



A RELAÇÃO DO FENÔMENO ENOS NA VARIABILIDADE DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS NA CIDADE DE MANAUS: NO PERÍODO DE 2012 A 2021

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ENSO PHENOMENON AND THE VARIABILITY OF CLIMATIC ELEMENTS IN THE CITY OF MANAUS: FROM 2012 TO 2021

Kayra Jordana Sá dos Santos, Centro Universitário Fametro, Manaus, AM, Brasil.
kayrasaa@gmail.com

Núbia Patrícia dos Anjos Cardoso, Centro Universitário Fametro, Manaus, AM, Brasil.
nubiapatricia1@yahoo.com.br

Alexandra Amaro de Lima
Centro Universitário Fametro (CEUNI FAMETRO) e Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia – (ITEGAM), Manaus, AM, Brasil.
xanduca@gmail.com

RESUMO

O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) ocorre quando as águas superficiais da região da linha equatorial do Oceano Pacífico sofrem um aquecimento ou resfriamento anormal. A anomalia interfere sobre a variabilidade climática da cidade de Manaus, que está localizada na linha do equador, o artigo analisa as mudanças climáticas da região sob influência deste fenômeno, no período de 2012 a 2021. A análise está baseada em dados de precipitação, temperatura, umidade relativa do ar e cota do Rio Negro, coletados principalmente do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e outros centros de estudos meteorológicos. Evidenciou-se forte tendência no aumento de precipitação, níveis de temperatura, variáveis de umidade, secas (El Niño) e cheias (La Niña) na região, a cidade sofreu com os impactos principalmente nos anos de 2015 e 2021.

Palavras-chave: ENOS; anomalia; variabilidade climática.

ABSTRACT

The El Niño-Southern Oscillation (ENSO) phenomenon occurs when the water surface in the equatorial region of the Pacific Ocean undergoes an unusual warming or cooling. The anomaly interferes on the climate variability of Manaus, which is located at the Equator. This paper analyzes the climate changes in the region that were influenced by the phenomenon from 2012 to 2021. The analysis is based on data regarding precipitation, temperature, relative humidity and the level of the Rio Negro, which were collected from the National Institute of Meteorology (INMET) and other meteorological studies centers. The results indicate a significant increase in precipitation, temperature levels, humidity variables, droughts (El Niño) and floods (La Niña) in the region. Manaus suffered with its impacts especially in the years of 2015 and 2021.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de eventos atmosféricos extremos evidencia que as mudanças climáticas implicam em perturbações sociais, econômicas, políticas e ambientais (FERREIRA e VALVERDE, 2022; GOMES et al., 2022; SILVA, 2022). O fenômeno acoplado oceano-atmosfera El Niño-Oscilação Sul (ENOS) possui uma forte influência na variabilidade climática em diferentes regiões do Brasil, principalmente na região norte, que se caracteriza por anomalias ou alterações da temperatura da superfície mar (TSM) na região do pacífico equatorial (SALINE, 2011), alterando a circulação atmosférica regional e global.

O ENOS é um fenômeno de grande escala que resulta da interação entre oceano e atmosfera, caracterizado por anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico Equatorial e por fases quente e fria, conhecidas como El Niño e La Niña (OGASSAWARA et al., 2021). Ambas as fases do fenômeno ENOS provocam mudanças climáticas em escala regional e global, afetando o padrão de circulação da atmosfera, gerando anomalias climáticas, modificando o regime térmico e hídrico em todo o globo.

No Brasil ocorre um padrão regular de mudanças climáticas relacionados ao fenômeno ENOS, conforme Araújo (2012), sendo eventos extremos caracterizados por inundações, tempestades, geadas, secas prolongadas e ondas de calor, que ocorrem em determinados anos.

O fenômeno El Niño (El Niño – Oscilação Sul) representa o aquecimento da temperatura da superfície do mar (TSM), que variam de 0,5°C a 0,9°C de intensidade fraca a $\geq 1,5^\circ\text{C}$ intensidade forte, é caracterizado por anomalias positivas e inibe a formação de nuvens convectivas, na região do pacífico Equatorial, entre a costa do Peru e da Austrália, cita LOPES et. Al, 2021. A La Niña representa o resfriamento da temperatura das águas, com intensidade que variam de 0,5°C a 0,09°C (fraca) e $\leq -1,5^\circ\text{C}$ (forte), caracterizada por anomalias negativas, provocando a formação de nuvens convectivas.

Os eventos El Niño e La Niña podem alternar entre 3 a 7 anos e seus intervalos podem mudar de 1 a 10 anos, contudo devido a ações antrópicas e consequências das mudanças climáticas os eventos tornaram-se cada vez mais frequentes (Lopes et AL, 2021), ambos os eventos causam alteração na variabilidade da precipitação, temperatura, umidade e vazão de rios, lagos, etc. (CPTEC, 2021).

As condições climáticas no decorrer da última década, indicam um aumento excessivo nas taxas de precipitação, temperatura e umidade; podendo-se observar a escassez ou o excesso de chuvas na cidade de Manaus (AM), ocasionando secas extremas e cheias históricas. Estudos mostram que esses eventos climáticos são influenciados pelo fenômeno ENOS, o Amazonas vem sofrendo vigorosamente com secas, queimadas, enchentes, inundações e ondas de calor (ROCHA, 2019), que impactam comunidades ribeirinhas e locais e causam problemas de infraestrutura, saúde e mobilidade.

O presente estudo analisa as variáveis meteorológicas na cidade de Manaus (AM), observando índices de precipitação, temperatura, umidade, cheia e vazante, nos anos de 2012 a 2021, sob influência do fenômeno ENOS, verificando também os anos que sofreram mais impactos com a ocorrência desse evento e como atingiu a população. A estrutura do texto deve ser dividida em partes não numeradas e com subtítulos. É essencial conter introdução, objetivo, metodologia, discussão dos resultados e conclusão ou considerações finais, referências.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo abrange a área da cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas, localizada nas coordenadas 3°08" S e 60°W, à margem esquerda dos rios Negro e Amazonas. Segundo IGBE (2022), a cidade de Manaus é a capital mais populosa do Norte e a sétima no país, além de abrir a Polo Industrial de Manaus (PIM) tornando-se um exemplo de desenvolvimento urbano no centro da floresta amazônica. A figura 1 mostra um mapa da América do Sul, destacando a localização da cidade de Manaus. A região exerce um papel fundamental no clima, contribuindo na emissão de vapor de

água para a atmosfera, na umidade atmosférica, na precipitação e no escoamento superficial (MARENGO, 2006).

Figura 1: Mapa de localização da região de estudo.



Fonte: Autores (2023).

Primeiramente, foram selecionados os dados de ocorrência do El Niño Oscilação Sul (ENOS), na fase fria, quente e neutra do fenômeno no período de 2012 a 2021, foram obtidos no *site* do Serviço Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos (*National Weather Service*) - *Climate Prediction Center*. A determinação da fase do ENOS é definida por meio do cálculo do Índice Oceânico Niño (Oceanic Niño Index – ONI) que é estabelecido pela média móvel trimestral da anomalia de temperatura da superfície do mar (TSM) para a região do Niño 3.4, pelo período mínimo de cinco meses consecutivos, em que a anomalia superior a 0,5°C está associada ao El Niño e inferior a -0,5°C está associada a La Niña (CPTEC, 2022).

Selecionadas as ocorrências do ENOS no período de estudo, foram obtidos as séries dos elementos climáticos usados neste estudo, sendo estes, as médias mensais de precipitação (mm), temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa (%), sendo estes coletados na plataforma *web* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), igualmente no período de 2012 a 2021. Após análise das informações, o tratamento de dados foi realizado a partir da média mensal ao longo de dez anos com o uso da

ferramenta Microsoft Excel. Além disso, foram lecionados igualmente os dados da cheia e vazante do rio negro, foram coletados por meio da plataforma do Porto de Manaus, onde foram disponibilizados para essa pesquisa as informações de níveis máximas e mínimas registradas desde o ano de 1902, todas as coletas de cota máxima foram feitas entre maio e julho e cota mínima de outubro a dezembro.

Para que seja possível mostrar a caracterização do El Niño Oscilação Sul (ENOS), a *National Weather Service* (NWS, 2022) disponibiliza o cálculo do Índice Oceânico Niño, que acontece por meio da média móvel trimestral das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) na porção central do Pacífico Equatorial. A tabela 1 mostra o registro das anomalias disponibilizadas para o período de 2012 a 2021, obtidas com base no Índice Oceânico Niño (*Oceanic Niño Index* - ONI). Quando os valores das anomalias forem superiores a 0,5°C em um período de no mínimo cinco meses consecutivos, esta fase é caracterizada como a fase quente do ENOS - El Niño (cor vermelha na tabela 1), enquanto, as anomalias forem superiores a -0,5°C em um período mínimo de cinco meses, caracteriza-se com a fase fria do ENOS – La Nina (representado na tabela 1 pela cor azul).

Tabela 1 - Ocorrência/Intensidade mensal do fenômeno ENOS.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
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

Fonte: Climate & Weather Linkage / Southern Oscillation (ENSO), (2022).

A tabela 2 apresenta a classificação do ENOS conforme a intensidade das fases quente e fria do fenômeno (*Climate Prediction Center - Golden Gate Service*, 2012). O fenômeno El Niño (fase quente do ENOS) pode ser classificado como fraco, quando as anomalias de TSM estão entre 0,5 a 0,9, moderado estão entre 1 a 1,4 e acima de 1,5

são classificados como um El Niño forte. Quando analisamos a La Niña (fase fria do ENOS), verifica-se que a escala de intensidade é a mesma, porém suas anomalias são negativas.

Tabela 2 - Classificação da intensidade do Fenômeno ENOS.

Evento	Valor do ION (°C)	Intensidade
El Niño	$\geq 1,5$	Forte
	1 a 1,4	Moderado
	0,5 a 0,9	Fraco
Naturalidade	-0,4 a 0,4	Neutro
La Niña	- 0,5 a - 0,9	Fraco
	- 1 a - 1,4	Moderado
	$\leq - 1,5$	Forte

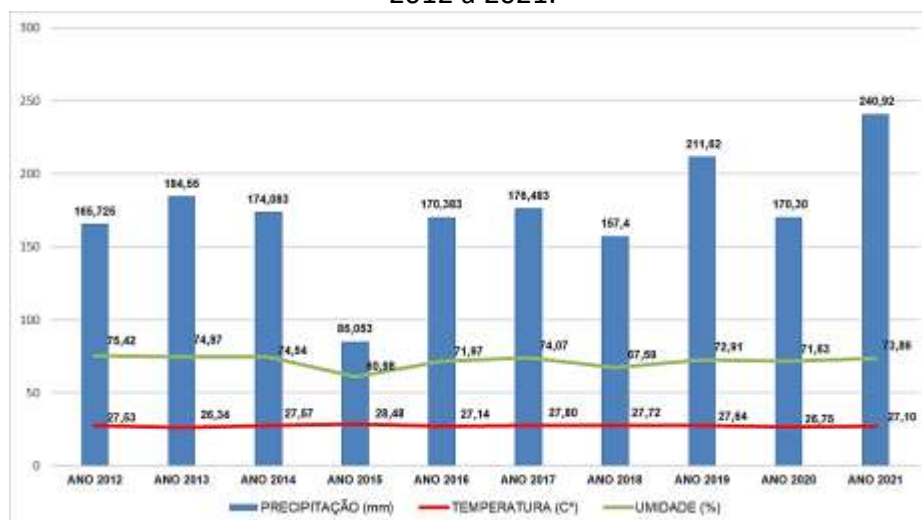
Fonte: Adaptado de Soares (2022).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nas informações apresentadas na Tabela 1, foi possível determinar os períodos em que o ENOS estava atuando sobre a região norte, mais especificamente na cidade de Manaus, a qual possui predominante um clima equatorial úmido, com temperatura média anual de 27,4°C, e umidade relativa do ar de 71,78%, dados obtidos pela média dos dez anos analisados. Além disso, a região é caracterizada por um período chuvoso e um seco ou de menor incidência de chuva, conhecido como inverno e verão amazônico, respectivamente. Desta forma, no Gráfico 1, observa-se os níveis de precipitação e seca da cidade de Manaus, foram afetados pelo fenômeno ENOS principalmente nos anos de 2012, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 e 2021.

Os aspectos climáticos detêm forte influência sobre regime hídrico, principalmente sobre a vazão e precipitação, pois afetam de modo direto a quantidade de água. Análises sobre o regime hidrológico da bacia do Rio Negro, mostram que o fenômeno El Niño atrasa o mês de menor vazão ao longo da bacia e o La Niña antecipa o mês de maior vazão (SOARES, 2022).

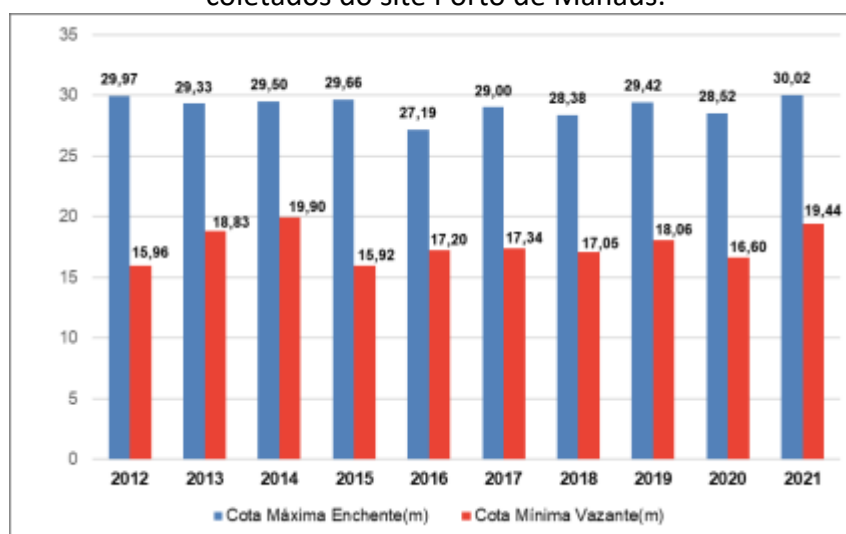
Gráfico 1 - Variáveis climáticas de precipitação, temperatura e umidade nos anos de 2012 a 2021.



Fonte: Autores (2022).

O gráfico 2 compõe cota de cheia e vazante, os dados expõem que o fenômeno ENOS interferiu na incidência das duas grandes cheias históricas nesse período, em 2012 o Rio Negro atingiu a cota de 29,97m, onde o La Niña apresentou incidência forte de -0,9°C, com média de precipitação de 165,725mm, e em 2021 que atingiu a maior cota já registrada desde 1902, a de 30,02m, com a maior média de precipitação dos anos analisados, a de 240,92mm, a intensidade do fenômeno La Niña ocorreu durante quase todo o ano de 2021.

Gráfico 2 - Cota do Rio Negro em metros (m) no período de 2012 a 2022, dados coletados do site Porto de Manaus.



Fonte: Porto de Manaus, 2022.

A incidência do El Niño foi intensa durante todo o ano de 2015, a cidade de Manaus sofreu um vigoroso período de estiagem, o Rio Negro atingiu cota de 15,92m, a menor vazão registrada desde 2010, a intensidade do El Niño foi uma das maiores já registradas, de 2,6 °C, afetando o regime fluviométrico que foi de 85,033mm, a menor registrada durante os anos analisados. Os outros anos a incidência do fenômeno ENOS está diretamente relacionada aos períodos pluviométricos da cidade de Manaus, se comparado ao gráfico 1.

Cheia de 2012

Analisando os dados da tabela 1, os primeiros meses de 2012 começaram sob forte influência do evento La Niña, que já estava acontecendo durante todo o segundo semestre do ano anterior, a precipitação intensa foi verificada em janeiro, com 340 mm, ultrapassando a média histórica do mês, que era de 305,60 mm. A média da umidade relativa do ar foi de 75,42%, sendo a maior ao longo dos dez anos analisados, e a média de temperatura foi de 27,53°C. Toda região do Amazonas sofreu com o fenômeno La Niña, que permaneceu constante até abril daquele ano, principalmente no noroeste do Amazonas, proporcionou o aumento do nível do rio Negro, ocasionando na cheia histórica de 2012, com 29,97 metros, resultando inundações em diversas áreas da cidade, como mostrado na figura 2.

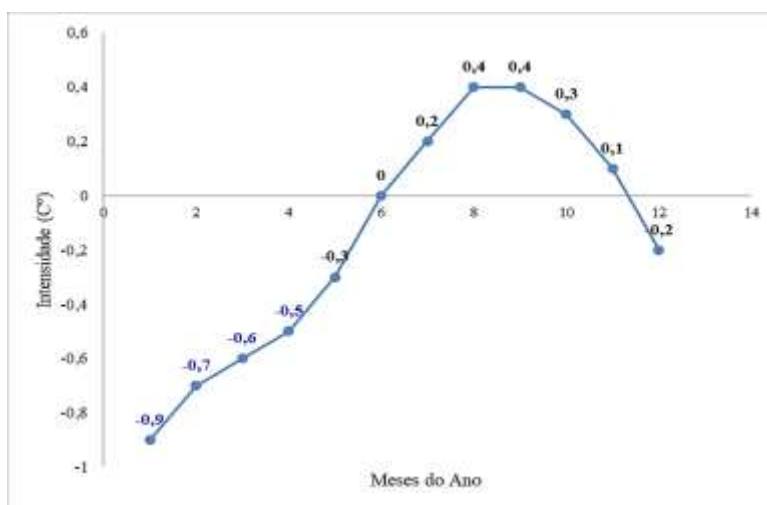
Figura 2 - Nível do Rio Negro afeta a cidade de Manaus em 2012.



Fonte: Fora do Eixo (2012).

A fenômeno La Niña demonstrava um padrão de aumento da intensidade, em janeiro de 2012 já estava em $-0,9^{\circ}\text{C}$ decaindo até $-0,5^{\circ}\text{C}$ em abril, sendo considerado de intensidade forte, no mês de maio o fenômeno já não era detectado, apresentando neutralidade a partir de junho, conforme exposto no gráfico 3.

Gráfico 3 - Intensidade La Niña em 2012.



Fonte: Autores (2023).

Mediante todos os dados analisados, o fenômeno afetou os aspectos climáticos da cidade de Manaus, ocasionando o aumento da vazão do rio Negro, a cheia histórica de 2012, colocou 39 cidades em situação de emergência, afetando mais de 70 mil pessoas em todo Amazonas, a defesa civil informou que casas de mais de 18 mil pessoas foram inundadas somente na cidade de Manaus, segundo a Secretaria Municipal de Limpeza Pública (SEMULSP), a cheia trouxe à superfície 4,7 toneladas de lixo, afetando diversas vias e o comércio no centro da cidade.

Após o longo período de chuvas, a região voltou ao clima predominante normal, sem influências do ENOS durante todo o ano, registrando a segunda menor vazante do rio Negro em novembro, de 15,96 m. O ano de 2013 foi o único entre os dez anos analisados que não sofreu com o fenômeno ENOS em todo país.

El Niño nos anos de 2014, 2015 e 2016

Os efeitos do El Niño, atuando desde 2014, influenciaram o padrão de precipitação em grande parte do Brasil, tendo aumento da temperatura e queda na umidade relativa do ar a partir de outubro. Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), o evento El Niño 2015-2016 foi um dos maiores já registrados desde a década de 50 (WMO, 2016). Este evento foi responsável pela intensificação da temperatura do Oceano Pacífico de 0,5°C à 2,6°C, e por consequência impactos negativos na agricultura e economia em alguns países ao redor do planeta (MARTINEZ, ET AL., 2017).

Somente em Manaus, o último trimestre de 2015, houve diminuição de cerca de 50% da precipitação em relação à média definida pelo INMET, descrita na tabela 3, registrado também as maiores temperaturas diárias, ambas em setembro, com 38,6°C e 38,9°C, a média do mês foi de 31,40°C sendo a maior do ano, seguida por outubro que teve média de 30,79°C. A média da umidade relativa do ar foi a menor dos dez anos analisados com 60,98%.

Tabela 3 - Variáveis climáticas dos meses de 2015 e média histórica de precipitação na cidade de Manaus.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação (Mm)	96,4	177,6	0,24	123,4	267,2	71,4	40,2	8,8	13,6	25,6	83,2	113
Temperatura (°C)	26,55	27,34	26,53	27,26	26,99	27,81	28,3	29,9	31,4	30,79	29,63	29,26
Umidade (%)	52,18	76,02	26,73	78,66	80,6	74,3	70,7	62	53,5	45,54	43,32	68,22
Média Histórica (Precipitação)	305,6	296,8	320,9	331,0	233,3	117,2	67,1	56,1	79,0	113,9	188,0	253,5

Fonte: Autores (2022)

Com a seca predominante em uma na floresta Amazônica que normalmente é úmida, favoreceu a disseminação de focos de incêndios, o monitoramento realizado pelo Inpe no Amazonas, detectou somente em setembro 5.882 focos de fogo no Estado, representando aumento de 95% do ano anterior. O monitoramento de incêndios e queimadas florestais do Inpe é executado com imagens de satélites. Nos meses de

setembro a novembro, a cidade de Manaus amanheceu com nuvens de fumaça (densa e cinzenta, como pode ser verificada na figura 3) devido aos crescentes incêndios, outras 11 cidades do estado ficaram em estado de emergência devido a fumaça, que provocou entre a população um aumento de problemas respiratórios.

Figura 3 - Nuvem de fumaça queimadas cobre a cidade de Manaus/ Floresta no entorno da BR 319.



Fonte: G1 (AM)

Estima-se que esses incêndios causaram a morte de 2,5 bilhões de árvores no período de ocorrência do El Niño (2014-2016), emitindo um total de 495 milhões de toneladas de carbono na atmosfera, de uma área que representa 1,2% de toda a floresta amazônica brasileira e 1% de todo o bioma (BERENQUER, E.; Et. Al, 2011). O agravamento da estiagem em grande parte da Amazônia por conta do El Niño, rios ficaram com níveis muito baixos, sem condições de transporte de embarcações, devido a formação de bancos de areia, impedido a chegada de alimentos, remédios e combustíveis em comunidades locais. Conforme o gráfico 2 e ilustrado por meio da figura 4, o Rio Negro atingiu a cota mínima histórica de 15,92 m em 2015, tendo grande índice de mortalidade de peixes na região, que atingiu cerca de 889 pescadores de 27 comunidades.

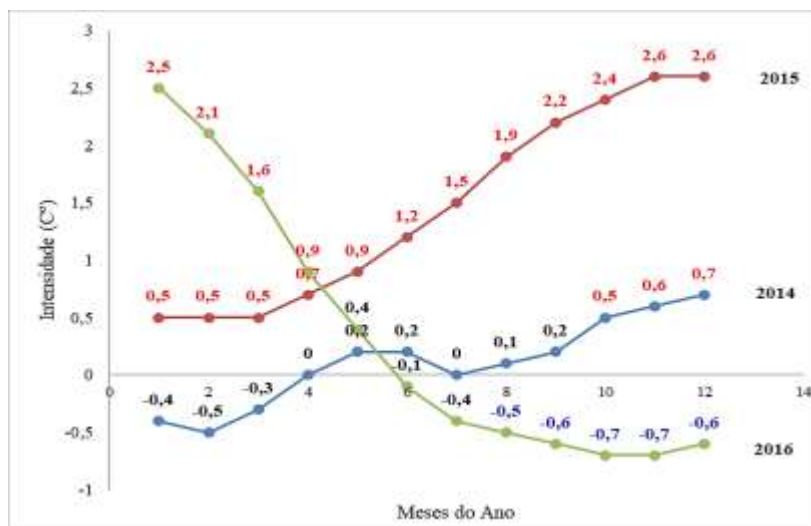
Figura 4 - Seca em área da Zona Sul da capital.



Fonte: G1 (AM)

O gráfico 4 mostra como foi intensa a atividade do El Niño, principalmente durante todo o ano de 2015, a anomalia começou de forma fraca com 0,5°C e já no segundo bimestre evoluiu rapidamente para intensidade forte com 1,2°C chegando até 2,6°C no final do ano, afetando diretamente o índice de precipitação e umidade na região Norte do país.

Gráfico 4 - Intensidade El Niño em 2014, 2015 e 2016.



Fonte: Autores (2023).

Com intensidade forte em 2015, a anomalia El Niño, resultou em uma mudança significativa no clima da cidade de Manaus até abril de 2016, diminuindo os níveis de

precipitação durante as estações de verão e outono, que são anualmente os meses mais chuvosos. Com uma diminuição das chuvas, ocorreu uma intensificação das queimadas e aumento de temperatura, a partir de maio até setembro, assim como queda da umidade relativa do ar. O El Niño não é o único responsável por essas mudanças, o fenômeno favorece mudanças na circulação atmosférica e que por consequência podem alterar o transporte de umidade, intensificando as variações nos padrões da temperatura e precipitação de uma região.

Tabela 4 - Variáveis climáticas dos meses de 2016 e média histórica de precipitação na cidade de Manaus.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação (mm)	118,80	237,80	231,40	273,60	102,00	89,40	93,00	44,80	108,60	107,40	167,60	470,20
Temperatura (°C)	29,37	27,76	27,55	27,57	28,05	28,09	28,54	29,30	28,13	15,67	28,91	26,69
Umidade (%)	68,05	76,69	79,12	79,05	77,24	74,04	67,80	64,22	71,86	54,79	70,57	80,31
Média Histórica	305,60	296,80	320,90	331,00	233,30	117,20	67,10	56,10	79,00	113,90	188,00	253,50

Fonte: Autores (2022).

Com o enfraquecimento do El Niño após sua interposição nos primeiros meses do ano, até final do outono de 2016, a temperatura média na região de Manaus mantém-se em torno dos 27º C, e o clima começa a mostrar uma estabilidade. Somente a partir do segundo semestre, conforme o gráfico 4, ocorreu uma fraca influência do La Niña na região, apresentando uma temperatura média em outubro em torno de 15,67ºC. A influência da La Nina pode ser notada pelo aumento do nível de precipitações, dezembro chegou à média de 470,20 mm, sendo a maior do ano, causando danos a cidade de Manaus, com alagações e deslizamentos em regiões periféricas, conforme de jornais locais, a defesa civil registrou mais de dez ocorrências nesse período. Nota-se na tabela 4, que o ano de 2016 foi marcado pela presença do evento ENOS, enquanto o ano de 2017, o fenômeno apresenta-se em fase de desintensificação, não exercendo influência ao tempo e ao clima da região a partir do mês de outubro.

Figura 4 - Chuvas em dezembro de 2016, causam desastres em Manaus.

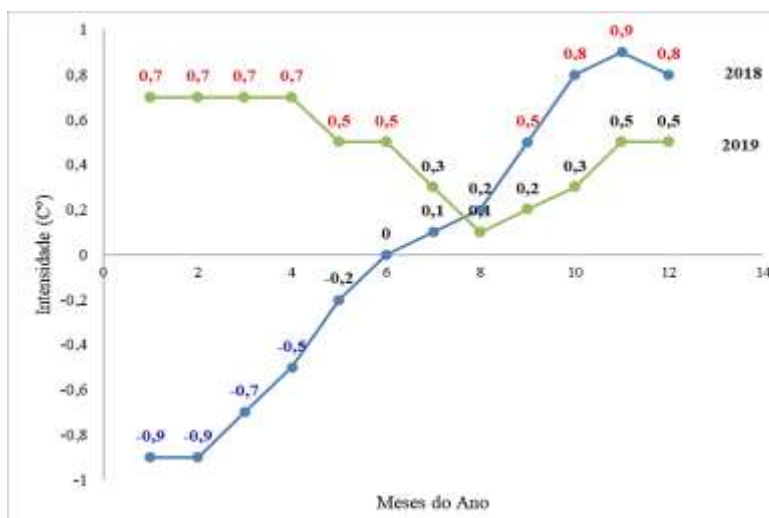


Fonte: G1 (AM)

Anos de 2018 e 2019

Durante o ano de 2018, verifica-se um evento La Nina pouco intenso, com níveis de precipitação a cerca de 32% abaixo da média histórica, e finalizou o ano com El Niña, em contraste ao trimestre janeiro-fevereiro-março, onde ocorreram chuvas intensas. Precipitação máxima foi registrada em fevereiro com 291,20mm e em agosto a mínima com 20,80mm, quase 70% abaixo da média histórica, no gráfico 5, é visível a intensidade fraca do La Niña que varia de -0,9°C a -0,5°C nos quatro primeiros meses do ano, o ano sofreu com os dois fenômenos ambos no início e no fim do ano, onde o evento El Niño permaneceu até junho de 2019 com intensidade fraca durante esse período.

Gráfico 5 - Intensidade El Niño e La Niña em 2018 e 2019.



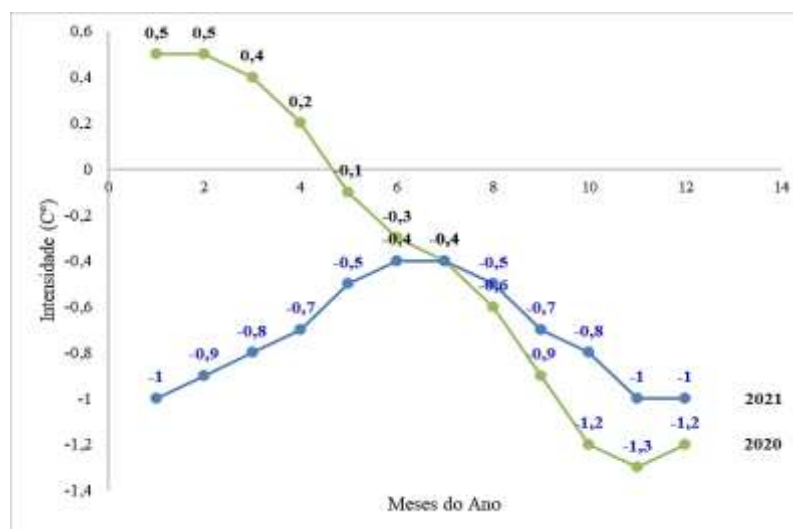
Fonte: Autores (2023).

Outubro registrou o mês mais quente do ano, com média do mês de 30,33º, e a umidade mais baixa foi de 37,29% registrada no mês de setembro. No mês de agosto, o alto do Rio Negro, após um longo período apresentando cotas altas, começou a baixar, indicando fim da cheia, tendo seu nível reduzindo em média 8 cm por dia, chegando à cota mínima de 17,05 m. O ano de 2019 não sofreu tanto com a influência do El Niño, tendo intensidade fraca entre 0,7ºC a 0,5ºC, respectivamente, perdurando nos primeiros 6(seis) meses de 2019, tendo fortes chuvas também nos primeiros meses do ano, a precipitação média do ano foi de 211,61 mm, e média de temperatura de 27,64. Nesse período, o rio Negro encontrou-se em processo de enchente, apresentando cotas expressivamente altas para a atual época do ano.

La Niña em 2020 e 2021

O ano de 2020 foi atípico em comparação aos anos anteriores, que teve chuvas intensas a partir de janeiro e estendeu-se na maioria dos meses do ano, porém o evento La Niña começou a se manifestar a partir de agosto, uma grande quantidade de águas frias abaixo da superfície do Pacífico começou a emergir na superfície nos meses seguintes, chegando a temperaturas de -1,3ºC em novembro (gráfico 6), de intensidade moderada, tendo influencia na região norte do Brasil a partir de setembro, durando praticamente todo ano de 2021.

Gráfico 6 - Intensidade El Niño e La Niña em 2018 e 2019.



Fonte: Autores (2023).

Ainda, o ano de 2020 apresentou uma média de temperatura em torno de 26,75°C, com umidade relativa do ar de 71,63%, tendo ocorrência de chuva nos primeiros meses ano, porém sem interferência ENOS, sendo típico da estação predominante da região nesse período, a média de precipitação foi menor que o ano de 2019 de 170,3 mm. A cota máxima do Rio Negro foi de 28,52 em junho, que teve alerta de cheia nesse período, porém não afetou a comunidade local.

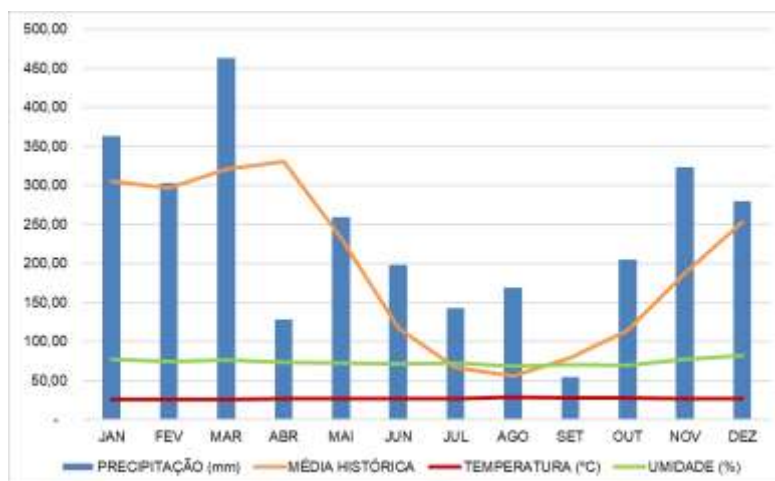
O ano de 2021 sofreu forte influência do fenômeno La Niña, a anomalia do oceano Pacífico apresentou intensidade moderada de -1°C no começo e fim do ano, o índice de chuva em janeiro começou acima da média histórica, conforme tabela 5, e assim permaneceu durante os três primeiros meses.

Tabela 5. Variáveis climáticas no ano de 2021, incluindo média histórica.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média Histórica	305,60	296,80	320,90	331,00	233,30	117,20	67,10	56,10	79,00	113,90	188,00	253,50
Precipitação (mm)	363,40	303,20	463,00	128,00	259,40	198,60	142,80	169,00	54,40	205,40	323,60	280,20
Temperatura (°C)	26,22	26,19	25,88	26,86	27,10	27,29	27,41	28,41	28,04	28,34	26,87	26,58
Umidade (%)	77,66	74,02	76,43	73,33	72,90	71,43	72,31	68,97	70,88	69,64	76,98	81,84

Fonte: Autores (2023).

Gráfico 7. Variáveis climáticas do ano de 2021 relacionada a tabela 5.



Fonte: Autores (2023).

Conforme os dados do gráfico 7, a média de precipitação do ano de 2021 foi a maior registrada ao longo desses dez anos analisados, com 240,91 mm, somente em

março o período pluviométrico atingiu o pico de 463,00mm, durante todo o ano a precipitação, foi na maioria dos meses, acima da média histórica, a umidade relativa do ar obteve média de 73,86% e temperatura 27,1°C. Com chuvas intensas durante todo o ano a cota do Rio Negro atingiu o pico de 30,02 m em junho de 2021, sendo a maior cheia registrada da história, atingindo diretamente 59 municípios do estado do Amazonas, deixando 35 em estado de emergência, provocando inundações, transbordamentos e causando danos econômicos em populações ribeirinhas.

Figura 5 - Cheia histórica atinge cidade de Manaus.



Fonte: Amazônia Real (2021).

O centro da cidade de Manaus foi bastante afetado pela cheia, impedido comerciantes de trabalhar, mudando a rota do trânsito e afetando vários moradores aos arredores do rio, permanecendo assim por quase quatro meses.

Figura 6 - Centro de Manaus alagado pelo Rio Negro.



Foto: G1 (AM).

A grande influência do fenômeno ENOS nesses dois últimos anos se dá a mudanças climáticas, com grandes taxas de anomalias de precipitação, segundo dados do INMET, toda região norte foi afetada. La Niña segue influenciado o clima no município de Manaus até o ano de 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados de precipitação, umidade, temperatura e cota do rio Negro, permitiram caracterizar os aspectos climáticos na cidade de Manaus ao longo dos dez anos, sendo levado em consideração a intensidade do fenômeno ENOS. Foi possível verificar influência direta do fenômeno em períodos de máximas de temperatura e seca pelo evento El Niño, e máximas de precipitação e cheia ocasionados pelo evento La Niña. A média de temperatura da cidade ao longo desses dez anos foi de 27,40°C, bem abaixo se comparado a sensação térmica sentida pelo povo manauara, que chega até 38°C em dias muito ensolarados.

Toda a região é muito úmida, devido à alta concentração de vapor d'água, registrando alguns dias até 90% de umidade relativa do ar, a média do período foi de 71,78%. A precipitação na região, é do tipo convectiva, de alta intensidade, a média total desse período foi de 173,65%. Com base nesses dados, o fenômeno ENOS se destacou principalmente anos de 2015 e 2021.

Em 2015, a ocorrência do El Niño foi predominante o ano inteiro, onde a máxima de temperatura da anomalia no oceano foi de 2,6°C (intensidade forte), causando intensas secas e incêndios em toda região até o ano seguinte. Em 2021 o evento La Niña predominou o ano todo, tendo temperaturas mínimas da anomalia no Oceano Pacífico de até -1°C, no ano anterior a temperatura chegou a apresentar -1,3°C, elevando os níveis de precipitação e ocasionando a cheia histórica do Rio Negro em 2021.

Apesar dos efeitos causados pelo ENOS nas cidades do norte do país, é possível criar medidas e ações mitigadoras para reduzir os impactos causados pelo fenômeno. Deve haver uma proximidade do Poder Público dos Centros de Previsão e Monitoramento do Clima antecipando o evento aos governantes, e estes podem desenvolver projetos de gestão dos recursos hídricos, desenvolver projetos de

fiscalização e contigência em áreas de risco de incêndios e levar campanhas de esclarecimento dos riscos causados pelo fenômeno para a população.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. H. C. Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola das regiões Nordeste e Sul do Brasil. 2012. 45 f.

Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012 (UFV, Dissertação de Mestrado em Economia Aplicada).

A Critica, Manaus, 25 de dezembro de 2018. Disponível em: <<https://www.acritica.com/manaus/ultimos-dias-de-2018-em-manau-ter-o-pancadas-de-chuva-veja-a-previs-o-do-tempo-1.80508>> Acessado em maio de 2022.

BERENGUER, E.; LENOX, G. D.; BARLOW, J. Rastreando os impactos da seca e do fogo do El Niño em florestas amazônicas modificadas pelo homem, **Revista PNAS**, 2021.

Climate Prediction Center, Seção El Niño / Southern Oscillation (ENSO). Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php> Acessado em abril de 2022.

CPRM, Manaus, agosto de 2018, Boletim De Monitoramento Hidrológico Da Amazônia Ocidental. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/sace/manaus_monitoramento.php> Acessado em abril de 2022.

CPRM, Manaus, julho de 2019, Boletim De Monitoramento Hidrológico Da Amazônia Ocidental. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/sace/manaus_monitoramento.php> Acessado em abril de 2022.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2021). Brasil, 2021. El Niño Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/elnino/pt>> Acessado em abril de 2022.

Gazeta do Povo, Manaus, 16 de maio de 2012. Seção Vida e Cidadania. Disponível em:<<https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/cheia-do-rio-negro-registra-recorde-historico-em-manau-2291iaqp2i01i2l2r2kudgkzy/>> Acessado em abril de 2022.

CPTEC/INPE, Condições atuais do ENOS: La Niña, 2016. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/#:~:text=O%20ENOS%20refere%2Dse%20%C3%A0s,globais%20na%20temperatura%20e%20precipita%C3%A7%C3%A3o>> Acessado em abril de 2022

CPTEC/INPE, maio de 2022, Condições Atuais Do Enos: Caracterização Do El-Niño. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/#:~:text=O%20ENOS%20refere%2Dse%20%C3%A0s,globais%20na%20temperatura%20e%20precipita%C3%A7%C3%A3o>> Acessado em maio de 2022

CUNHA, G. O fenômeno El Niño - Oscilação do Sul e suas aplicações na agricultura do sul do Brasil, **Embrapa Trigo**, Fundo, RS, 2012.

ESCOBAR, F. B. Uso de SIG Na Identificação e Quantificação de Habitações em Areas de Preservação Permanente na Cidade de Manaus – AM. **Revista Galoá**, Santos - SP, p. 1382-1385, 2019.

FERREIRA, B.; VALVERDE, M. C. Análise dos Índices de Extremos de Precipitação em Cenários Futuros na Bacia do Rio Ribeira de Iguape - São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 1, p. 41-55, 2022.

GLOBO RURAL, 01 de outubro de 2018. Seção Previsão do Tempo. Disponível em: < <https://globorural.globo.com/tempo/noticia/2018/10/o-que-sao-os-fenomenos-el-nino-e-la-nina.ghtml> > Acessado em maio de 2022.

GOMES, R. C.; ZANELLA, M. E; OLIVEIRA, V. P. V. Identificação das áreas de riscos relacionadas aos Eventos Pluviométricos Extremos na Zona Urbana de Independência-CE. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 15, n. 2, p. 178-198, 2022.

GUIMARÃES, D.; REIS, R. Fenômeno ENOS e a temperatura no Brasil, **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, 2012. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71671/1/Fenomeno-ENOS.pdf> > Acessado em maio de 2022.

G1 - Globo.com, Manaus, 29 de janeiro de 2020. Disponível em: < <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2020/01/29/volume-de-chuvas-registrado-em-manaus-em-2020-ultrapassa-media-de-janeiro-aponta-inmet.ghtml> > Acessado em maio de 2022.

G1 - Globo. Com, Manaus, 04 de dezembro de 2018. Seção Amazonas. Disponível em: < <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2018/12/04/manaus-registra-837-milimetros-de-chuva-em-24-horas-veja-onde-mais-choveu-no-am.ghtml> > Acessado em maio de 2022.

G1 - Globo.com, Manaus, 19 de outubro de 2015. Seção Amazonas. Disponível em: <<https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2015/10/incendios-continuam-e-populacao-reclama-de-transtornos-saude-no-am.html>> Acessado em maio de 2022.

G1 - Globo.com, 19 de julho de 2021. Seção Amazonas. Disponível em: < <https://g1.globo.com/natureza/amazonia/noticia/2021/07/19/amazonia-25-bilhoes-de-arvores-e-cipos-morreram-em-seca-e-incendios-de-2015-mostra-estudo.ghtml> > Acessado em março de 2022.

G1 - Globo.com, Manaus, 19 de outubro de 2015. Seção Amazonas. Disponível em:<<https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2015/10/seca-do-rio-negro-ganha-forca-e-muda-paisagens-em-manaus.html> > Acessado em maio de 2022

IBGE, População estimada: Diretoria de pesquisas, coordenação de população e indicadores sociais, estimativas residentes com data de referência 2022. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao.html>>

Infoamazonia, 12 de outubro de 2015. Disponível em: < <https://infoamazonia.org/2015/10/12/95-a-mais-de-queimadas-e-incendios-florestais-em-setembro-no-amazonas/>> Acessado em março de 2022.

LOPES, A.; VIEIRA, M.; LIMA FILHO, A. A.; SILVESTRIM, E. G.; SILVESTRIM, F. G. Anomalias na precipitação de quatro Municípios do Amazonas, Brasil, **Research Society and Development**, v. 10, n. 14, e196101421766, 2021.

MARENGO, J. A. On the hydrological cycle of the Amazon Basin: a historical review and current State-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3a, p. 01-19, 2006.

MARTÍNEZ, R., ZAMBRANO, E., NIETO, J. J., HERNÁNDEZ, J., COSTA, F. Evolución, vulnerabilidad e impactos económicos y sociales de El Niño 2015-2016 en América Latina. **Investigaciones Geográficas**, v. 68, p. 65-78, 2017.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO BRASIL. INMET – Instituto Nacional De Meteorologia. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>> Acessado em maio de 2022.

OGASSAWARA, J.; NUNES, A.; RIQUETTI, N. Eventos Extremos de Precipitação Nna Bacia Hidrográfica do Rio Piratini: Relação com ENOS e Estudo de Caso. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 342 -364, 2021.

O TEMPO.COM, Manaus, 08 de junho de 2021. Seção Atualidade. Disponível em: < <https://www.tempo.com/noticias/actualidade/rio-negro-registra-maior-cheia-em-119-anos-em-manaus-inundacao.html>> Acessado em maio de 2022.

PORTO DE MANAUS, Manaus, 07 de junho de 2022. Seção Nível do Rio Negro. Disponível em: < <https://www.portodemanaus.com.br/?pagina=niveis-maximo-minimo-do-rio-negro>> Acessado em maio de 2022.

REBELLO, E. As maiores cheias e secas no Amazonas e as possíveis influências dos Fenômenos El Niño, La Niña, ODP E OMA. **UFMG**: Universidade Federal de Campina, 2013 (UFMG, Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia).

ROCHA, W. M. “Da belle-epoque à bréa-epoque” – Relações Internacionais e a governança das mudanças climáticas na Amazônia: um diálogo entre o público, o privado e o internacional no desenvolvimento sustentável dos Estados do Pará e do Amazonas. **UNB**: Universidade de Brasília, Brasília, 2019 (UNB, Tese em Relações Internacionais).

SANTOS, M. R. S.; VITORINO, M. I.; PIMENTEL, M. A. S. Vulnerabilidade e mudanças climáticas: análise socioambiental em uma mesorregião da Amazônia. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 5, p. 842-845, 2017.

METSUL – Meteorologia, 14 de outubro de 2021. La Niña Está De Volta – Oficial. Disponível em: < <https://metsul.com/la-nina-esta-de-volta-oficial/> > Acessado em maio de 2022.

SILVA, E. B. Impacto da seca na saúde nos municípios do nordeste brasileiro. **Perspectivas Contemporâneas**, v. 17, n. 1, p. 1–16, 2022.

SOARES, A. Influência de Fenômenos Climáticos sobre o Regime Hidrológico no médio Rio Negro (Amazonas – Brasil). **UFAM: Universidade Federal do Amazonas**, 2022 (UFAM, Dissertação de mestrado do Programa de Pós- Graduação em Ciências do Ambiente.

TODA MATÉRIA. Seção Geografia. Disponível em: < <https://www.todamateria.com.br/el-nino/> > Acessado em maio de 2022.

TEMPO.COM, 24 de maio de 2022. Seção Atualidade. Disponível em: < <https://www.tempo.com/noticias/actualidade/amazonas-sofre-novamente-com-as-cheias-dos-rios-culpa-do-la-nina.html> > Acessado em junho de 2022.

Kayra Jordana Sá dos Santos - Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Bacharel em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário Fametro, atua na área de meio ambiente com ênfase em Química Ambiental.

Núbia Patrícia dos Anjos Cardoso - Técnica em Edificações pela Escola Técnica do Amazonas, Bacharel em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário Fametro, e Consultora em Gestão Ambiental, Sistema de Gestão Integrado.

Alexandra Amaro de Lima - Bacharel em Meteorologia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Mestre em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Doutora em Clima e Ambiente pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – (INPA/UEA). Atua no ensino superior desde 2013, como docente nos cursos de Engenharia Ambiental, Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica e Engenharia Civil no Centro Universitário FAMETRO. É pesquisadora e professora permanente do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental no Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia – (ITEGAM).

Recebido para publicação em 30 de maio de 2023.

Aceito para publicação em 30 de março de 2024.

Publicado em 27 de maio de 2024.