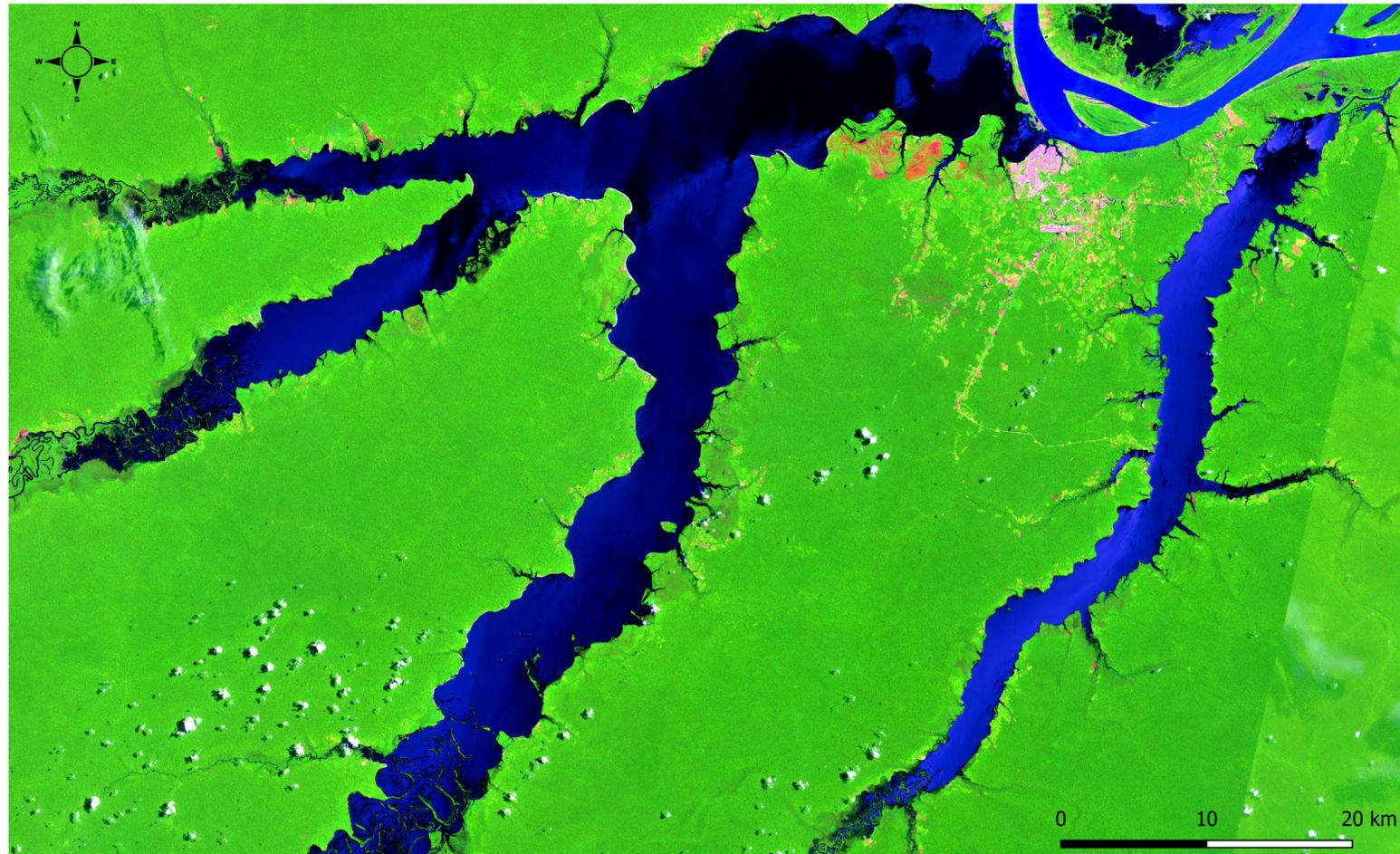

NOTA TÉCNICA

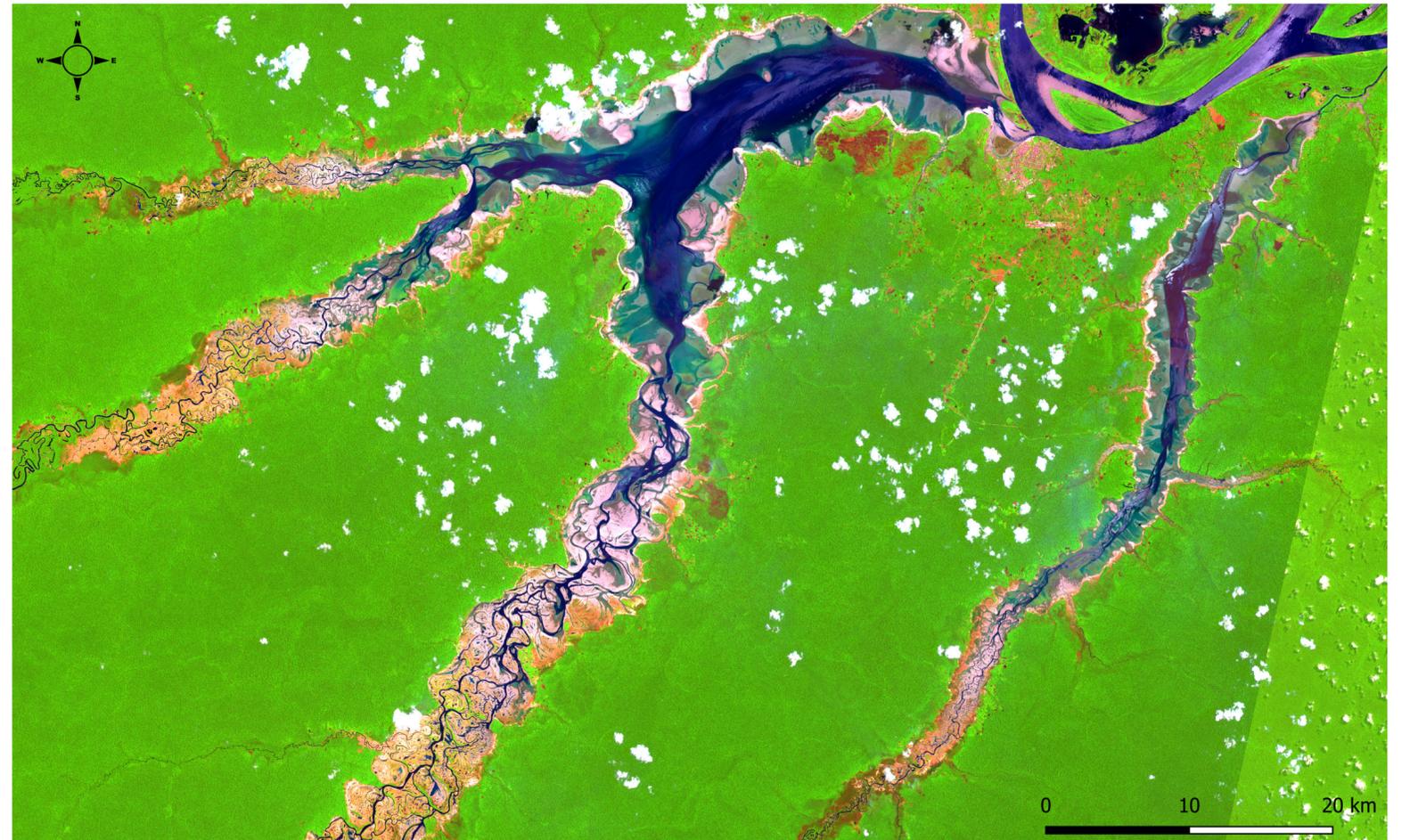
Seca severa no estado do Amazonas em setembro de 2023

Bruno Ferreira e Carlos Souza Jr.





Setembro de 2022



Setembro de 2023

1. Introdução

A seca severa na Amazônia em 2023 tem sido atribuída a uma combinação do fenômeno El Niño com o aquecimento do Atlântico Norte, levando a uma intensa estiagem que pode continuar até janeiro de 2024. O estado do Amazonas é um dos mais atingidos. No mês de setembro de 2023, aproximadamente 20 estações da rede hidrológica amazônica registraram condições de seca, com metade localizadas no Amazonas. A situação é tão crítica que mais de 40 cidades na região declararam estado de emergência, e rios importantes, como o Amazonas e o Negro estão sofrendo com a diminuição do nível de água, o que leva ao surgimento de extensos bancos de areia. Além disso, a seca está causando a mortandade de milhares de peixes e dezenas de botos na região, e várias comunidades estão isoladas.

Nesta nota técnica, estimamos o impacto da redução de superfície de água no Amazonas comparando imagens dos satélites Landsat 8 e 9, Sentinel-1 e Sentinel-2 nos meses de setembro de 2022 e setembro de 2023 (ver detalhes na seção de Método). Aplicamos técnicas de processamento de imagens para mapear a superfície de água nestes dois meses e, em segui-

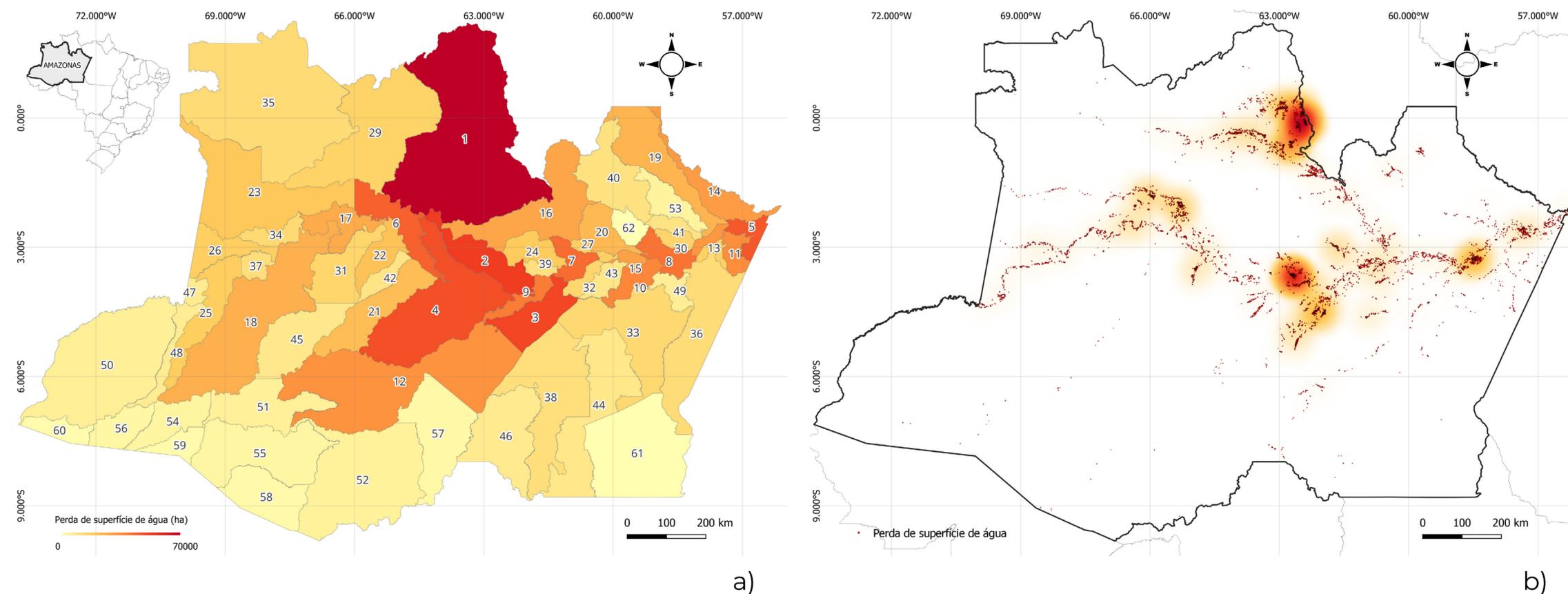


Figura 1 Perda de superfície de água nos municípios do Amazonas (a) e áreas mais afetadas pela redução da superfície de água (b) com base em imagens Sentinel 1 e 2.

da, estimamos a redução de superfície de água por município neste estado (Figura 1). Isso permitiu (i) estimar a área afetada pela seca no estado do Amazonas; e (ii) indicar as áreas mais críticas.

Em 2022, o MapBiomas Água detectou um aumento de superfície de água devido ao aumento das chuvas na Amazônia e em grande parte do Brasil. Isso colocou o Amazonas com uma superfície de água num patamar de 4,95 milhões de hectares, acima da média de setembro na série histórica do MapBiomas Água (Figura 2). Em setembro de 2023, as águas reduziram para uma extensão de 3,56 milhões de hectares, ou seja, houve uma perda de 1,39 milhões de hectares de superfície de água comparando setembro de 2022 com o mesmo mês em 2023 (Figura 2). A estimativa foi feita combinando imagens Landsat com imagens Sentinel-1 (radar) para mapear áreas cobertas por nuvens. A estimativa de redução de superfície de água com imagens Sentinel 1 e 2 foi menor (530 mil hectares) porque usamos um índice espectral de detecção de água (NDWI) aplicado a imagens Sentinel-2 que subestima a detecção de água em áreas de várzea. Com o Landsat foi possível detectar água em área de várzea porque o método utilizado é baseado em análise de mistura espectral na escala do sub-píxel.

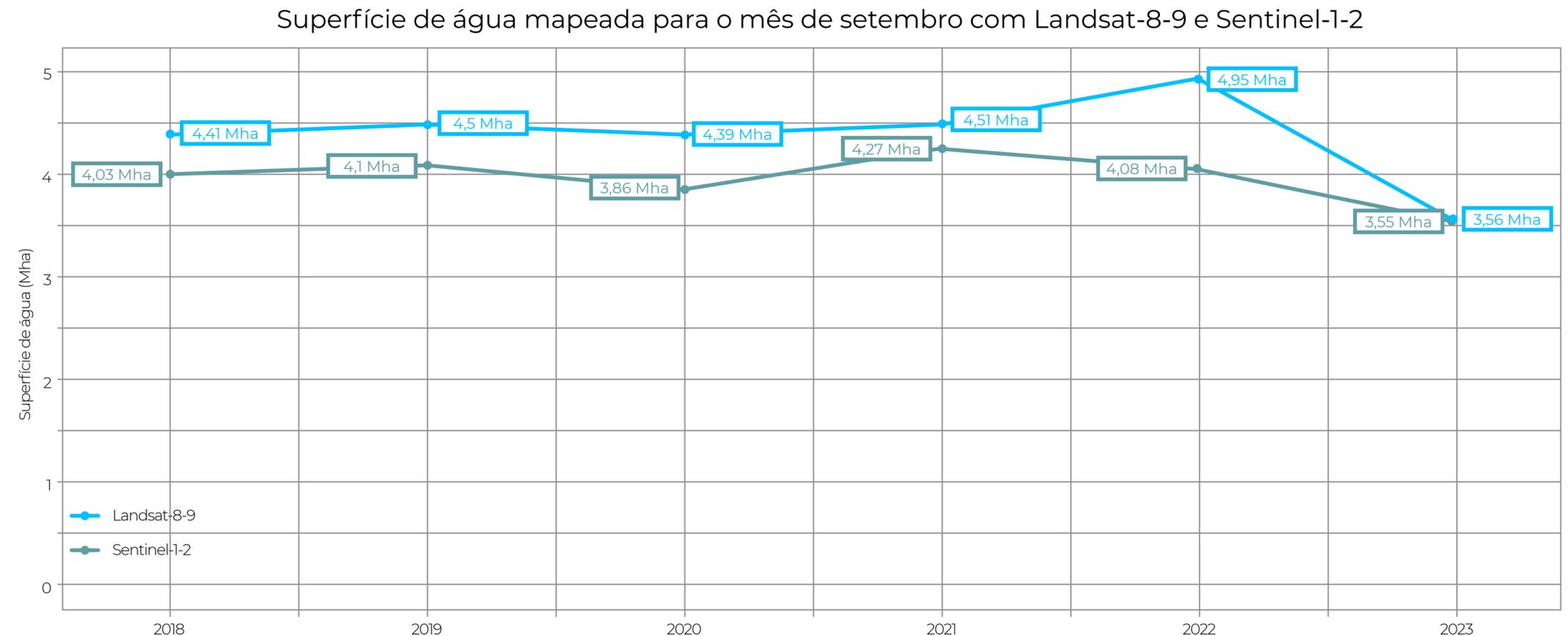


Figura 2 Variação da superfície de água no mês de setembro de 2018 a 2023 com imagens Landsat usadas na iniciativa MapBiomas Água, e Sentinel 1 e 2 adicionados para esta nota técnica como outra referência de variação de superfície água. Em setembro de 2023, o mapeamento com Landsat foi complementado com imagens Sentinel 1 e 2 nas áreas cobertas por nuvens.

2. Municípios Mais Afetados pela Seca

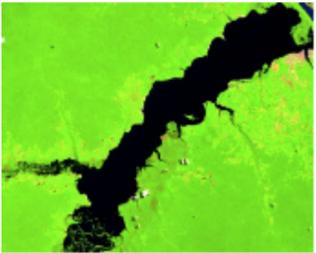
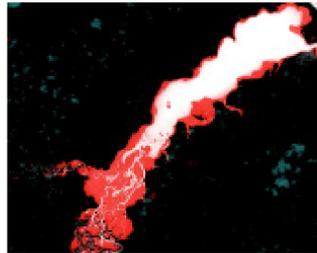
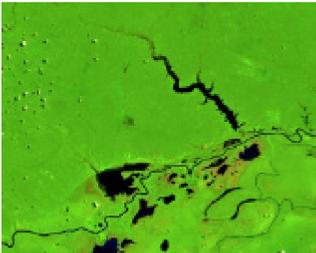
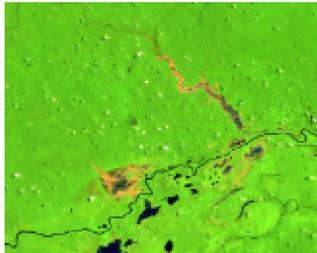
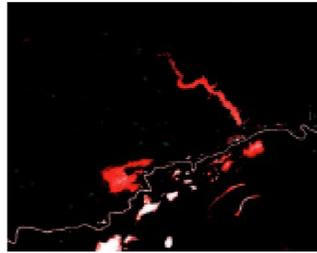
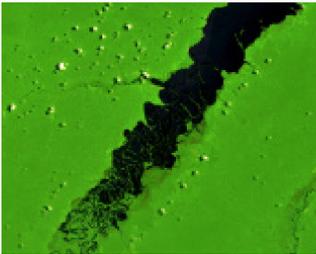
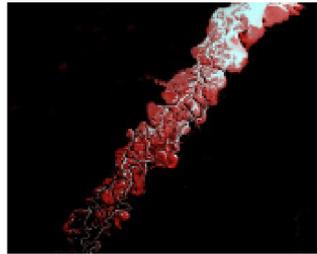
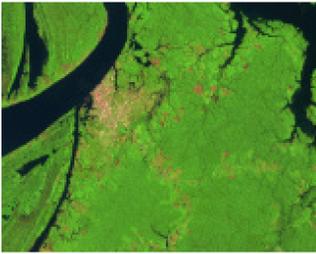
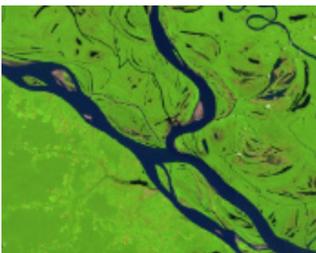
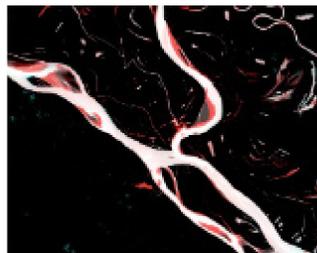
A Figura 3 apresenta o ranking de perda de água dos municípios do Amazonas, com base no mapeamento com imagens Sentinel 1 e 2 (que traz uma estimativa mais conservadora). O município de Barcelos, no centro norte do Amazonas foi o mais afetado com uma perda de 69 mil hectares de superfície de água entre setembro de 2022 e setembro de 2023. Dez municípios perderam mais de 20 mil hectares de superfície de água, representando em termos de extensão, a classe mais crítica. Em seguida, dez municípios perderam entre 10 mil e 20 mil hectares,

e os demais ficaram abaixo de 10 mil hectares de redução de superfície de água. Os vinte municípios que mais perderam superfície de água no Amazonas estão em estado de emergência ou de alerta. É importante ressaltar que esse ranking é baseado na estimativa mais conservadora, com imagens dos satélites Sentinel 1 e 2 (ver seção de método). A extensão de perda de água aponta para um cenário mais crítico com as imagens Landsat (que usa um método que permite medir a perda de água em áreas de várzea). Exemplos de áreas afetadas pela seca são mostrados com imagens Sentinel-2 no Quadro 1.

A perda de superfície de água em setembro de 2023 no Amazonas ficou entre **530 a 630 mil ha** aproximadamente a área do Distrito Federal



Figura 3 Ranking de perda de superfície de água nos municípios do estado do Amazonas entre setembro de 2022 e setembro de 2023.

REGIÃO	MOSAICO SENTINEL-2 SETEMBRO DE 2022	MOSAICO SENTINEL-2 SETEMBRO DE 2023	SENTINEL-2 RGB TEMPORAL
<p>A seca no Lago Tefé que culminou na morte de mais de 100 botos</p> <p>LAT: -3.4692 LONG: -64.9101</p>			
<p>Lagos inteiros secaram em áreas de várzea como na RESEX Auatí-Paraná</p> <p>LAT: -2.0242 LONG: -66.3078</p>			
<p>A seca no Lago de Coari afeta o acesso a alimentos, medicamentos e o calendário escolar</p> <p>LAT: -2.0242 LONG: -66.3078</p>			
<p>“Terras caídas”: Deslizamento engoliu a comunidade Vila Arumã no município de Beruri.</p> <p>LAT: -3.6668 LONG: -61.7021</p>			
<p>A seca forma bancos de areia extensos entre os municípios de Tefé e Alvarães</p> <p>LAT: -3.2454 LONG: -64.7527</p>			

Quadro 1 Exemplos de detecção de perda de superfície de água com imagens Sentinel 2 para várias regiões do estado do Amazonas.

3. Método

Dezenas de municípios encontram-se em estado de emergência, afetando comunidades ribeirinhas, extrativistas, quilombolas, indígenas e áreas urbanas.



Utilizamos duas abordagens para estimar a perda de superfície de água. A primeira, é a abordagem aplicada no MapBiomas Água baseada em estimativas de água, vegetação e solo na escala do sub-pixel da imagem, o que permite mapear água em ambientes complexos com mistura de vegetação e solos. O método é descrito em detalhe nesse [documento](#).

O segundo método utilizou imagens Sentinel 1 e 2. Isso foi necessário para permitir a detecção e o mapeamento em áreas cobertas por nuvens, que podem ser monitoradas com imagens de radar (Sentinel 1). O mês de setembro de 2023 estava com alta cobertura de nuvens e, por isso, decidimos incluir imagens de radar para uma rápida avaliação do impacto da seca no Amazonas em setembro de 2023. A desvantagem deste método com as imagens Sentinel 1 de radar é que não permite mapear a superfície água em ambientes de várzea como no Landsat. As imagens Sentinel 2 foram usadas para auxiliar na validação do mapeamento com Sentinel 1, mas no futuro pretendemos adaptar o modelo aplicados às imagens Landsat para aumentar a robustez do mapeamento em áreas de várzea neste sensor.

Utilizamos dados de radar Sentinel1 (banda VV) para mapear a diminuição da área coberta por água entre dois momentos distintos, setembro 2022 (t0) e setembro de 2023 (t1). A nossa análise envolve a comparação dos mosaicos medianos com imagens correspondentes a essas duas datas, com o objetivo de identificar áreas onde ocorreu a redução da superfície de água.

Para realizar a classificação, procedemos com uma operação de subtração entre os momentos t0 e t1, permitindo detectar as “mudanças na superfície de água”. Em seguida, estimamos a redução de superfície de água utilizando um limiar estabelecido em < -0.2 dB, com base na distribuição de frequência da imagem mudança.

O método aplicado para detectar superfície de água com imagens Sentinel 2 foi baseado no índice NDWI (Normalized Difference Water Index), o que permitiu auxiliar na calibração da detecção de água com o Sentinel 1. Para composição do mosaico Sentinel 2 para os meses de setembro de 2022 e 2023, utilizamos imagens com até 50% de cobertura de nuvem.

4. Conclusão

Esta Nota Técnica do MapBiomas Água traz uma estimativa da redução de superfície de água no estado do Amazonas entre setembro de 2022 e setembro de 2023. A redução de água foi detectada em rios, lagos e em áreas de úmidas, atingindo 25 municípios com perda de mais de 10 mil hectares de superfícies de água, sendo que os cinco primeiros do ranking perderam mais de 40 mil hectares. Dezenas de municípios encontram-se em estado de emergência, afetando comunidades ribeirinhas, extrativistas, quilombolas, indígenas e áreas urbanas. O impacto na biodiversidade aquática tem sido reportado em várias localidades, mas ainda não foi estimado, podendo atingir proporções alarmantes. Além disso, o Amazonas encontra-se com alta vulnerabilidade à queimadas, o que aumenta o risco às populações e à economia. Os efeitos do El Niño severo de 2023 e do aquecimento do Atlântico Norte têm sido considerados como os principais fatores que estão contribuindo com a seca severa na região, o que pode ser de maior intensidade do que a seca de 2010. As mudanças climáticas e o desmatamento, por sua vez, são considerados a principal causa das secas, cada vez mais frequentes e severas na Amazônia.



As análises foram realizadas por Bruno Ferreira e Carlos Souza Jr., pesquisadores do Imazon.