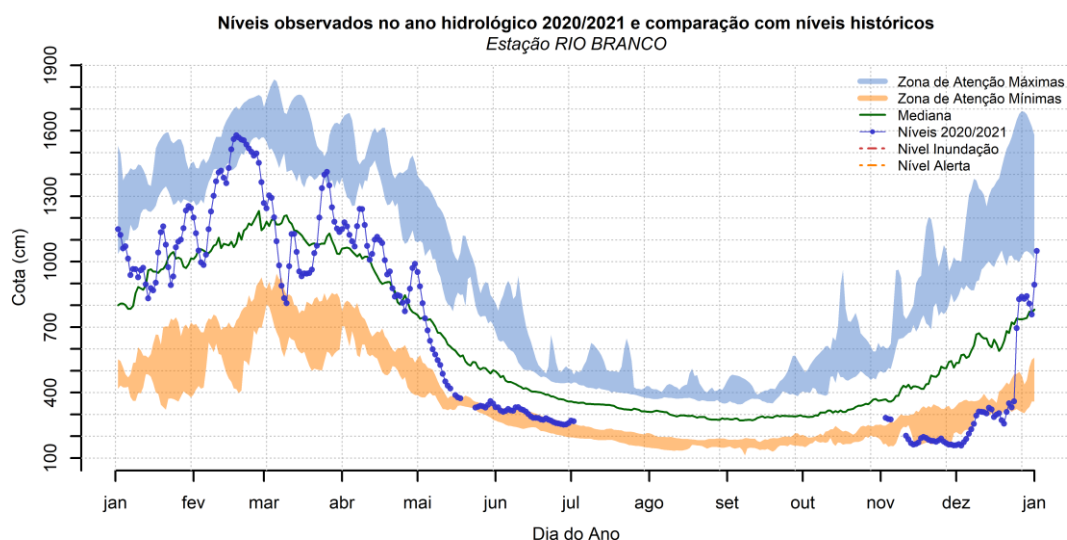


Figura 13: Variação sazonal dos níveis e cotagrama da cheia de 2021 na estação de Rio Branco.

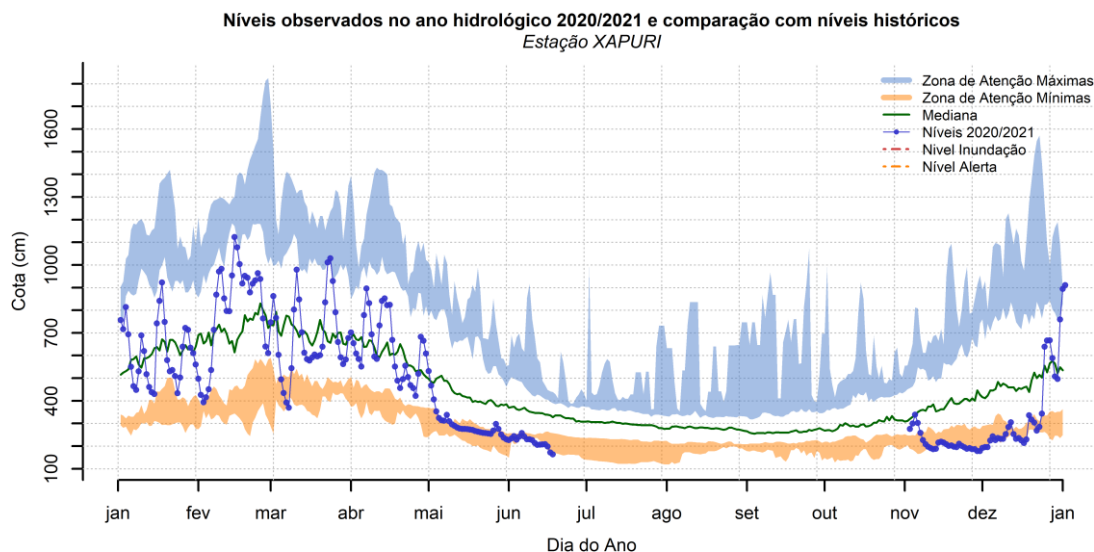


Figura 14: Variação sazonal dos níveis e cotagrama da cheia de 2021 na estação de Xapuri.

Na Tabela 7 observa-se, além dos valores das vazões e níveis máximos anuais, a data de sua ocorrência, tendo sido as máximas anuais observadas em dezembro, nas estações de Assis Brasil e Brasília, e em fevereiro, nas estações de Xapuri e Rio Branco. Já se mencionou no item anterior a coincidência, apenas com um pouco de defasagem, entre as datas das chuvas máximas anuais em Assis Brasil e Brasília, ocorridas em dezembro. Vale mencionar que, em Xapuri, as chuvas provocaram elevação dos rios em dezembro, mas não a ponto de representar risco de inundações. Nesse local, a contribuição da umidade antecedente na formação das grandes cheias em princípio é maior do que nas estações de montante.

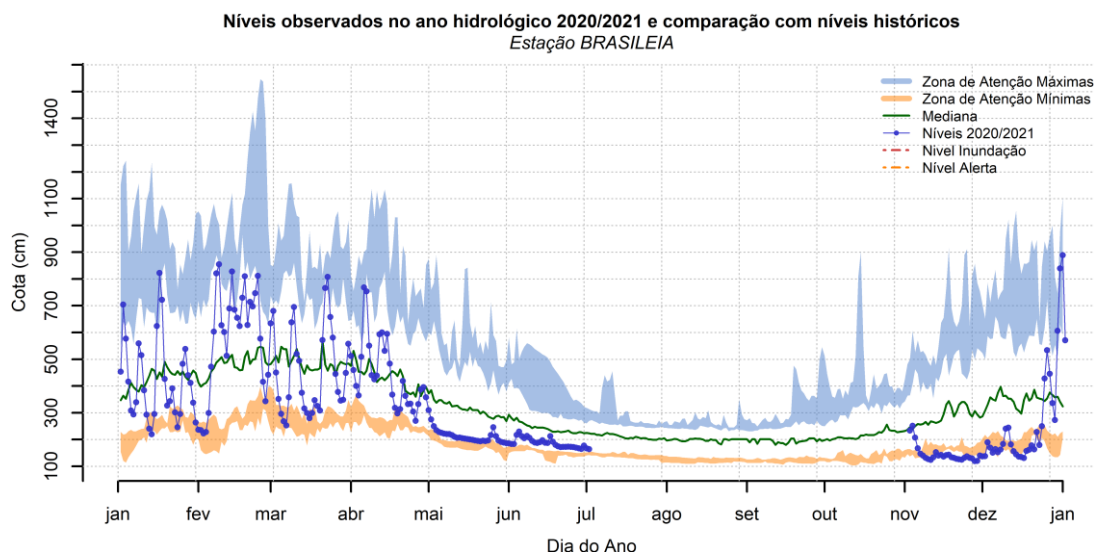


Figura 15: Variação sazonal dos níveis e cotograma da cheia de 2021 na estação de Brasília.

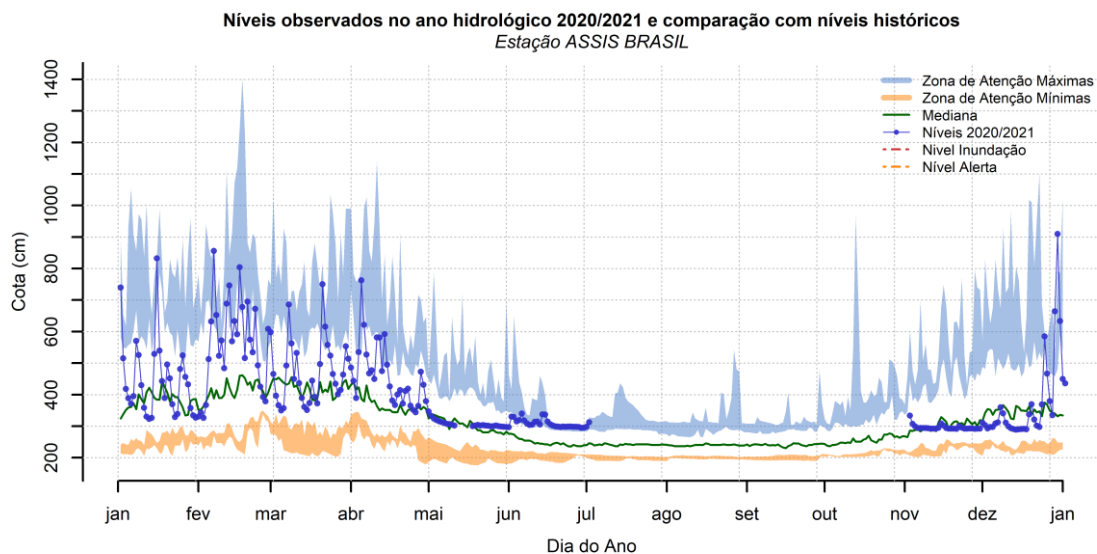


Figura 16: Variação sazonal dos níveis e cotograma da cheia de 2021 na estação de Assis Brasil.

Na mesma Tabela 7 é apresentado ainda o resultado da análise de frequência de cheias, aplicado às vazões máximas anuais observadas em 2021. Quando inseridos na equação de Gumbel, o período de retorno da cheia observada em Rio Branco neste ano, corresponde a 7 anos, ou seja, que a cada ano, existe uma probabilidade de aproximadamente 14% de uma cheia com tal magnitude seja observada. Vale mencionar que esse período de 7 anos é um período médio, sendo que cheias dessa magnitude podem ser observadas inclusive em anos consecutivos. Porém, na média do histórico, o período de 7 anos é o valor que separa cheias da ordem de 2.141 m³/s. Nas demais estações, os períodos de retorno são menores ou iguais a 2 anos, indicando que as probabilidades de ocorrência dos eventos observados em 2021 nessas estações são iguais ou maiores que 50%. Ou seja, as cheias observadas em 2021 são bastante frequentes nesses locais.

Tabela 7: Vazões e níveis máximos observados em 2021 nas estações que fazem parte do alerta e estimativa dos respectivos períodos de retorno.

Estação	Data Máxima	Cota máxima 2021 (m)	Q máxima 2021 (m ³ /s)	Probabilidade de exceder a vazão de 2021	TR (anos)
RIO BRANCO	17/02/2021	15,79	2.141	$1 - \exp(-\exp(-(Q-1375)/408)) = 0,14$	7
XAPURI	14/02/2021	11,11	1.073	$1 - \exp(-\exp(-(Q-1007)/297)) = 0,55$	2
BRASILEIA	30/12/2021	8,96	751	$1 - \exp(-\exp(-(Q-936)/277)) = 0,86$	1,2
ASSIS BRASIL	28/12/2021	8,92	791	$1 - \exp(-\exp(-(Q-812)/371)) = 0,65$	2

Elaborado pelo Autor (2021)

5.3 IMPACTOS DA CHEIA NA BACIA

A cheia de 2021 no estado do Acre foi amplamente divulgada nos meios de comunicação. Contudo, a bacia do rio Acre foi menos afetada que outras localidades a exemplo de Cruzeiro do Sul, Tarauacá e Sena Madureira. O decreto estadual 8029/2021 decretou Situação de Emergência e o Decreto nº 8084/2021 decretou, posteriormente, Estado de Calamidade Pública nos municípios de Cruzeiro do Sul, Feijó, Jordão, Mâncio Lima, Porto Walter, Rio Branco, Rodrigues Alves, Santa Rosa do Purus, Sena Madureira e Tarauacá em razão dos desastres hidrológicos no Estado (Brazil, 2019).

A Tabela 8 detalha esses danos em Rio Branco, único município da bacia do rio Acre que foi afetado pelas cheias de 2021. No total em Rio Branco, o desastre resultou em 32.144 pessoas direta ou indiretamente afetados, 1.610 unidades habitacionais destruídas ou danificadas e R\$ 371.500,00 de prejuízo econômico em razão das cheias. A Figura 17 apresenta uma sequência de 14 fotos, cedidas pela Secretaria de Comunicação do Governo do Estado do Acre para a CPRM que ilustram as cheias observadas no Estado. As 12 primeiras fotos referem-se ao município de Rio Branco, enquanto que as duas últimas foram observadas em Sena Madureira, localizada às margens do rio Iaco, e em Tarauacá, às margens do rio Tarauacá, localidades mais afetadas pela cheia deste ano no Estado.

Tabela 8: Danos humanos, materiais e econômicos informados na bacia do rio Acre pelo Relatório Gerencial da defesa civil nacional (Fonte: Brazil, 2019, disponível em s2id.mi.gov.br)

Variável	Inundações	Enxurradas	Total
Mortos	0	0	0
Feridos	0	0	0
Enfermos	0	7	7
Desabrigados	351	72	423
Desalojados	180	500	680
Desaparecidos	0	0	0
Outros Afetados	18.004	13.000	31.004
Unidades Habitacionais Danificadas	0	1.600	1.600
Unidades Habitacionais Destruidas	0	10	10
Assistência médica, saúde pública e atendimento de emergências médicas	-	R\$ 12.000,00	R\$ 12.000,00
Sistema de limpeza urbana e de recolhimento e destinação do lixo	-	R\$ 19.000,00	R\$ 19.000,00
Transportes locais, regionais e de longo curso	-	R\$ 6.500,00	R\$ 6.500,00
Segurança pública	-	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00
Agricultura	-	R\$ 104.000,00	R\$ 104.000,00
Comércio	-	R\$ 200.000,00	R\$ 200.000,00





Figura 17: Fotos da inundação no estado do Acre. As 12 primeiras fotos, mostram o efeito da inundação em Rio Branco, represando igarapés e provocando a inundação de casas e comércio, sendo os danos mais intensos observados no bairro São Francisco. As duas últimas foram observadas em Sena Madureira, localizada às margens do rio Iaco e Tarauacá, às margens do rio Tarauacá (Fonte: SECOM/AC).

6. OPERAÇÃO REALIZADA EM 2021

Ao longo da operação de 2020/2021 do SAH Rio Acre foram emitidos boletins 16 boletins semanais entre os dias 23 de dezembro de 2020 e 30 de abril de 2021. Além desses, foram emitidos 66 Boletins de Alerta, que apresentam previsões de curto prazo para as estações objeto do alerta. O SAH Acre realizou também em 2021, uma campanha de campo em janeiro para realização de manutenções em PCDs e medições de vazão (Rio Branco, Capixaba, Brasiléia e Xapuri).

Os modelos de previsão de curto prazo são modelos de regressão múltipla que estimam os níveis em Rio Branco e Xapuri, baseados nas cotas observadas em Xapuri e Brasiléia, respectivamente. Esses modelos permitem fazer previsões com horizontes de até 30 horas para Rio Branco e até 18 horas em Xapuri.

Além do modelo de previsão cota-cota, foi utilizado também o modelo hidrológico SMAP, calibrado utilizando-se algoritmo genético MOPSO (Nascimento et al., 2009) na previsão de níveis com horizonte de até 15 dias. Para essa previsão, são utilizados, além dos dados hidrológicos de níveis e vazões, os dados de evapotranspiração SSEBOP (Senay et al., 2013, 2007), estimativas de chuvas utilizando-se o produto MERGE/INPE (Rozante et al., 2010) e previsão de

chuvas por *Ensemble* com modelo meteorológico GEFS (Zhu et al., 2018). Importante lembrar que o modelo de previsão GEFS não fornece apenas uma única saída de previsão de chuvas, mas um conjunto (ou *Ensemble*) de 20 previsões. Esse conjunto de previsões é importante pois indica as incertezas associadas à previsão meteorológica. Um exemplo de previsão feita com o modelo SMAP em Rio Branco é apresentada na Figura 18, por meio dessa previsão, as autoridades de defesa civil foram comunicadas e se mobilizaram para atender à população que seria afetada pelas cheias no município.

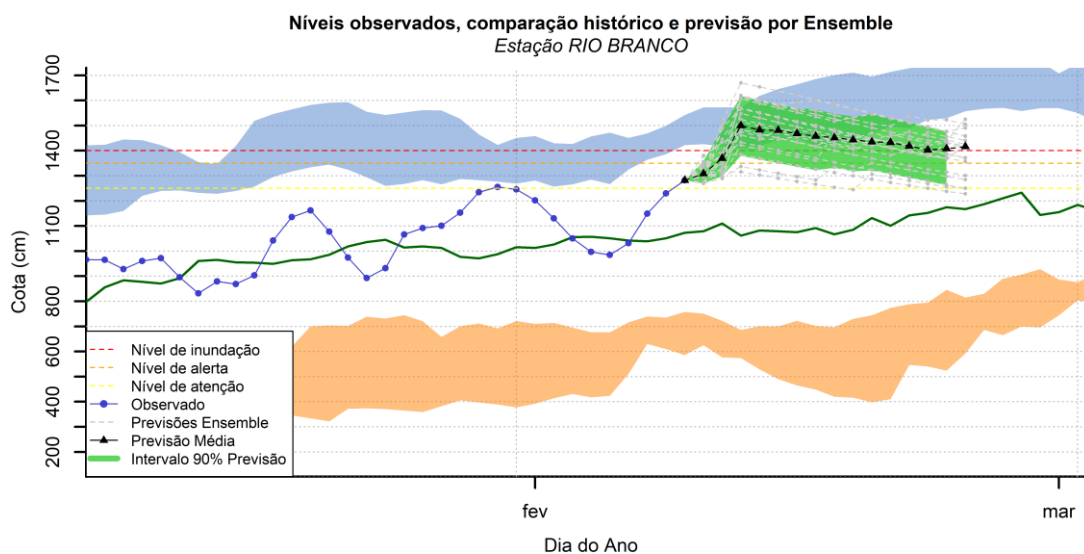


Figura 18: Previsão de níveis em Rio Branco utilizando o modelo SMAP, previsão de precipitação por ensemble a partir do modelo GEFS, evapotranspiração do SSEBOP e chuvas do MERGE/INPE.

7. PUBLICAÇÕES NA IMPRENSA RELACIONADA AO SAH

As cheias no rio Acre do ano de 2021 tiveram grande repercussão na mídia. A primeira reportagem publicada ocorreu no dia 09/02/2021, quando as cheias ainda não tinham ocorrido e a CPRM enviou as previsões de níveis indicadas na Figura 18 aos representantes da Defesa Civil do Acre e da Defesa Civil de Rio Branco, bem como à Secretaria de Meio Ambiente (SEMA/AC). Baseados nessas informações, os órgãos de imprensa local divulgaram a reportagem indicada no link abaixo:

- Secretaria de Comunicação do Estado do Acre – 09/02/2021

“Defesa Civil Estadual está pronta para atuar em caso de enchente, garante coordenador”

<https://agencia.ac.gov.br/defesa-civil-estadual-esta-pronta-para-atuar-em-caso-de-enchente-garante-coordenador/>

Após a deflagração das cheias, diversas outras reportagens foram veiculadas nas mídias impressas, internet e televisão. Abaixo, algumas dessas reportagens são enumeradas:

- Jornal Nacional – TV Globo – 20/02/2021

<https://globoplay.globo.com/v/9287635/programa/?s=39m36s>

- Observatório do Clima – 22/02/2021, atualizado em 06/04/2021

“Forte enchente agrava crise no Acre - Emergência sanitária e crise humanitária são intensificadas pelo transbordamento de rios”

<https://www.oc.eco.br/forte-enchente-agrava-crise-no-acre/>

8. AGRADECIMENTOS AOS PARCEIROS

Todo o monitoramento feito na bacia do rio Acre desenvolveu-se graças ao trabalho em conjunto feito pelo Serviço Geológico do Brasil e a Agência Nacional de Águas para a gestão e operação da Rede Hidrometeorológica Nacional. Além dessa parceria, diversos outros órgãos trabalham no monitoramento hidrometeorológico da região. O Sipam é o órgão regional que fornece grande parte das análises meteorológicas que orientam as ações de monitoramento. Além do SIPAM, também o Cemaden contribui sobremaneira com os alertas de desastres naturais trocando dados e análises com a CPRM. Além deles, o Cenad é órgão que trabalha na articulação de instituições parceiras fomentando a troca de informação entre os órgãos especializados, em especial na região norte do Brasil. De suma importância também é a atividade desenvolvida pelo INPE, gerador de diversos produtos utilizados por todas as instituições de monitoramento da região, com destaque para o MERGE/INPE e o modelo de previsão de chuvas WRF. A todas as instituições a CPRM é enormemente grata. O SAH Acre agradece também aos pesquisadores Luna Gripp Simões Alves e Marcos Figueiredo Salviano pelo auxílio na geração de Boletins de Previsão ao longo da operação de cheias deste ano.,

9. CONCLUSÕES

A cheia de 2021 no rio Acre foi uma cheia com uma probabilidade de ocorrência anual de 14%. Ela foi causada por chuvas acima da média no mês de fevereiro de 2021. O mês de fevereiro de 2021 foi o segundo fevereiro mais chuvoso desde o ano de 2001, segundo dados do MERGE (Rozante, 2010). As chuvas foram concentradas principalmente na bacia do rio Rola e nas proximidades de Rio Branco. As chuvas abaixo da média nas nascentes do rio Acre em janeiro deste ano fizeram com que a umidade antecedente do solo não favorecesse a contribuição das nascentes da bacia ao longo do mês de fevereiro. Caso esse fator estivesse presente, a cheia que alcançou o nível máximo de 15,79 m em 17/02/2021 poderia ser ainda mais significativa. As cheias mais intensas foram observadas em outras bacias do estado do Acre e com menos intensidade na bacia do rio Acre.

A partir da primeira semana de fevereiro, dias antes de o rio Acre atingir a cota de alerta, a CPRM já havia estabelecido contato com as defesas civis estaduais e municipais, dando sua parcela de contribuição para um melhor gerenciamento das cheias no estado. Tal fato só foi possível com a implantação de modelos de previsão chuva vazão, capazes de incorporar previsões de chuvas aos modelos hidrológicos operacionais na região.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA, 2017. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas [WWW Document]. Agência Nac. Águas. URL <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/%5Cnhttp://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>
- Brazil, 2019. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID [WWW Document]. Sist. Integr. Informações sobre Desastr.
- Ceped, 2013. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012. Relatórios Técnicos. <https://doi.org/978-85-64695-18-4>
- CPRM, 2011. Levantamento da Geodiversidade - Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil - Isoietas Anuais Médias Período 1977 a 2006.
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., Michaelsen, J., 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes. *Sci. Data* 2, 1–21. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>
- Gilleland, E., Katz, R.W., 2016. extRemes 2.0: An Extreme Value Analysis Package in R. *J. Stat. Softw.* 72, 1–39. <https://doi.org/10.18637/jss.v072.i08>
- Marengo, J.A., Liebmann, B., Grimm, A.M., Misra, V., Silva Dias, P.L., Cavalcanti, I.F.A., Carvalho, L.M.V., Berbery, E.H., Ambrizzi, T., Vera, C.S., Saulo, A.C., Nogues-Paegle, J., Zipser, E., Seth, A., Alves, L.M., 2012. Recent developments on the South American monsoon system. *Int. J. Climatol.* 32, 1–21. <https://doi.org/10.1002/joc.2254>
- Naghetini, M., Pinto, É.J.D.A., 2007. Hidrologia Estatística.
- Nascimento, L.S. V., Jr Reis, D.S., Martins, E.S.P.R., 2009. Avaliação do Algoritmo Evolutivo Mopso na Calibração Multiobjetivo do Modelo SMAP no Estado do Ceará. *Rev. Bras. Recur. Hídricos* 14, 85–97.
- Peel, M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 4, 439–473. <https://doi.org/10.5194/hessd-4-439-2007>
- Reis, D.S., Stedinger, J.R., 2005. Bayesian MCMC flood frequency analysis with historical information, in: *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.02.028>
- Rozante, J.R., Moreira, D.S., de Goncalves, L.G.G., Vila, D.A., 2010. Combining TRMM and surface observations of precipitation: Technique and validation over South America. *Weather Forecast.* <https://doi.org/10.1175/2010WAF2222325.1>
- Santos, M.S., Alves, L.G.S., Moreira, D.M., Matos, A., 2020. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE SECAS E CHEIAS NA FRONTEIRA OESTE DO BRASIL, in:

- Hídricos, A.B. de R. (Org.), Encontro Nacional de Desastres. p. 1–4.
- Senay, G.B., Bohms, S., Singh, R.K., Gowda, P.H., Velpuri, N.M., Alemu, H., Verdin, J.P., 2013. Operational Evapotranspiration Mapping Using Remote Sensing and Weather Datasets: A New Parameterization for the SSEB Approach. *J. Am. Water Resour. Assoc.* <https://doi.org/10.1111/jawr.12057>
- Senay, G.B., Budde, M., Verdin, J.P., Melesse, A.M., 2007. A coupled remote sensing and simplified surface energy balance approach to estimate actual evapotranspiration from irrigated fields. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s7060979>
- Stedinger, J.R., Vogel, R.M., Foufoula-Georgiou, E., 1993. Frequency analysis of extreme events. *Hydrol. Handb.* <https://doi.org/10.1061/9780784401385>
- Zhu, Y., Zhou, X., Li, W., Hou, D., Melhauser, C., Sinsky, E., Peña, M., Fu, B., Guan, H., Kolczynski, W., Wobus, R., Tallapragada, V., 2018. Toward the Improvement of Subseasonal Prediction in the National Centers for Environmental Prediction Global Ensemble Forecast System. *J. Geophys. Res. Atmos.* 123, 6732–6745. <https://doi.org/10.1029/2018JD028506>