

INUNDAÇÃO DO ESTADO DO AMAZONAS EM 2021 – ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS

Luna Gripp Simões Alves¹; Renato Senna²; Marcus Suassuna Santos³; Charlis Barroso da Rocha⁴

Palavras-Chave – Inundação gradual, Climatologia, Manaus.

INTRODUÇÃO

Variações nos fenômenos que regem o ciclo hidrológico são comumente esperadas. Alterações nos volumes de água em cada uma das etapas do ciclo são normalmente observadas ao longo do tempo. No entanto, nem sempre essas variações são aleatórias, e podem apresentar uma tendência em determinada direção. Na Bacia Amazônica, existem cada vez mais evidências de que o ciclo hidrológico esteja se intensificando, em muitos casos sob a ótica das mudanças climáticas (BARICHIVICH et al., 2018; MARENGO e ESPINOZA, 2016). Embora os mecanismos e causas específicas dessa intensificação ainda não sejam um consenso, inúmeros estudos já observaram que as mudanças nos sistemas climáticos tropicais estão levando a eventos hidrológicos extremos cada vez mais intensos e frequentes (GLOOR et al., 2015; MARENGO e ESPINOZA, 2016).

Na Amazônia, os fatores que interagem entre si para resultar em um determinado evento hidrológico são diversos e complexos. A começar pelo clima na região da bacia, que é determinado pela disponibilidade de radiação solar e modulado pela nebulosidade, fortemente influenciada pela zona de convergência intertropical (ZCIT). A ZCIT, por sua vez, acompanha o movimento aparente do Equador térmico com sua posição mais ao sul durante o verão do hemisfério, e ao norte durante o inverno. Por consequência, observa-se os comportamentos distintos das chuvas sobre as bacias do Solimões e Negro, os principais rios que drenam para a região da capital Manaus. Mais ao norte, o ápice da estação chuvosa ocorre na bacia do Negro entre abril e junho, cerca de dois meses após sua ocorrência sobre a bacia do Solimões (fevereiro a abril) (Figura 1).

As anomalias de precipitação ocorridas nas sub-bacias amazônicas, são normalmente associadas a variações na superfície da temperatura do mar (TSM) no Oceano Pacífico, caracterizadas por evento de “El Niño” ou “La Niña” (MARENGO e ESPINOZA, 2016). Além do Pacífico, observa-se também um importante papel das temperaturas do Oceano Atlântico na modulação das chuvas na região, entre outros fatores regionais e locais, como a produção de umidade pela evapotranspiração e o transporte de umidade dentro da própria bacia (ESPINOZA et al., 2012).

A interpretação de como a chuva é convertida em vazão e, consequentemente, em nível d’água na Amazônia central, mostra-se também resultado da integração de muitos fatores: a drenagem de águas de sub-bacias com regimes climatológicos distintos para os grandes rios da região, a ordem de grandeza de suas áreas de drenagem, o relevo notadamente plano da região, as expressivas trocas com as planícies de inundação e a floresta tropical densa presente em grande parte das sub-bacias (FASSONI-ANDRADE et al., 2021). Na região central, próxima a Manaus, a integração desses fatores resulta em um efeito conhecido como “remanso hidráulico”, que gera padrões hidrológicos muito semelhantes, em termos de variações de nível, nos grandes rios da região (MEADE, 1991). Por esse motivo, o comportamento hidrológico observado nos rios Negro em Manaus, Solimões em Manacapuru, e Amazonas em Itacoatiara, e Parintins são muito semelhantes entre si.

O objetivo do presente trabalho é apresentar os aspectos climatológicos e hidrológicos que caracterizaram o evento de inundação gradual observado do rio negro em Manaus em 2021, representativo também de diversos municípios do estado do Amazonas.

1) Afiliação: Serviço Geológico do Brasil, luna.alves@sgb.gov.br

2) Afiliação: Serviço Geológico do Brasil, marcus.santos@sgb.gov.br

3) Afiliação: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, renato.senna@inpa.gov.br

4) Afiliação: Defesa Civil do Estado do Amazonas, cemoa@comadec.am.gov.br

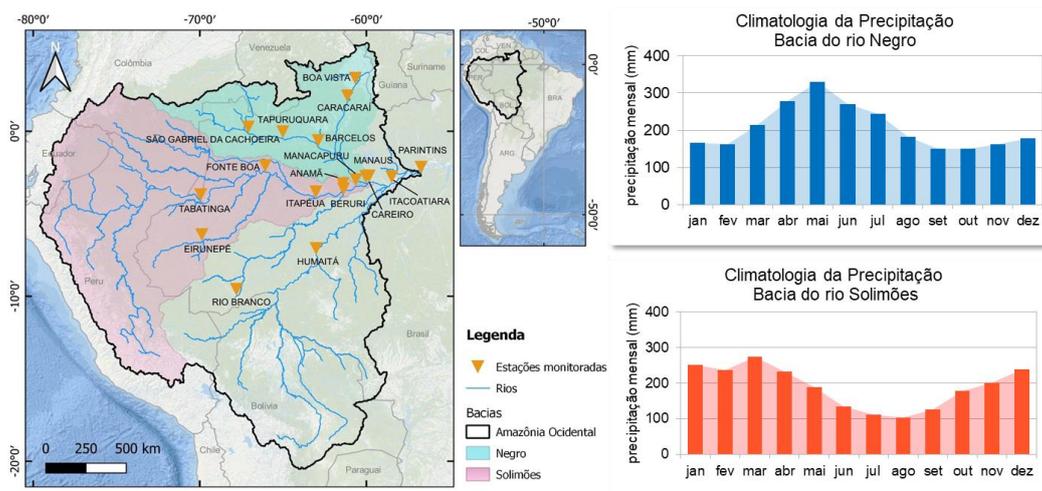


Figura 1 Esquerda: Mapa da Bacia Amazônica Ocidental, evidenciando as bacias do rio Negro e Solimões e as estações de monitoramento. Direita: Climatologia das precipitações observadas nas bacias a partir de dados de satélite. Fonte: Climatologia MERGE/GPM, CPTEC/INPE (ROZANTE et al., 2020).

ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS

O evento de inundação gradual que afetou a capital e grande parte do estado do Amazonas em 2021 começou a ser formado no segundo semestre no ano anterior. O evento foi associado a uma intensificação de padrões de circulação atmosférica que levaram a um aumento na profundidade das nuvens convectivas e das chuvas intensas na região nordeste da Amazônia (ESPINOZA et al., 2022). Essa intensificação foi relacionada ao episódio considerado ‘moderado’ de La Niña, iniciado em julho de 2020 e mantido até junho de 2021. O evento de La Niña foi oficialmente declarado em dezembro de 2020, a partir da ocorrência do terceiro trimestre consecutivo com sinal inferior a -0.5°C (Tabela 16.1).

Tabela 1. Índice Oceânico de Niño (ONI) sobre a região Niño 3.4. Fonte: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0,4	-0,4	-0,5	-0,7	-0,8	-1,0	-1,0

Além disso, condições de aquecimento no Oceano Atlântico foram observados no período de dezembro de 2020 a março de 2021, aumentando o aporte de vapor de água que chegava à região nordeste da Amazônia com os ventos alísios, e potencializando a magnitude o evento (ESPINOZA et al., 2022).

Desde o final de 2020, diversas das sub-bacias já apresentavam chuvas acima dos valores considerados normais para tal época do ano. Em novembro, o volume excessivo de chuvas se concentrou na região da bacia do Negro, mas em dezembro e janeiro o excesso se espalhou por toda a bacia. Em janeiro, em praticamente toda a área de drenagem dos rios Negro e Solimões foram observados padrões com “tendência a muito chuvoso”. Em fevereiro, no geral as precipitações se mostraram inferiores à climatologia em grande parte da bacia, mas ainda forma observados volumes excessivos centrados na bacia do Juruá e na parte leste da bacia do Ucayali. Em março e abril, as chuvas voltaram a apresentar-se excessivamente acima do esperado para o período em toda a área da bacia. Em maio foi observado um déficit de precipitações generalizado na bacia, e em junho as chuvas apresentaram-se próximas ao esperado, com pequenos sinais de anomalias (Figura 2).

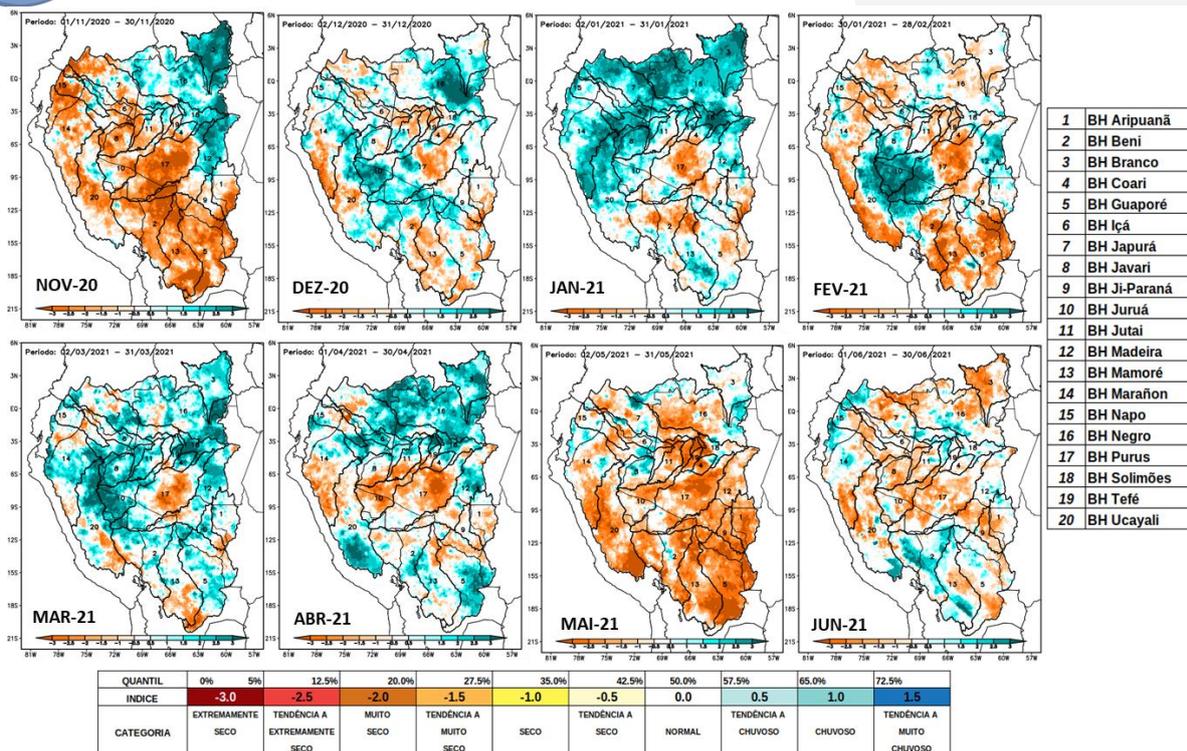


Figura 2. Distribuição das anomalias de precipitação categorizadas (30 dias) entre novembro de 2020 e junho de 2021. Anomalias categorizadas pelo método dos quantis calculados em relação à climatologia do período 2000 a 2020 conforme tabela acima. Fonte dos dados: MERGE (ROZANTE et al., 2020), disponível em <http://ftp.cptec.inpe.br/modelos/io/produtos/MERGE>.

ASPECTOS HIDROLÓGICOS

Entre os meses de janeiro e fevereiro, a chuva excessiva precipitada nos meses anteriores nas bacias de contribuição do Negro e do Solimões levou a um aumento significativo no nível do rio Negro em Manaus. A partir de então, a combinação dos padrões de precipitação nas bacias de drenagem ocasionou, de maneira geral, uma velocidade de subida de nível considerada normal ao longo dos meses seguintes. Portanto, um princípio de ano com níveis muito acima do esperado, associado a uma velocidade de subida média posterior, culminaram com um nível de rio expressivamente alto na época do ano em que o rio atinge a sua cota máxima, entre os meses de junho e julho. No dia 30 de maio de 2021, o recorde histórico de 29,97 m anteriormente observado em 2012 foi igualado. O rio continuou subindo até atingir a cota de 30,02 em 16 de junho de 2021, estabelecendo o novo recorde. O mesmo padrão foi observado em outros municípios como Manacapuru, Itacoatiara e Parintins, todos no estado do Amazonas.

Além da expressiva magnitude do evento em termos de cotas atingidas, o evento hidrológico de 2021 trouxe impactos associados à sua longa duração. Considerando as cotas de referência de Manaus, disponibilizadas pelo relatório SGB-CPRM e DC-AM (2021), o rio Negro permaneceu 142 dias acima da cota de inundação (27,50 m), que representa o primeiro ponto inundado na área urbana do município, no bairro São Pedro. Considerando a cota de inundação severa (29,00 m), definida para a situação na qual o município já sofre danos severos relacionados ao evento hidrológico, quando o centro histórico do município começa a ser inundado, foram observados 91 dias em tal situação. Em 2012, ano da cheia recorde anterior, o rio havia permanecido 136 dias acima da cota de inundação e 73 dias acima da cota de inundação severa. Comportamentos semelhantes, em termos de duração dos processos de inundação e inundação severa, foram observados em todos os municípios banhados pelos grandes rios da região.

LIÇÕES ORIUNDAS DO EVENTO

O evento de inundação gradual que afetou o estado do Amazonas em 2021 superou os níveis máximos anteriormente observados em mais de um século de monitoramento na região.

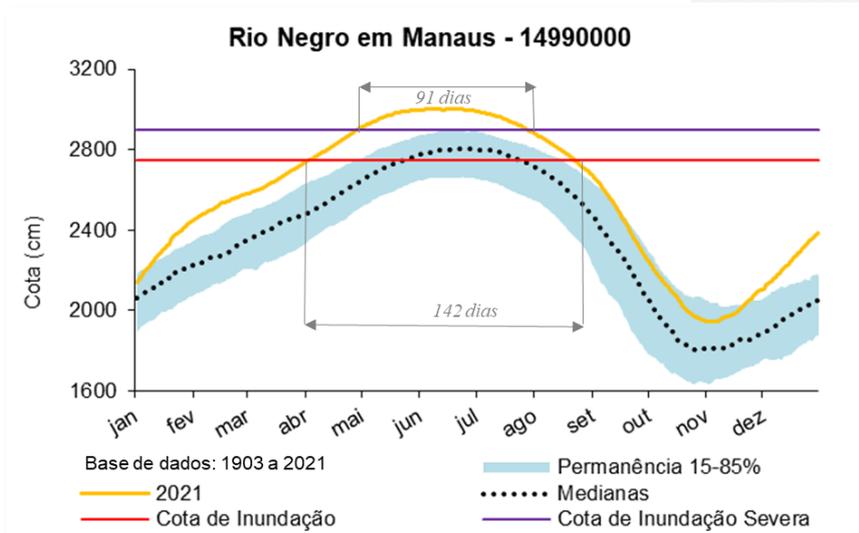


Figura 3. Cotagrama da estação fluviométrica de Manaus com estatísticas das séries históricas e o ano de 2021 evidenciado, com as durações em dias em que o nível do rio se mostrou superior a cada uma das cotas de referência

Diante desse cenário, é essencial o estabelecimento de estratégias eficientes nos mais diversos âmbitos, individuais e coletivas, governamentais e não governamentais, focadas em diminuir a exposição e a vulnerabilidade, e aumentar a capacidade de resposta e a resiliência da população. Além das medidas estruturais que devem ser dimensionadas especificamente para cada uma das situações de exposição, é de extrema importância também a implementação de medidas não estruturais como o estabelecimento de políticas públicas, o planejamento territorial, a geração de conhecimento científico e de informações para prevenção, assim como a conscientização da população.

REFERÊNCIAS

- BARICHIVICH, J.; GLOOR, E.; PEYLIN, P.; BRIENEN, R. J. W.; SCHÖNGART, J.; ESPINOZA, J. C.; PATTNAYAK, K. C. *Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation*. *Science advances*, [S. l.], v. 4, n. 9, p. eaat8785.
- ESPINOZA, J. C.; MARENGO, J. A.; SCHONGART, J.; JIMENEZ, J. C. (2022). *The new historical flood of 2021 in the Amazon River compared to major floods of the 21st century: Atmospheric features in the context of the intensification of floods*. *Weather and Climate Extremes*, [S. l.], v. 35, p. 100406.
- ESPINOZA, J. C.; LENGAINNE, M.; RONCHAIL, J.; JANICOT, S. (2012). *Large-scale circulation patterns and related rainfall in the Amazon Basin: a neuronal networks approach*. *Climate dynamics*, [S. l.], v. 38, n. 1, p. 121–140.
- FASSONI-ANDRADE, A. C. et al (2021). *Amazon hydrology from space: scientific advances and future challenges*. *Reviews of Geophysics*, [S. l.], v. 59, n. 4, p. e2020RG000728.
- GLOOR, M. et al (2015). *Recent Amazon climate as background for possible ongoing and future changes of Amazon humid forests*. *Global Biogeochemical Cycles*, [S. l.], v. 29, n. 9, p. 1384–1399.
- MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C (2016). *Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts*. *International Journal of Climatology*, [S. l.], v. 36, n. 3, p. 1033–1050.
- MEADE, R. H.; RAYOL, R. M.; DA CONCEIÇÃO, S. C.; NATIVIDADE, J. R. G. (1991). *Backwater effects in the Amazon River basin of Brazil*. *Environmental Geology and Water Sciences*, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 105–114.
- SGB-CPRM e DC-AM, 2021. SEVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL e DEFESA CIVIL DO ESTADO DO AMAZONAS (2021). *Relatório para estabelecimento de cotas de referência para alerta hidrológico em municípios da Amazônia ocidental*. Disponível em <<https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22012>>.