

FATOS E FONTES DA ESTIAGEM DE 2023-2024 NA BACIA DO AMAZONAS

FACTS AND SOURCES OF THE 2023-2024 DROUGHT IN THE AMAZON BASIN

DATOS Y FUENTES DE LA SEQUÍA DE 2023-2024 EN LA CUENCA AMAZÓNICA

 <https://doi.org/10.56238/arev7n12-106>

Data de submissão: 10/11/2025

Data de publicação: 10/12/2025

Jussara Socorro Cury Maciel

Doutora em Engenharia de Transportes
Instituição: Serviço Geológico do Brasil (SGB)
E-mail: jussara.maciel@sgb.gov.br

Andre Luis Martinelli Real dos Santos

Doutor em Clima e Ambiente
Instituição: Serviço Geológico do Brasil (SGB)
E-mail: andre.santos@sgb.gov.br

Hilari Rebeca Oliveira de Almeida

Graduanda em Engenharia Civil
Instituição: Instituto Federal do Amazonas (Ifam)
E-mail: hilarioliveira.eng@gmail.com

Renato Cruz Senna

Doutorando em Clima e Ambiente
Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia (Inpa)
E-mail: renato.senna@inpa.gov.br

Luciana da Silva Loureiro

Geógrafa
Instituição: Laboratório de Modelagem do Sistema Climático Terrestre (UEA)
E-mail: lucianaloureiro15@gmail.com

Beatriz Alves Guimarães

Graduanda em Engenharia Civil
Instituição: Universidade Federal do Amazonas (Ufam)
E-mail: beatrizaguimaraes20@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Segundo Cemaden (2017), os episódios de secas são classificados por intensidade, dependendo da duração e partes do ciclo hidrológico afetadas, onde a seca meteorológica ou estiagem é caracterizada por um período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda da umidade do solo é superior à sua reposição. O clima mais quente e seco em 2023 afetou os principais

rios da Amazônia, tais como o Solimões, Negro, Purus, Acre e Branco sofreram quedas extremas em seus níveis em algumas regiões (Souza Jr *et al* 2024).

Nos anos de 2023 e 2024, a bacia do Amazonas passou pela sua estiagem mais severa segundo as séries de dados dos rios monitorados da região, uma vez que afetou os principais rios que abastecem os estados localizados ao Norte do Brasil. Em 2023, ocorreu o evento de estiagem mais intenso dentro do período de vazante dos rios, registrando descidas acima de 30 cm diárias em mais de uma estação de monitoramento.

Em 2024, a bacia estava com déficit da seca anterior, o período de enchente foi considerado abaixo do normal e na ocasião da estiagem, houve forte intensidade de descida no mês de agosto e primeira quinzena de setembro, apontando a seca mais severa já registrada.

Uma das formas de monitorar os eventos hidrológicos extremos é por meio da variação do nível de água (Maciel Jr *et al*, 2024). Considerando os dados fluviais como indicador, a seca de 2023-2024 é a mais intensa já vista no registro instrumental (Marengo *et al* 2024), o rio Negro em Manaus registrou a mínima história de 12,11 m em 2/11/24, em uma série de dados de 122 anos.

Comparada com a vazante de 2023, que foi significativa para o Negro e considerada até então a maior seca da região, revelou uma diferença de 1,52 m para a terceira mínima da série observada em 2010. Manaus está localizada na bacia do rio Negro, todavia pela influência e contribuição do Solimões, possui comportamento semelhante ao posto de monitoramento de Manacapuru, que também registrou a mínima histórica em 2024, apontando a cota de 2,06 m em 12/10/2024.

Sendo o rio Solimões o principal formador do rio Amazonas, o comportamento do rio Solimões em seu trecho mais a jusante representa bem o que ocorre ao longo do trecho mais Ocidental do rio Amazonas (Maciel *et al* 2023). Para a bacia Solimões, foram registrados níveis abaixo da faixa da normalidade desde julho de 2023 a novembro de 2024. No posto de monitoramento em Tabatinga, o nível mais baixo do ano no Solimões ocorreu em 26/09/24, registrando -254 cm, o menor nível neste ponto, em 41 anos de observação e a mesma intensidade da estiagem foi sentida nas demais estações de monitoramento da calha.

Nos principais rios da América do Sul foi observado níveis de água baixos sem precedentes devido a episódios de secas severas no continente, prejudicando o transporte e a agricultura. O Amazonas e um de seus principais afluentes, o rio Madeira, também registraram novos recordes diários de níveis baixos (Toreti *et al* 2024).

O rio Madeira, no período de 2023-2024, sofreu uma estiagem severa em Porto Velho e Humaitá os menores níveis já registrados ocorreram no mês de outubro nestas estações de monitoramento. O rio Amazonas, as estações monitoradas acompanharam o processo de estiagem das

regiões a montante, com os menores níveis das séries de dados em cinco dos seis pontos acompanhados.

Desta forma, o presente estudo almeja apresentar os fatos hidrológicos ocorridos na região durante a estiagem de 2023-2024, associando com os níveis de referências e período de ocorrência, com os mapas climáticos das anomalias gerados durante o acompanhamento da seca por meio dos boletins hidrológicos da bacia do Amazonas, emitidos pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB com a contribuição dos diagnósticos do clima gerados pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

2 METODOLOGIA

A bacia amazônica representa a maior bacia hidrológica da Terra, cerca de 6,87 milhões de km², com 16–18% da descarga global de água doce para os oceanos, com aproximadamente 13% da precipitação global sobre as áreas continentais está concentrada na bacia amazônica (Espinoza *et al* 2024).

Durante os anos de 2023 e 2024, foi realizada uma análise dos boletins de monitoramento hidrológico do Serviço Geológico da Brasil – SGB/CPRM, com acesso a série de dados das principais estações dos rios Negro, Solimões, Purus, Madeira, Branco e Amazonas, com informações diárias dos níveis de estações monitoradas destas calhas. Na Tabela 1, apresenta-se um resumo das cotas mínimas ocorridas nos anos de 2023 e 2024, que inclusive coincide com as menores dos registros realizados.

De posse das informações relacionadas aos níveis dos rios dos postos de monitoramento e das datas em que atingiram determinadas marcas, adotou-se uma referência principal de cota para identificar o avanço da seca na região, sendo escolhida a leitura de níveis do posto de Manaus.

Tabela 1: Cotas mínimas nas estações de monitoramento do Boletim Hidrológico da Bacia do Amazonas no ano de 2024. Fonte: adaptado pelos autores do SGB, 2024.

Estações (Bacias)	Evento mínimo (até 2023)		Evento mínimo (até 2024)		
	Data (até 2023)	Cota (cm)	Data da Mínima (2024)	Cota mínima (cm)	Ordem entre os eventos mínimos
Beruri (Purus)	25/10/2023	397	10/10/2024	259	1º
Careiro (P. Careiro)	28/10/2023	17	01/11/2024	-29	1º
Fonte Boa (Solimões)	22/10/2010	802	10/10/2024	716	1º
Humaitá (Madeira)	01/10/2023	810	15/10/2024	802	1º
Itacoatiara (Amazonas)	24/10/2023	36	01/11/2024	-18	1º
Itapeuá (Solimões)	20/10/2010	131	07/10/2024	-29	1º
Manacapuru (Solimões)	26/10/2023	311	12/10/2024	206	1º

Manaus (Negro)	26/10/2023	1270	02/11/2024	1211	1º
Óbidos (Amazonas)	09/11/2013	-93	12/10/2024	-121	1º
Parintins (Amazonas)	24/10/2023	-217	11/10/2024	-265	1º
Porto Velho (Madeira)	05/11/2023	110	11/10/2024	19	1º
Rio Branco (Acre)	02/10/2022	124	21/09/2024	123	1º
Tabatinga (Solimões)	11/10/2010	-86	26/09/2024	-254	1º
Santarém	09/11/2023	-93	12/11/2024	-123	1º

Fonte: Autores.

Dessa forma, para relacionar os fatos hidrológicos que impactaram diferentes rios da bacia, elaborou-se uma linha do tempo com as datas, ocorrências e níveis registrados em Manaus.

Além disso, a composição dessa linha do tempo, aliada à adoção de cotas de referência, permitiu associar o período às condições hidrológicas dos rios, considerando a faixa de permanência entre 15% e 85% dos níveis característicos da época, a qual representa uma condição de normalidade. A partir dessa contextualização, foram associados também os impactos noticiados durante o ano da estiagem mais severa da série histórica.

Após a compreensão dos fatos ocorridos, procedeu-se à análise das motivações associadas à severidade das vazantes de 2023 e 2024. Segundo Marengo et al. (2024), a seca de 2023-24 foi caracterizada por chuvas escassas e pela ocorrência de sete ondas de calor durante o período pré-chuvoso seco e no período seco a úmido do ciclo hidrológico.

Conforme Espinoza et al. (2024), a seca na Amazônia em 2023 esteve relacionada a condições atmosféricas marcadas por déficit de umidade desde novembro de 2022, acompanhado de anomalias negativas de precipitação na porção norte do subcontinente entre junho e setembro de 2023.

Nesse contexto, esta pesquisa buscou associar as condições climáticas do período à escassez de chuva e ao consequente declínio dos níveis dos rios até atingir a condição de seca severa. Para essa análise, utilizaram-se os mapas de anomalias de precipitação na região entre 2022 e 2024, gerando-se um gráfico comparativo dos níveis e da precipitação por trimestre.

3 DOS FATOS

Nos últimos 120 anos, doze secas hidrológicas extremas foram registradas através do monitoramento dos níveis do Rio Negro no porto de Manaus. O número de secas extremas aumentou desde 1995. Seis secas extremas ocorreram entre 1995 e 2023, em comparação com sete entre 1903-1994 (Barichivich et al., 2018; Espinoza et al., 2024). Devido à seca de 2023-24, o Rio Negro e

muitos dos principais rios da Amazônia atingiram níveis historicamente baixos. A navegação foi interrompida, isolando centenas de comunidades ribeirinhas.

Segundo Maciel *et al* 2024, a vazante de 2023 atingiu o Estado do Amazonas, onde dos seus 62 municípios, 60 tiveram situação de emergência reconhecida. Além da capital do estado, Manaus, a estiagem mais severa também foi apontada nos municípios de Manacapuru, Careiro, Itacoatiara, Humaitá, Beruri e Parintins no Amazonas e em Porto Velho em Rondônia e em Óbidos e Almeirim no Pará. Em outubro de 2024, o Boletim de Estiagem emitido pela Defesa Civil do Estado do Amazonas, apontou que os 62 municípios estavam em situação de emergência da seca, com aproximadamente 767.186 pessoas afetadas.

De acordo com a análise dos boletins hidrológicos da bacia do Amazonas, publicados pelo Serviço Geológico do Brasil. A vazante de 2023 apresentou uma intensidade acentuada a partir de agosto deste ano e atingiu de forma severa todos os rios da região que registraram cotas mínimas ou próximas das menores da série de dados.

Quando iniciou o ciclo hidrológico de 2024, os níveis dos rios estavam baixos e a recuperação, principalmente na região a jusante, foi mais lenta. Assim, a cheia de 2024 foi classificada como normal (Solimões, Madeira, rio Negro em Manaus) e abaixo do normal para o rio Amazonas.

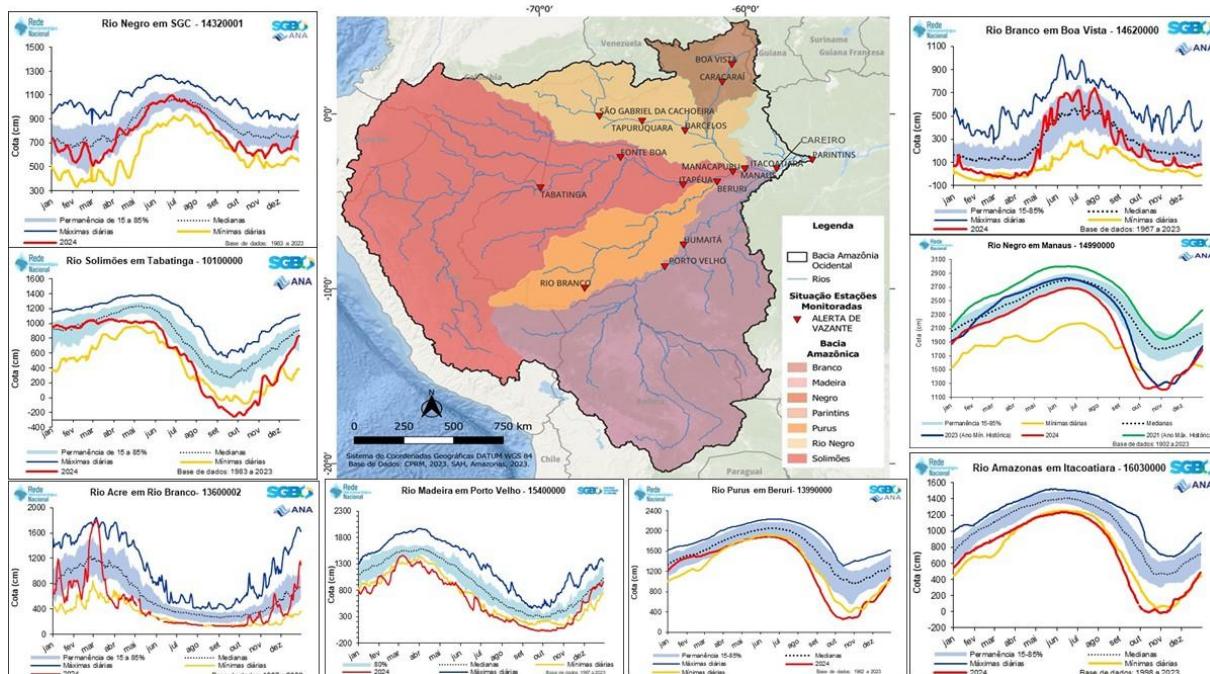
Na sequência, quando a vazante de 2024 foi iniciada, os níveis de grande parte dos rios da região estavam baixos, mesmo que as variações diárias de descidas tenham sido regulares, afetou hidrologicamente a bacia, que em algumas calhas, como é o caso do Solimões, atingiu as cotas mínimas de forma antecipada, ao comparar com o ano anterior, a exemplo da estação de Tabatinga que em 26/09/24, registrou sua menor cota de -254 cm. A figura 1 ilustra a magnitude da estiagem de 2024 (linha vermelha) nos rios da Amazônia, por meio do monitoramento diário dos postos observados.

Em Manaus, o rio Negro apontou a mínima história de 12,11 m em 2/11/24, em uma série de dados de 122 anos, se compararmos com as grandes secas deste posto, há uma diferença de 59 cm para o segundo menor registro e de 1,52 m para o terceiro, o que pode indicar certa intensificação da estiagem de 2024 na bacia. Mais a jusante na região, o rio Amazonas em Itacoatiara registrou o nível mínimo de -18 cm em 01/11/24, também superando o segundo menor apontamento em 47 cm de diferença, confirmando que o processo da estiagem foi de amplitude regional.

Além dos registros extremos individuais, é importante destacar que a bacia do Amazonas não recuperou plenamente seus níveis hidrológicos desde setembro de 2023. As cotas permaneceram persistentemente abaixo da normalidade ao longo do início do ciclo de 2024, indicando que a cheia daquele ano não foi suficiente para reverter o déficit acumulado.

Esse comportamento aponta para uma continuidade da estiagem entre 2023 e 2024, sem o intervalo típico de recuperação observado em anos anteriores. Assim, quando a vazante de 2024 se iniciou, grande parte dos rios da região já apresentava níveis reduzidos, o que potencializou a severidade da recessão e contribuiu para que mínimos históricos fossem registrados de forma antecipada em diversas estações fluviométricas.

Figura 1: Cotogramas das estações monitoradas dos rios Madeira, Purus, Negro, Branco e Amazonas em 2024.



Fonte: Adaptado do SGB pelos autores.

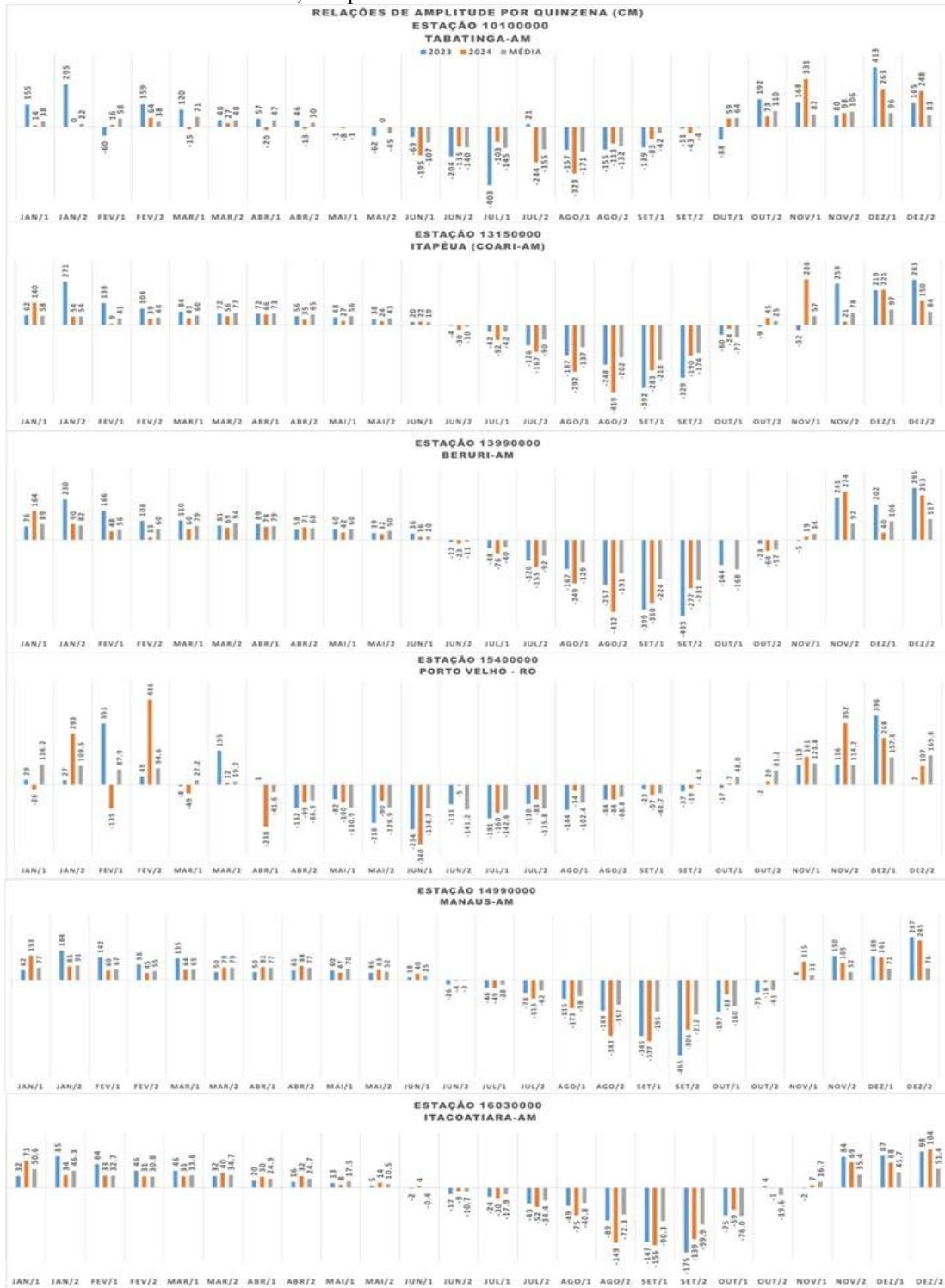
Na figura 2, os gráficos de alguns importantes postos de monitoramento dos rios da bacia do Amazonas foram reunidos de forma a destacar o somatório quinzenal das variações diárias dessas estações, representando a média da série histórica das subidas ou descidas, comparando com o ocorrido em 2023 e 2024, a fim de verificar as anomalias, pois essa abordagem permite visualizar, de forma integrada, períodos de subida e descida dos rios e identificar quando ocorreram desvios significativos do comportamento esperado.

A partir da Figura 2, observa-se que:

- Na estação de Tabatinga no rio Solimões, no início de 2023, o acumulado das variações diárias permaneceu acima da média até o mês de maio, contudo em julho de 2023, a média de descidas nos primeiros 15 dias seria de -145 cm passou para -403 cm. Essa recessão foi sentida na estação de Itapéua, também no rio Solimões, na segunda quinzena de julho e primeira e em agosto deste ano, mas em menor proporção;

- (ii) Em 2023, as descidas maiores ocorreram em setembro, por exemplo na estação de Manaus, na segunda quinzena de setembro, a média de declínios seria de -212 cm, neste ano foi registrado -465 cm. Essa descida intensa também foi registrada em Itapéua, Beruri e Itacoatiara no mesmo período;
- (iii) Em 2024, no período da cheia, o acumulado quinzenal das variações diárias de grande parte das estações ficou abaixo ou próximos da média, com exceção do posto de Porto Velho no rio Madeira que na segunda quinzena de fevereiro registrou elevações de 486 cm sendo que a média do período seria de 94,6 cm;
- (iv) No período da vazante em 2024, as descidas se intensificaram em agosto desde a estação de Tabatinga e Itapéua no rio Solimões, bem como nas estações de Beruri no Purus, e de Manaus no rio Negro e de Itacoatiara no rio Amazonas. No mês de setembro, o somatório dos declínios foi menor que em 2023, contudo a bacia já apresentava níveis abaixo da normalidade que culminou para um evento ainda mais severo que em 2023.

Figura 2: Acumulado quinzenal das variações diárias de algumas das principais calhas da bacia do Amazonas nos anos de 2023 e 2024, comparando com a média da série histórica de dados.

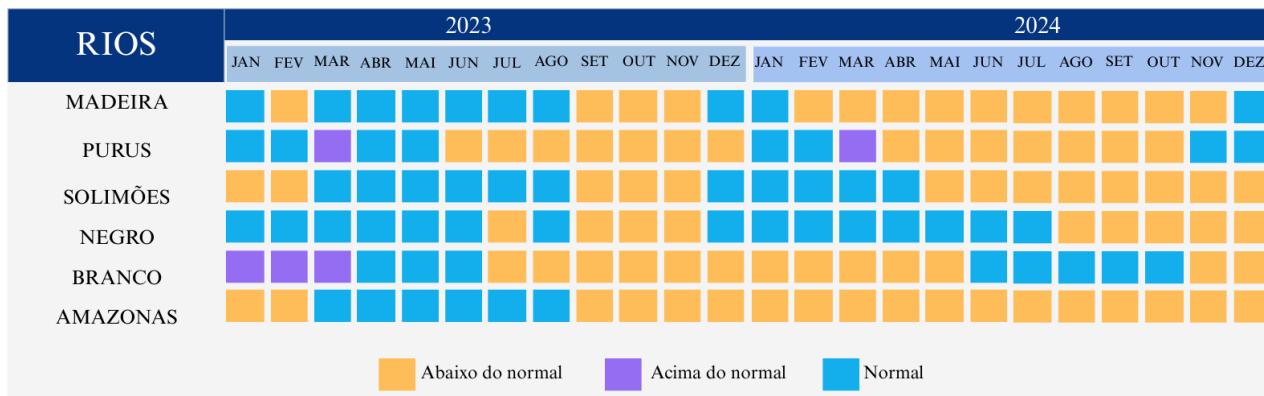


Fonte: organizado pelos autores.

A Figura 3 sintetiza, de forma comparativa, o comportamento hidrológico mensal dos principais rios da bacia do Amazonas durante os anos de 2023 e 2024, destacando os períodos

classificados como abaixo do normal, normais ou acima da média, conforme os boletins hidrológicos do Serviço Geológico do Brasil (SGB) e análises do Inpa.

Figura 3: Classificação mensal das condições hidrológicas dos principais rios da bacia do Amazonas nos anos de 2023 e 2024, indicando períodos abaixo do normal, normais e acima do normal.



Fonte: Adaptado de SGB e Inpa pelos autores.

Em 2023, observa-se que a maior parte das calhas apresentou condições dentro da normalidade até meados do primeiro semestre. Entretanto, a partir de agosto e principalmente em setembro, todos os rios monitorados passam a registrar anomalias negativas persistentes, evidenciando o início da estiagem severa daquele ano. Essa mudança abrupta é coerente com os resultados detalhados anteriormente, nos quais as variações diárias de descida superaram significativamente as médias históricas, como no Solimões, Negro e Amazonas.

No início do ciclo hidrológico de 2024, percebe-se que os rios da região ainda iniciaram o ano em níveis abaixo do normal, consequência direta da forte vazante de 2023. Mesmo com o período de cheia, grandes trechos da bacia não recuperaram completamente seus níveis, o que é confirmado na figura pela predominância de meses classificados como “abaixo da normalidade” nas calhas do Amazonas, Purus e Solimões, sobretudo entre janeiro e abril. Apenas alguns postos, como no Purus e no Madeira, apresentaram breves intervalos de cotas dentro ou acima da normalidade.

A partir de julho de 2024, um novo período de descida acentuada se estabelece, resultando em anomalias negativas generalizadas em praticamente todas as calhas, ainda que, em alguns postos, as descidas não tenham sido tão intensas quanto as observadas em 2023. Esse comportamento reforça a dificuldade de recuperação hidrológica da bacia após dois anos consecutivos de impactos extremos, culminando em mínimos históricos registrados no rio Negro em Manaus e no rio Amazonas em Itacoatiara no final de 2024.

Maciel *et al* 2024, relataram que mediante o agravamento da estiagem, nos meses de setembro a outubro, os portais de notícia relataram as ocorrências e impactos gerados pela seca, uma vez que

as ocorrências dos eventos causados pela seca motivavam as reportagens relatando eventos como: dificuldade de abastecimento e locomoção, o fenômeno de terras caídas em diferentes cidades, aparecimento de grandes bancos de areia no meio dos rios, capacidade reduzida de navios por conta do baixo nível do rio, deslizamentos de terra, e seca total de alguns rios próximos ao rio principal

Assim, reunindo informações relativas as dificuldades enfrentadas pela região, agrupando dados sobre os níveis dos rios, datas de ocorrência e referencial de nível com o posto de monitoramento mais utilizado como referência, no caso a estação de Manaus, uma linha do tempo foi elaborada com os eventos da seca de 2023-2024, ilustrados nas Figuras 4 e 5.

Figura 4: Linha do tempo com os acontecimentos da vazante de 2023 e o nível de referência na estação de Manaus no rio Negro.

Evolução da Vazante de 2023 no rio Negro em Manaus



Fonte: Organizado pelos autores.

Em 2024, mesmo com o período de cheia os níveis dos rios não atingiram cotas que permitissem uma recuperação mais ampla da bacia do Amazonas, assim, os impactos da vazante foram sentidos pela região mais a montante desde julho de 2024, com descidas intensificadas em agosto, mas declinando abaixo de 2023 em setembro e outubro, mas alcançando a mínima para a estação de Manaus no rio Negro em novembro de 2024 (Figura 5).

Figura 5: Linha do tempo com a evolução da vazante de 2024 no rio Negro em Manaus.

Evolução da vazante no Rio Negro em Manaus



Fonte: Organizado pelos autores.

4 AS FONTES

Durante os anos de 2023 e 2024, a região Norte foi afetada principalmente pela ausência de chuvas a partir do segundo semestre de 2023 pelo efeito do El Niño, somado ainda às altas temperaturas motivadas por outro fenômeno que seria o aquecimento dos oceanos no Atlântico Norte. Na ocasião da estiagem de 2023, esses eventos ocorreram simultaneamente, algo ainda não registrado em outras secas hidrológicas (Senna et al, 2023). A seca de 2023-24 é marcada por chuvas escassas e sete ondas de calor durante o período pré-chuvoso seco e seco a úmido do ciclo (Marengo et al 2024).

Os extremos de precipitação interanual e variabilidade fluvial na Amazônia podem ser atribuídos às variações de TSM nos oceanos tropicais, que se manifesta como os extremos do El Niño-Oscilação Sul no Pacífico tropical e o gradiente meridional de TSM no Atlântico tropical. A maioria das secas severas na Amazônia estão associadas a anomalias de TSM quente no Pacífico equatorial durante eventos de El Niño e a anomalias de TSM quente no Atlântico Norte tropical, como em 2010, 2015-16 e 2023-24, bem como em secas anteriores em 1982-83 e 1997-98 (Marengo et al., 2018).

As condições históricas em 2023 estão associadas a dois mecanismos principais, em que a primeira é uma anomalia sul sem precedentes de Fluxo de Umidade Integrado Verticalmente (VIMF), que é um déficit extremo de chuvas no sudoeste da Amazônia de novembro de 2022 a fevereiro de 2023, que corresponde à primeira parte do Ano hidrológico 2022-23. Estas anomalias atmosféricas estão relacionadas com os impactos do evento La Niña 2022-23 no sul da Amazônia.

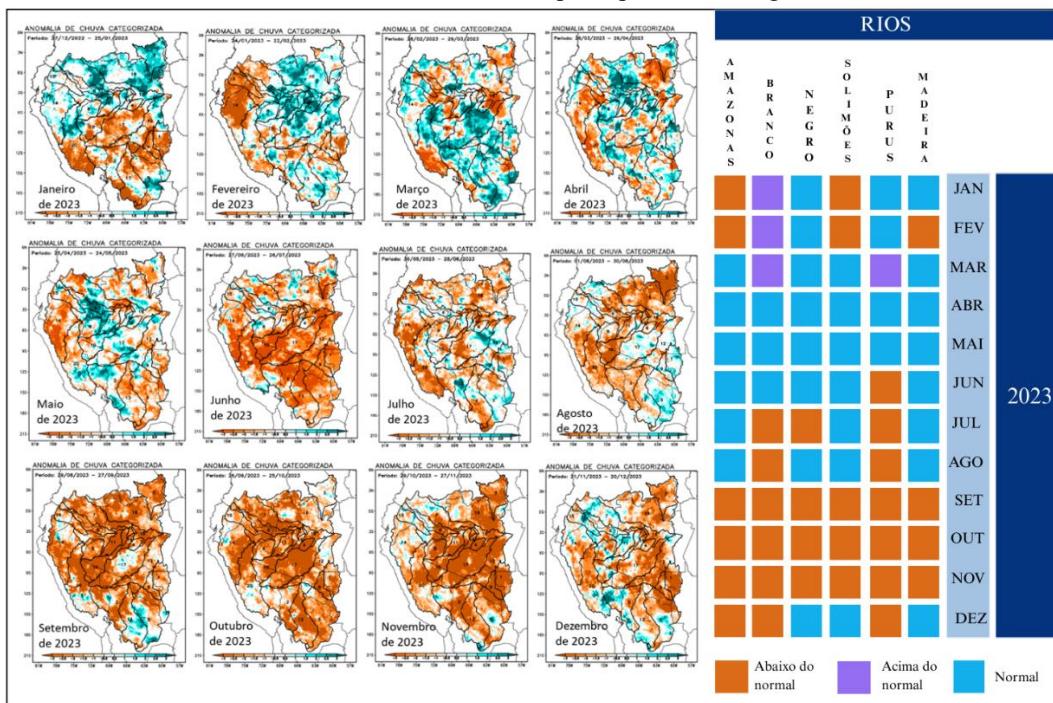
Em segundo lugar, uma forte queda do movimento ou subsidência atmosférica, observada no norte da Amazônia está relacionado às condições quentes e déficit de chuvas durante junho-agosto de 2023. Estas condições atmosféricas anomalias estão associadas aos impactos do El Niño de junho a setembro de 2023 sobre a Circulação de Walker (Spinoza et al 2024). Marengo et al 2024 as mudanças nos ciclos atmosféricos de calor e umidade em grande escala e em escala regional sobre a Amazônia também estão afetando a variabilidade interanual das chuvas e, portanto, aumentando o número de enchentes e secas extremas.

Alguns estudos (Marengo & Espinoza, 2016; Cai et al., 2020; Yoon & Zeng, 2010) reforçam que El Niño e calor as temperaturas tropicais do Atlântico Norte inibem as chuvas na região amazônica, quando a ZCIT é deslocada anormalmente para o norte e a bacia amazônica é afetado pela forte subsidência induzida pelas anomalias quentes de TSM no Pacífico equatorial. As associações mais próximas entre anomalias de TSM no Pacífico equatorial e anomalias de precipitação ocorrem durante o pico do verão austral entre dezembro e janeiro, quando o El Niño é mais intenso, e o pico da estação chuvosa no verão e outono austral no sul e centro da Amazônia, respectivamente.

Neste sentido, de posse dos boletins de monitoramento climático de grandes bacias do Inpa, ao analisar as anomalias negativas de chuvas em toda a região amazônica no último trimestre de 2022, anos de 2023 e 2024, considerando ainda os acumulados de precipitação, foi possível compor a figura 6 que ilustra as variações de chuvas atuantes na bacia no período do estudo.

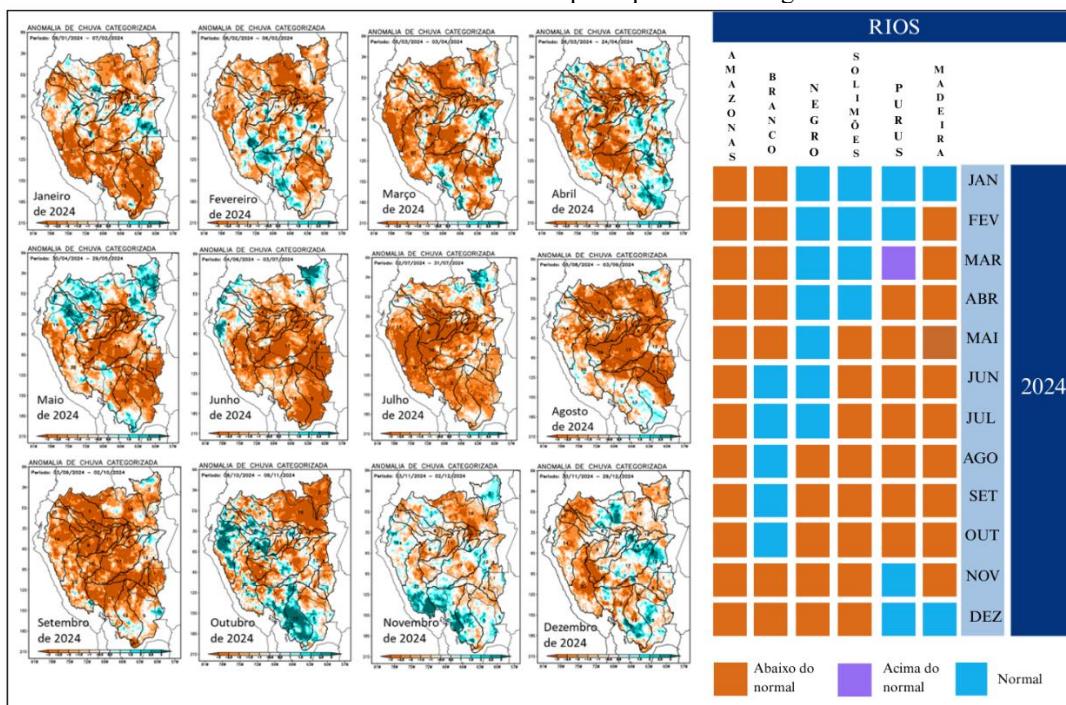
Segundo Cavalcanti *et al* (2013), os casos de seca que mais afetam a região são os que se estendem por mais de uma estação, chamadas de secas prolongadas. No período de 1971 a 2010, as secas prolongadas que atingiram mais de uma das quatro regiões (NW, NE, W e E) da Amazônia, indicando tanto a influência do El Niño na precipitação como as influências do aquecimento anômalo da temperatura do Atlântico tropical, ocorreram nos anos de 1982/83, 1991/92, 1994/95, 2004/05 e 2009/2010.

Figura 6: Acumulados de precipitação de 2023 para os rios da bacia do Amazonas e o resumo da situação em relação ao intervalo da normalidade dos principais rios da região.



Fonte: Adaptado de Inpa e SGB pelos autores.

Figura 7: Acumulados de precipitação de 2024 para os rios da bacia do Amazonas e o resumo da situação em relação ao intervalo da normalidade dos principais rios da região.



Fonte: Adaptado de Inpa e SGB pelos autores.

Segundo Cavalcanti *et al* (2013), os casos de seca que mais afetam a região são os que se estendem por mais de uma estação, chamadas de secas prolongadas. No período de 1971 a 2010, as

secas prolongadas que atingiram mais de uma das quatro regiões (NW, NE, W e E) da Amazônia, indicando tanto a influência do El Niño na precipitação como as influências do aquecimento anômalo da temperatura do Atlântico tropical, ocorreram nos anos de 1982/83, 1991/92, 1994/95, 2004/05 e 2009/2010.

5 CONCLUSÃO

A bacia do Amazonas passou, em 2023 e 2024, por vazantes intensas em anos consecutivos, resultado de processos climáticos atuantes e simultâneos, como o El Niño, o calor extremo e o Dipolo Oceânico no Atlântico. Em 2023, o que chamou a atenção foi o persistente aquecimento do Atlântico Tropical Norte.

No ano seguinte, um forte pico de calor que manteve o TSM do Atlântico tropical Sul com anomalias positivas significativamente acima da média histórica para o primeiro trimestre. A precipitação ficou abaixo da normalidade, resultando em enchentes incapazes de recuperar a situação extrema da seca anterior, e subsequente estiagem marcada por novos recordes, com níveis extremamente baixos nas principais calhas do sistema Amazonas.

É importante destacar que esses eventos críticos de seca ocorreram logo após dois anos consecutivos de cheias severas (2021 e 2022), sendo o primeiro a maior cheia histórica para quase toda a bacia amazônica. Esse encadeamento, cheias extremas seguidas de secas severas, constitui um dos principais fatores para compreender os mecanismos distintos observados entre as vazantes de 2023 e 2024, especialmente considerando que o ano hidrológico 2022/2023 marcou uma transição abrupta entre extremos.

Este estudo reforça a importância da necessidade de aumento de investimentos em pesquisa e desenvolvimento na temática da hidrologia da Amazônia. Um primeiro passo a desenvolver é o estabelecimento adequado de níveis de referência para cheias e vazantes nas estações de monitoramento de referência, ação que deve ser realizada em parceria com os órgãos de defesa civil, considerando os impactos vivenciados em cada município atendido pelo sistema de alerta hidrológico.

Neste aspecto, é de vital importância que os municípios priorizem a formação de uma estrutura local capaz de monitorar e participar do enfrentamento às mudanças climáticas, fica evidente que os eventos extremos hidrológicos são motores de grandes prejuízos econômicos e de risco às populações com desdobramentos em inundações e terras caídas.

A definição dessas referências possibilita a implementação de sistemas de previsão capazes de emitir alertas com antecedência suficiente, contribuindo para o planejamento e execução de

medidas mitigadoras diante dos riscos hidrológicos e geológicos associados a eventos extremos, que tendem a se tornar mais frequentes na bacia amazônica.

Adicionalmente, a manutenção e a expansão da rede de estações hidrometeorológicas automáticas, com transmissão em tempo real, constitui condição *sine qua non* para o aperfeiçoamento dos sistemas de alerta hidrológico. Ainda há lacunas significativas desse tipo de monitoramento em áreas estratégicas de grandes afluentes do rio Solimões/Amazonas.

Palavras-chave: Estiagem Severa. Bacia do Amazonas. Impacto nas Cidades.

AGRADECIMENTOS

Ao Serviço Geológico do Brasil – SGB e a equipe do Sistema de Alerta Hidrológico – SAH.

REFERÊNCIAS

- BARICHIVICH, J., GLOOR, E., PEYLIN, P., BRIENEN, R. J. W., SCHÖNGART, J., ESPINOZA, J. C., ET AL. (2018). Recent Intensification of Amazon Flooding Extremes Driven by Strengthened Walker Circulation. *Science Advances*, 4, eaat8785.
- CAI, W., MCPHADEN, M. J., GRIMM, A. M., RODRIGUES, R. R., TASCHETTO, A. S., GARREAUD, R. D., ET AL. (2020). Climate Impacts of the El Niño-Southern Oscillation on South America. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 215-231.
- CAVALCANTI, I. F. A.; SILVEIRA, V. P.; ALVES, L. M. (2013) Características atmosféricas e oceânicas em anos de seca. Secas na Amazônia: causas e consequências. São Paulo: Oficina de Textos, p. 54-77.
- CEMADEN. SECAS. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/secas>. Publicado em 2017.
- ESPINOZA, J.C. et al. “The new record of drought and warmth in the Amazon in 2023 related to regional and global climatic features. *Scientific Reports*”, v. 14, n. 1, p. 8107, 2024.
- SENNA, R. C.; CARVALHO, L. R. R.; DALLAROSA, R. L. G. Boletim de Monitoramento Climático de Grandes Bacias, Volume 3, Número 41. Repositório Inpa. 2023. Disponível em <https://repositorio.inpa.gov.br/>
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB. 59º BOLETIM DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO AMAZONAS. Sistema de Alerta Hidrológico – SAH Amazonas. Dezembro de 2023. Disponível em <https://www.sgb.gov.br/sace/amazonas>.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB. 54º BOLETIM DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO AMAZONAS. Sistema de Alerta Hidrológico – SAH Amazonas. Dezembro de 2024. Disponível em <https://www.sgb.gov.br/sace/amazonas>.
- MACIEL, J. S. C., LOUREIRO, L. S., SANTOS, A. L. M. R. Influências e impactos da estiagem de 2023 na bacia do Amazonas. In: IV Encontro de Desastres da ABRHidro. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/241/IV-END0087-1-0-20240818-172429.pdf>
- MACIEL JÚNIOR, R. D. S. M., de Oliveira, M. F., & da Silva, J. S. (2024). Caracterização do regime hidrológico do rio negro com dados altimétrico fornecidos pelo satélite Sentinel-3A. In: Seven Publicações. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/anais7/article/view/4159/7443>.
- MARENGO, J. A., & ESPINOZA, J. C. (2016). Extreme Seasonal Droughts and Floods in Amazonia: Causes, Trends and Impacts. *International Journal of Climatology*, 36, 1033-1050.
- MARENGO, J. A., SOUZA, C. M., THONICKE, K., BURTON, C., HALLADAY, K., BETTS, R. A., ET AL. (2018). Changes in Climate and Land Use over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. *Frontiers in Earth Science*, 6, Article 228.
- MARENGO, J. A., CUNHA, A. P., ESPINOZA, J. C., FU, R., SCHÖNGART, J., JIMENEZ, J. C., ... & ZHAO, S. (2024). The drought of Amazonia in 2023-2024. *American Journal of Climate Change*, 13(03), 567-597.

PORTAL PODER 360. Boletim de Outubro de 2024 da Defesa civil do Estado do Amazonas. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/poder-sustentavel/seca-no-amazonas-ja-afeta-cerca-de-770-mil-pessoas-diz-defesa-civil/>

SOUZA JR, C. M., MARENKO, J., FERREIRA, B., RIBEIRO, J., SCHIRMBECK, L. W., SCHIRMBECK, J., ... & LATUF, M. O. (2024). Amazon severe drought in 2023 triggered surface water loss. *Environmental Research: Climate*, 3(4), 041002.

TORETI, A., BAVERA, D., ACOSTA, N. J., ACQUAFRESCA, L., AZAS, K., BARBOSA, P., ... & VOLPI, D. (2024). Global Drought Overview September 2024.

YOON, J., & ZENG, N. (2010). An Atlantic Influence on Amazon Rainfall. *Climate Dynamics*, 34, 249-264. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00382-009-0551-6>.