

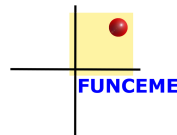
CEARÁ
GOVERNO DO ESTADO
Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH

Relatório Técnico v.1

ÁREAS IRRIGADAS 2023

Bacia do Rio Jaguaribe





ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME

MAPEAMENTO DAS ÁREAS IRRIGADAS NA BACIA DO RIO JAGUARIBE EM 2023

Relatório Técnico v.1

Execução:

Gerência de Estudos e Pesquisas em Meio Ambiente - GEPEM

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME

Fortaleza-CE
2024

ESTADO DO CEARÁ

Elmano de Freitas da Costa - Governador

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Ramon Flávio Gomes Rodriges - Secretário

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME

Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins – Presidente

Francisco Hoilton Araripe Rios - Diretor Técnico

Luís César Pinho – Diretor Administrativo/Financeiro

Manuel Rodrigues de Freitas Filho - Gerente de Estudos e Pesquisas em Meio Ambiente

EQUIPE TÉCNICA EXECUTORA

Manuel Rodrigues de Freitas Filho, Geógrafo, Doutor em Geografia

Níveo Moreira da Rocha, Geógrafo, Especialista em Geoprocessamento

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho visa suprir a carência de dados espaciais sobre a agricultura irrigada no estado do Ceará, informação fundamental para o sistema de recursos hídricos realizar uma estimativa de uso da água e para subsidiar a tomada de decisão com vistas a segurança hídrica. Para tanto, técnicas de processamento digital foram aplicadas nas imagens geradas pelos satélites LANDSAT 8 e SENTINEL 2 visando extrair das mesmas diversas informações relacionadas a cobertura vegetal natural ou uso da terra. O grande acervo de imagens de satélite disponíveis na WEB de forma gratuita, atuais e históricas, favoreceram a identificação e a realização de uma análise espacial das áreas irrigadas na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe ao longo do ano de 2023.

Área de estudo

A área de estudo encontra-se situada na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, a qual possui uma extensão territorial aproximada de 75.074km², 50,2% do território do estado do Ceará, conforme ilustrado na Figura 01.



Figura 01 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe-CE
Elaboração: GEPEM, 2024

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os dados de sensoriamento remoto utilizados neste estudo foram consultados e analisados a partir do Google Earth Engine, uma plataforma baseada em computação em nuvem para processamento de dados geoespaciais atualizados continuamente, permitindo a realização de múltiplas análises para uma mesma área em um tempo bastante reduzido (Figura 02).

A partir da referida plataforma, foi desenvolvido um código computacional (script) na linguagem de programação Java, o qual possibilitou a realização de uma análise espacial das áreas irrigadas de forma automática com uso de índices espectrais e imagens geradas no decorrer do ano de 2023 pelo satélite LANDSAT, sensor OLI (Operational Land Imager), resolução espacial de 30(trinta) metros, bandas 4, 5 e 6, e pelo satélite SENTINEL 2, sensor MSI (MultiSpectral Instrument) bandas 2, 3 e 4, resolução espacial de 10 metros.

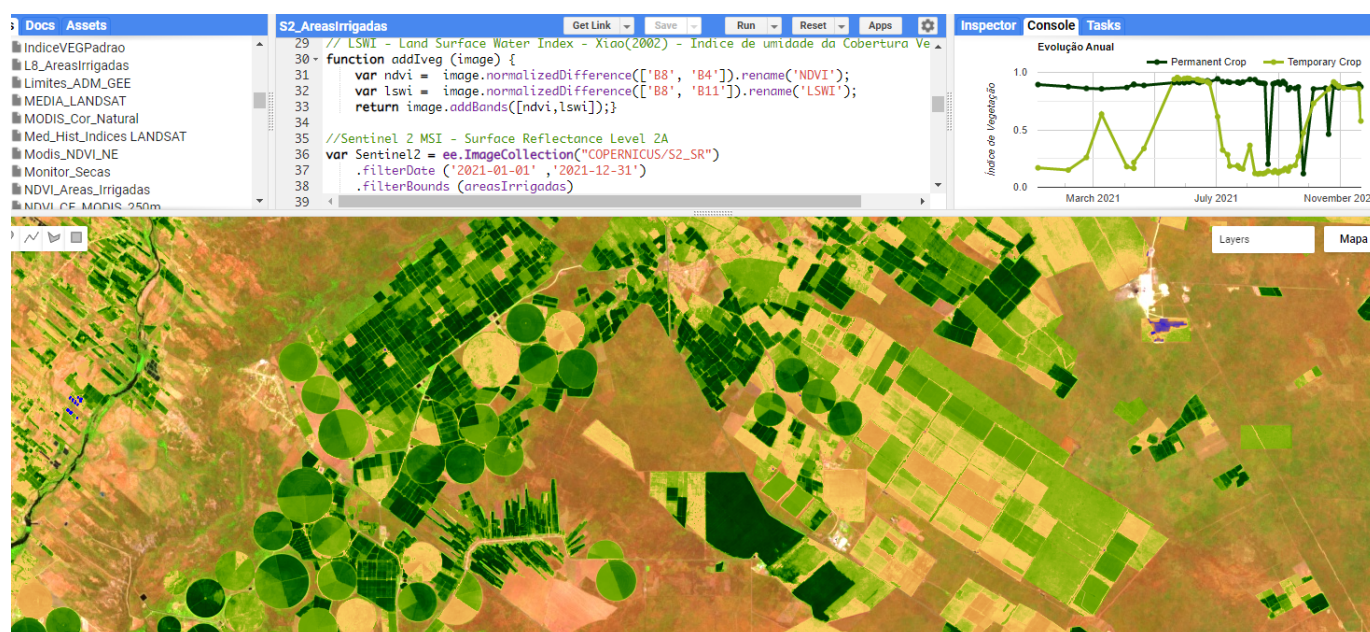


Figura 02 - Interface da plataforma Google Earth Engine apresentando imagem SENTINEL 2 em uma área da bacia do Rio Jaguaribe-CE com presença de áreas irrigadas.

Elaboração: GEPEM, 2024

As bandas selecionadas nos referidos satélites para este estudo atuam em três regiões espectrais: visível, infravermelho próximo e infravermelho médio. As áreas ocupadas com irrigação apresentam baixa reflectância na região do visível e alta reflectância na região do infravermelho próximo e médio.

Para realização da análise espacial e quantificação das áreas irrigadas, foram selecionadas imagens datadas do ano de 2023, geradas entre os meses de Julho e Novembro, período em que se verifica um menor índice de cobertura de nuvens na área em estudo e um maior contraste entre os cultivos irrigados e a vegetação da caatinga, cujos galhos ficam normalmente secos no decorrer do segundo semestre (FIGURA 03).

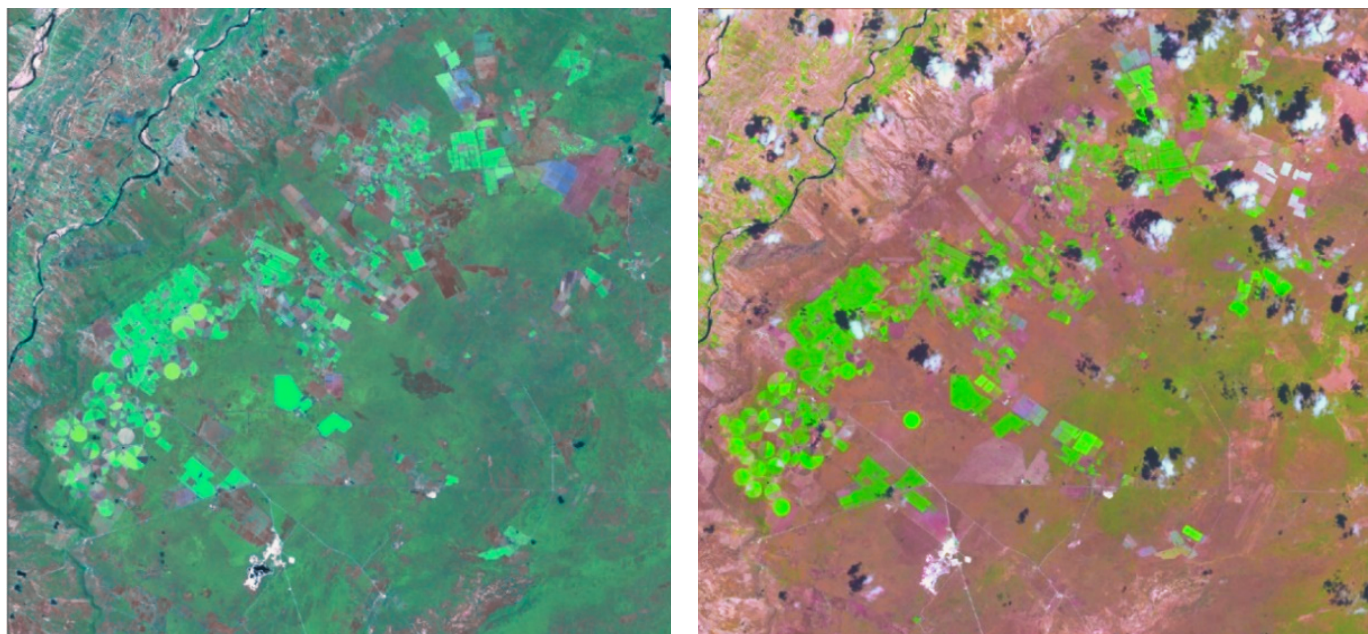


Figura 03 - À esquerda, imagem LANDSAT gerada no mês de Agosto, à direita, mesma cena gerada em Novembro. Observa-se na imagem de Novembro o contraste do verde das áreas irrigadas com os tons de cinza da vegetação de caatinga.
Elaboração: GEPEM, 2024

Foi utilizado o índice espectral NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), calculado com os valores digitais resultantes da reflexão dos alvos imageados pela banda que atua na região do infravermelho próximo menos os valores constantes na banda que atua na região do vermelho, dividido pela soma dessas mesmas bandas (FIGURA 04).

A vegetação apresenta reflectância baixa na faixa do visível e alta no infravermelho próximo. Através dessa operação matemática é obtido uma imagem formada por valores digitais situados entre -1 e +1, sendo que os valores entre -1 e 0 normalmente correspondem as áreas imageadas com total ausência de cobertura vegetal e os valores quanto mais próximos do +1 referem-se as áreas com cobertura vegetal mais preservada.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

onde NIR = região do infravermelho próximo e Red = região do vermelho

Figura 04 - Fórmula matemática utilizada no cálculo do NDVI

Alguns valores digitais de NDVI referente a vegetação natural úmida são semelhantes ao de áreas cultivadas que se encontram na fase próxima de colheita. Visando separar estas duas classes, tornou-se necessário para o mapeamento das áreas irrigadas a geração de uma máscara formada por polígonos de áreas que em algum momento no decorrer do período compreendido entre 2012 a 2023 foi identificado o uso com agricultura irrigada.

Referida máscara foi gerada através da aplicação de técnicas de interpretação visual, levando em consideração a cor, textura, geometria e contextualização dos alvos imageados, tendo como plano de fundo imagens LANDSAT e SENTINEL, datadas do período de 2012 a 2023. Visando uma melhor definição dos polígonos delimitados e o esclarecimento de dúvidas quanto aos alvos imageados, utilizou-se imagens de alta resolução espacial disponíveis no banco de dados BING da Microsoft (FIGURAS 05 e 06).



Figura 05 - Máscara separando área irrigada de vegetação natural tendo como plano de fundo imagem LANDSAT, à esquerda, e imagem de alta resolução espacial disponível no BING, à direita.
Elaboração: GEPEM, 2024

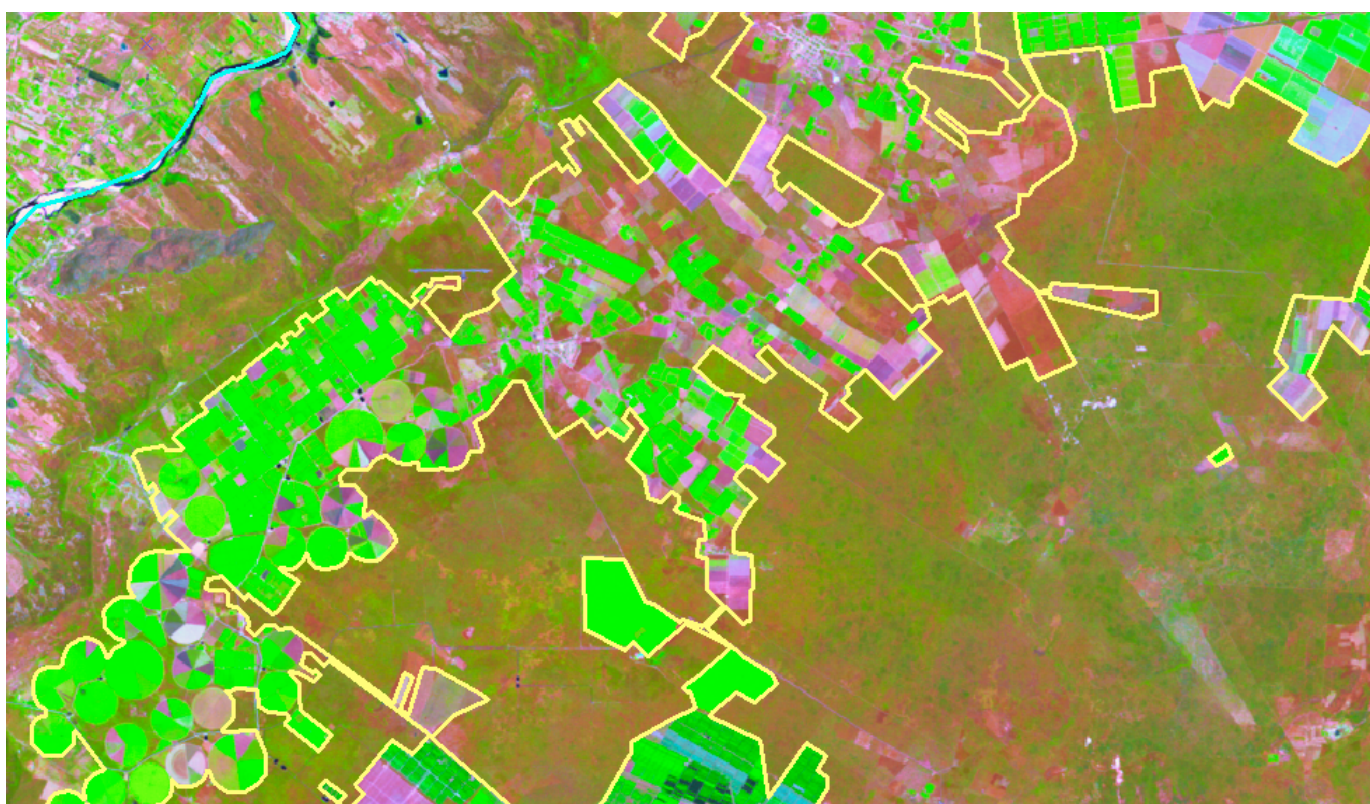


Figura 06 - Máscara, contorno em amarelo, das áreas irrigadas na imagem Landsat 8.
Elaboração: GEPEM, 2024

A máscara contendo os polígonos das áreas que em algum momento entre 2012 e 2023 foi identificado o uso com área irrigada, foi utilizada para separar nas imagens as áreas recobertas com vegetação natural das áreas ocupadas com irrigação. Através da plataforma Google Earth Engine, foram utilizados algoritmos destinados para o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), tendo como base as imagens geradas pelos satélites LANDSAT 8 e SENTINEL 2. Em seguida, foram definidos na imagem resultante do NDVI intervalos de valores visando separar as áreas com solo exposto das áreas com recobrimento vegetal. A etapa seguinte consistiu na realização de um recorte do referido índice de vegetação tendo como base a máscara das áreas irrigadas elaborada na etapa anterior, gerando assim uma imagem contendo a classificação apenas das áreas destinadas para irrigação (FIGURA 07).

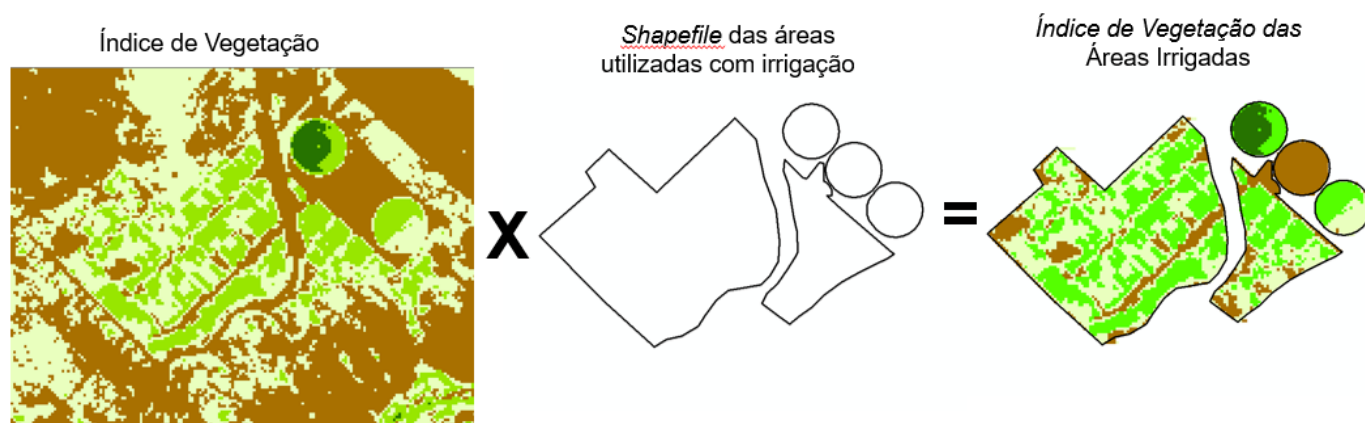


Figura 07 - Processo de geração do índice de vegetação apenas das áreas ocupadas com irrigação.

2 RESULTADOS

O mapeamento das áreas irrigadas em 2023 na Região hidrográfica do rio Jaguaribe foi elaborado com detalhes compatíveis com a escala cartográfica de 1:100.000. Os resultados encontram-se apresentados de acordo com as bacias que integram a região hidrográfica do rio Jaguaribe, quais sejam: rio Banabuiú, rio Salgado, Baixo, Médio e Alto Jaguaribe. A Tabela 01 e a Figura 08 apresentam os dados quantitativos resultantes do mapeamento realizado em 2023 e na Tabela 02 e Figura 09 é apresentado uma evolução das áreas irrigadas na região hidrográfica em estudo no período de 2012 a 2023.

Tabela 01 – Quantificação das áreas irrigadas em 2023 nas principais bacias hidrográficas do Rio Jaguaribe-CE.

Elaboração: GEPEM, 2024

Bacia Hidrográfica	Áreas Irrigadas em 2023 (ha)
Alto Jaguaribe	2.352,36
Médio Jaguaribe	3.710,95
Baixo Jaguaribe	17.457,33
Salgado	7.817,68
Banabuiú	1.726,49
TOTAL	33.064,81

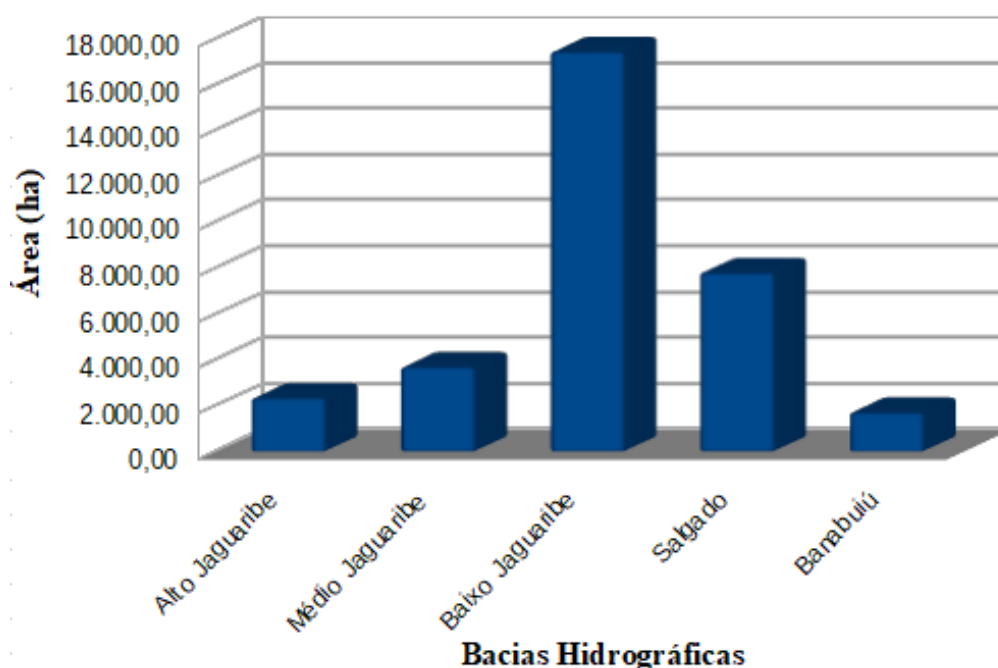


Figura O8 - Gráfico apresentando as áreas irrigadas em 2023 nas principais bacias hidrográficas do Rio Jaguaribe.
Elaboração: GEPEM, 2024

Verifica-se que entre as bacias hidrográficas mapeadas a do Baixo Jaguaribe se destaca na atividade de áreas irrigadas apresentando um total de 17.457,33ha irrigados no decorrer do ano de 2023. As bacias do Rio Salgado e do Médio Jaguaribe vem em seguida com 7.817,68ha e 3.710,95ha irrigados, respectivamente. Na bacia do Alto Jaguaribe verificou-se em 2023 um total de 2.352,36ha e na bacia do rio Banabuiú 1.726,49ha, esta última apresentou os menores totais de áreas irrigadas entre as bacias mapeadas em 2023.

A partir dos dados apresentados na Tabela 02, verifica-se que em 2023 ocorreu uma importante redução nas áreas ocupadas com irrigação na bacia do Rio Jaguaribe a qual apresentou no ano de 2022 56.402,43ha de áreas irrigadas e em 2023 apenas 33.064,81, uma redução considerável de 41% de um ano para o outro.

Neste sentido, destaca-se a bacia do Baixo Jaguaribe que em 2022 apresentou um total de 33.122,72ha de área irrigada e em 2023 apenas 17.594,30, reduzindo em 46% as áreas ocupadas com irrigação. Importante observar ainda a redução das áreas irrigadas ocorrida na bacia do rio Banabuiú a qual passou de 6.409,09 em 2022 para apenas 1.726,49 de áreas irrigadas em 2023. Na Figura 10 apresenta-se a distribuição espacial das áreas irrigadas em 2023 na região hidrográfica em estudo.

Tabela 02 – Quantificação das áreas irrigadas nas principais bacias hidrográficas do Rio Jaguaribe-CE no período de 2012 a 2023.
Elaboração: GEPEM, 2024

Bacia	ÁREA IRRIGADA (ha)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Baixo Jaguaribe	20.451,93	21.132,84	22.789,44	20.701,45	16.014,71	15.781,47	21.200,22	12.553,39	21.257,85	20.796,24	33.122,72	17.457,33
Médio Jaguaribe	4.858,38	6.608,90	5.513,22	4.390,56	4.110,75	4.256,64	4.390,29	1.896,02	5.004,19	5.633,75	5.703,08	3.710,95
Alto Jaguaribe	3.670,27	3.934,17	4.618,22	3.555,27	3.557,43	3.934,71	3.417,21	1.990,45	3.279,24	3.816,26	2.928,03	2.352,36
Banabuiú	13.034,25	9.903,69	10.260,27	5.736,96	3.512,97	5.375,43	4.966,38	1.581,91	4.837,81	3.309,17	6.409,09	1.726,49
Salgado	11.623,64	11.698,11	14.270,40	11.550,87	9.354,87	11.996,28	14.714,55	6.628,83	9.861,48	10.502,45	8.239,61	7.817,68
Total	53.638,47	53.277,71	57.451,55	45.935,11	36.550,73	41.344,53	48.688,65	24.650,60	44.240,57	44.057,87	56.402,53	33.064,81

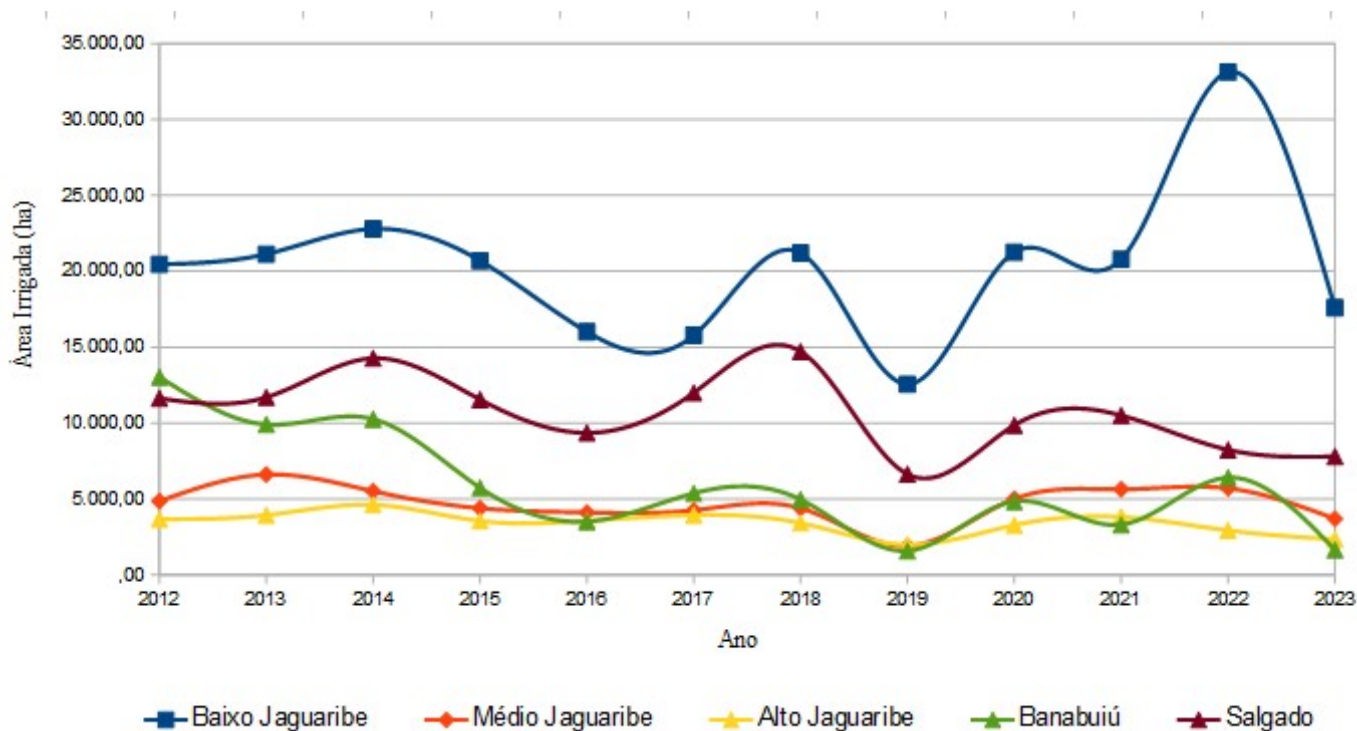
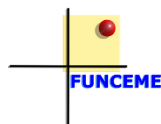


Figura 09 - Gráfico apresentando as áreas irrigadas em 2023 nas principais bacias hidrográficas do Rio Jaguaribe.
Elaboração: GEPEM, 2024

3 CONCLUSÕES

O uso da plataforma Google Earth Engine ofereceu ao mapeamento e avaliação das áreas irrigadas mais agilidade, qualidade e precisão. A utilização do conjunto de imagens resultante de todas as passagens do satélite Sentinel 2 no decorrer do ano de 2023 permitiu a identificação das áreas que foram irrigadas ao longo do período analisado. Com a grande disponibilidade de imagens de satélite (históricas e atuais), de forma gratuita e pré-processada, torna-se possível a atualização e elaboração de novos mapeamentos.

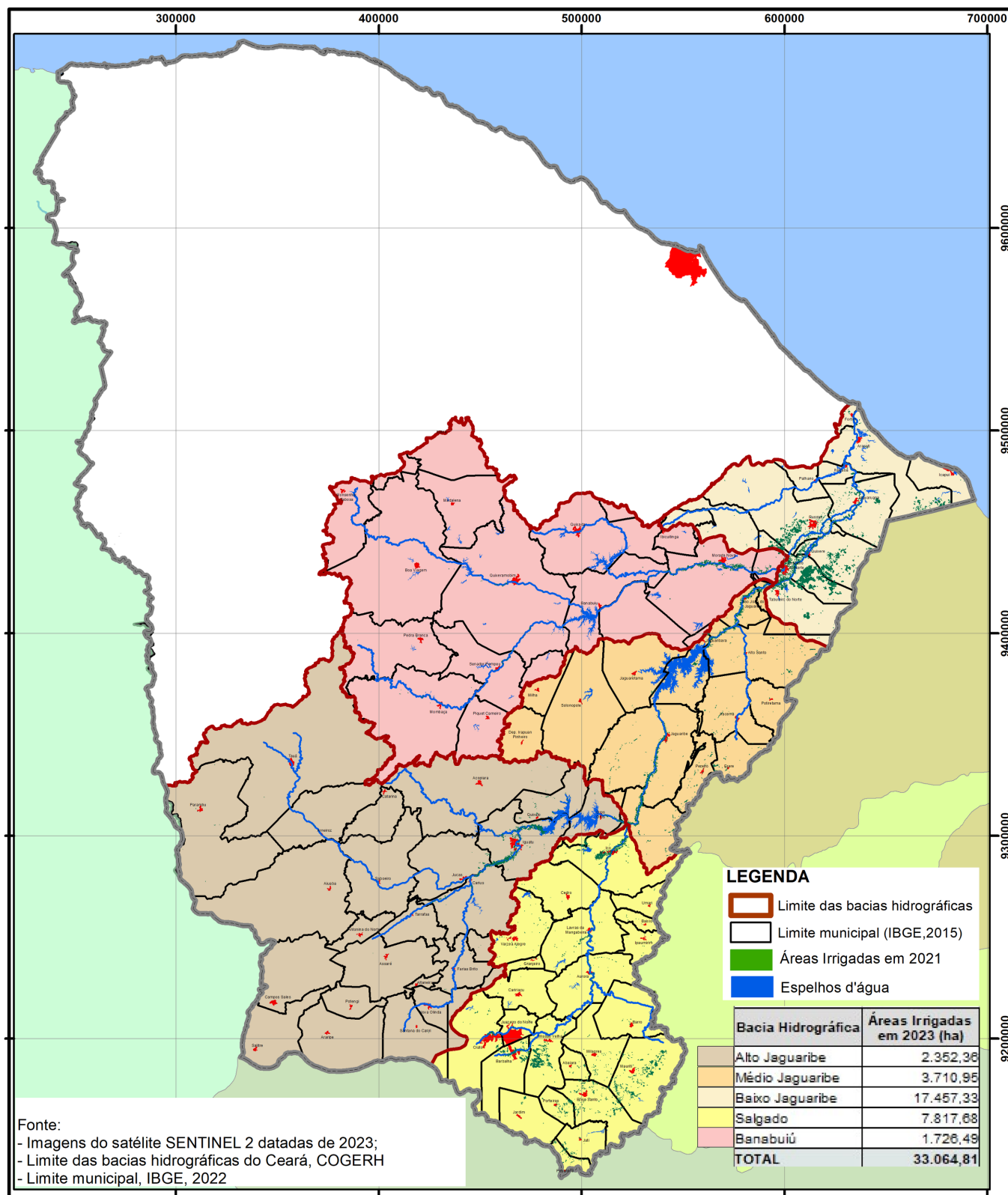
A base de dados com informações espaciais e tabulares das áreas irrigadas no Estado do Ceará que encontra-se sendo elaborada pela FUNCEME, deverá subsidiar e otimizar ações relacionadas a tomada de decisão na área de gestão dos recursos hídricos e do desenvolvimento econômico.



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH

Áreas Irrigadas na bacia do rio Jaguaribe-CE em 2023

0 12 24 48
km
Dezembro/2023



4 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil), Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada, Brasília, ANA, 2017;

Bariani, C.J.M.V; Felice, R.D; Bariani, N.M.V. Sensoriamento remoto de estádios fenológicos de culturas agrícolas irrigadas usando NDVI. Anais do 8º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal do Pampa, Itaqui-RS, 2015;

Noel Gorelick, Matt Hancher, Mike Dixon, Simon Ilyushchenko, David Thau, Rebecca Moore, Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone, Remote Sensing of Environment, Volume 202, 2017, Pages 18-27. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717302900>