



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA – UAST
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

**USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA DEFINIÇÃO DE ÁREAS
PRIORITÁRIAS A CONSERVAÇÃO EM RESERVATÓRIOS DA AMÉRICA DO
SUL**

FRANCISCO GUSTAVO DA SILVA

SERRA TALHADA – PE

2023

FRANCISCO GUSTAVO DA SILVA

**USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA DEFINIÇÃO DE ÁREAS
PRIORITÁRIAS A CONSERVAÇÃO EM RESERVATÓRIOS DA AMÉRICA DO
SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso
Apresentado ao Curso de Bacharelado em
Engenharia de Pesca da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Unidade
Acadêmica de Serra Talhada como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheiro de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Alan Cezar Bezerra

SERRA TALHADA – PE

2023

- S586u Silva , Francisco Gustavo
USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS A CONSERVAÇÃO EM
RESERVATÓRIOS DA AMÉRICA DO SUL / Francisco Gustavo Silva . - 2023.
71 f. : il.
- Orientador: Alan Cezar Bezerra.
Inclui referências e apêndice(s).
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Engenharia de Pesca, Serra Talhada, 2023.
1. Riqueza de espécies. 2. Impactos antrópicos. 3. Índice de clorofila-Chl-a. I. Bezerra, Alan Cezar, orient. II. Título

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADEMICA DE SERRA TALHADA

FRANCISCO GUSTAVO DA SILVA

**USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA DEFINIÇÃO DE ÁREAS
PRIORITÁRIAS A CONSERVAÇÃO EM RESERVATÓRIOS DA AMÉRICA DO
SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e APROVADO pela banca examinadora composta
pelos membros

Professor Dr. Alan Cezar Bezerra
Orientador

Professor Dr. Diogo Martins Nunes
Membro Interno

Professor Dr. Elton Jose de França
Membro Interno

A Minha esposa Amanda
Menezes Ferreira, meu filho Théo
Menezes Ferreira, a meu pai
Francisco Sebastião, a minha mãe
Rita, a meu irmão Joao Guilherme e a
todos que disseram que eu não
conseguiria.

AGRADECIMENTO

Primeiramente quero agradecer a Deus, por todas as conquistas até aqui, independentemente da quantidade. Grato a ele por sempre colocar pessoas que vieram para agregar em minha vida e minha formação pessoal.

Obrigado a UFRPE/UASt pela oportunidade e o fornecimento de conhecimento a ser aplicado para o bem e agradeço a todos os professores em especial o coordenador do curso de engenharia de pesca Diogo Martins Nunes. Agradeço também ao PET Engenharia de pesca da UFRPE/UASt, por todos os momentos e conhecimento compartilhado com meus irmãos PETianos. Essa experiência foi a peça fundamental para a minha conclusão do curso, obrigado a todos.

Ob. Portus: na mesma proporção que tive pessoas que tentaram me colocar para baixo, fui rodeado de pessoas maravilhosas, compartilhando vivências e aprendizados, elevando todo e qualquer aspecto da vida. Seguindo os agradecimentos vão para minha mãe que mesmo com todos os nossos pensamentos divergentes, nunca deixou de confiar no meu potencial sempre sonhou em me ver conquistando, ao meu pai que nunca fez uma crítica sobre minhas escolhas, mas pelo contrário, sempre confiou em mim, e a minha esposa linda e maravilhosa, Amanda Menezes Ferreira, que foi toda a minha base emocional e o motivo, junto com meu filho Théo Menezes Ferreira da Silva, por eu não desistir em momentos difíceis, que não foram poucos. A minha sogra, Tia Mazinha, e meus Cunhados, Athams, Ana Paula e Luiza, e meu sogro, meu peixe, por sempre darem uma força quando precisamos.

Agradecimentos também a minha turma que resistem comigo até hoje, em especial a Ana Clara dos Santos Medrado, Marcos Natom Pereira Dias, Mathews Bremer Lopes Medrado e William Amâncio de Moraes por toda ajuda e apoio, pois sem eles não teria conseguido me manter no início do curso. A Unlisandro e Lurdinha que me deram um emprego e me ajudaram muito, apesar de todas as desavenças que tivemos, sou muito grato. Nesse meado também conheci Alan Cezar Bezerra, o qual também sou muito grato por todo conhecimento disponibilizado e pela orientação que não deixa nada a desejar. A banda SIPEsCA (Daniel Victor, Flavo Davy, Júlio Gabriel, Júlio Telles (BASS), Rodrigo man e Ze Martina), que em momentos difíceis em que os pensamentos indesejáveis tomavam conta, sempre tinha um ensaio com a melhor energia que já senti em minha vida. Agradeço também ao professor Antônio Henrique Cardoso do Nascimento por toda inspiração e oportunidade. A Bruno Alyff Bezerra Lima e a empresa Topos Referencia, por me ceder o conhecimento do mundo profissional da topografia e agrimensura.

RESUMO

As implicações das ações antrópicas, através das alterações e interferências sobre os recursos naturais, interferem nos corpos d'água essenciais, prejudicando a riqueza de espécies que são importantes para manutenções ecossistêmicas. Com isso, as técnicas de sensoriamento remoto estão se mostrando cada vez mais eficientes para realização de estudos, que ajudam a entender e auxiliar no processo de tomada de decisões. O objetivo do presente trabalho foi investigar zonas de maiores índices de clorofila, oriundo do grau de eutrofização do meio, em reservatórios da América do Sul com lâmina d'água ≥ 250 Km², e relacionar com a riqueza de espécies aquáticas a fim de identificar áreas prioritárias a conservação. A partir das bases de dados da *Red list* IUCN e *HidroLAKES*, foram filtradas a quantidade de espécies, distribuídas em seis grupos, e selecionados os reservatórios com lâmina d'água ≥ 250 Km² de toda América do Sul, totalizados em 65. Em seguida os dados da riqueza e reservatórios foram unificados, com o intuito de expressar a quantidade de espécies por manancial. Para estimar o índice de clorofila, foi utilizada a equação da Diferença Normalizada do Índice de Clorofila (NDCI) pela plataforma *Google Earth Engine (GEE)* a partir da razão entre a diferença pela soma dos produtos de bandas B04 e B05, do satélite Sentinel-2A, durante o período de 01/01/2019 a 31/12/2022. Por fim, foram filtrados os reservatórios que apresentaram a sua riqueza de espécies maior que a média da riqueza do país e NDCI espacial médio temporal, maior que $>0,1$, tornando esses essenciais a conservação. Dos 65 reservatórios, 50,8% desses foram no Brasil e os demais distribuídos em oito países. Da riqueza das espécies, 1753 foram catalogadas em 959 espécies de Actinopterygii, 448 espécies de Odonata, 124 espécies de caranguejo, 61 espécies de camarão, 159 espécies de moluscos, e duas espécies de lagostins de água doce. A riqueza média foi de 102 espécies, e apenas seis reservatórios não mostraram quaisquer dados, possivelmente devido a uma ausência de informação nas bases de dados descarregadas. Vinte três reservatórios foram considerados prioritários, pois apresentaram números da riqueza de espécie maior que a média do seu país, e regiões com valores de NDCI maiores que 0,1, especialmente nas bordas e em áreas com baixa profundidade. A presença de elevados índices de clorofila ameaça a riqueza de espécie do reservatório, onde esses valores não apresentam distinção de táxons, tornando ainda mais eminente a presença de algas nocivas no meio, como cianofíceas do gênero *Microcystis*, que são capazes de liberar toxinas para os organismos. O presente trabalho mostrou a importância do uso de sensoriamento remoto como ferramenta para análises e fiscalizações de cunho ambiental, em razão da menor periodicidade de obtenção de dados, facilitando o processo de tomada de decisão.

Palavras-chave: Riqueza de espécies. Impactos antrópicos. Índice de clorofila-Chl-a.

ABSTRACT

The implications of anthropic actions, through changes and interference with natural resources, interfere with essential water bodies, damaging species richness that is important for ecosystem maintenance. With this, remote sensing techniques are proving to be increasingly efficient for conducting studies, which help understand and assist in decision-making. The objective of the present work was to investigate areas with higher chlorophyll indices, derived from the degree of eutrophication of the environment, in South American reservoirs with water depths ≥ 250 km² and to relate them to the richness of aquatic species in order to identify priority areas for conservation. From the databases of the IUCN Red List and HidroLAKES, the number of species was filtered, distributed in six groups, and selected the reservoirs with water depths ≥ 250 km² in all of South America, totalizing 65. Then the data on richness and reservoirs were unified to express the number of species per water source. The Normalized Difference Chlorophyll Index (NDCI) estimates the chlorophyll index, and We used the Google Earth Engine (GEE) platform to calculate the normalized difference from Sentinel-2A satellite products B04 and B05 from 01/01/2019 to 12/31/2022. Finally, the reservoirs that presented their species richness greater than the average richness of the country and temporal average spatial NDCI greater than >0.1 were filtered, making these essential for conservation. Of the 65 reservoirs, 50.8% were in Brazil, and the rest were distributed in eight countries. Of the species richness, 1753 were catalogued in 959 species of Actinopterygii, 448 species of Odonata, 124 species of crab, 61 species of shrimp, 159 species of mollusks, and two species of crayfish. The average richness was 102 species, and only six reservoirs did not show any data, possibly due to an absence of information in the downloaded databases. Twenty-three reservoirs were considered priorities, as they presented species richness numbers higher than their country's average, and regions with NDCI values higher than 0.1, especially in the borders and areas with low depth. The presence of high chlorophyll indices threatens the species richness of the reservoir. These values do not distinguish between taxa, making the presence of harmful algae in the environment even more eminent, such as Cyanophyceae of the genus *Microcystis*, which are capable of releasing toxins to organisms. The present work showed the importance of using remote sensing for environmental analysis and inspection because of the lesser periodicity of data collection, facilitating the decision-making process.

Keywords: Species richness. Anthropic impacts. Chlorophyll-Chl-a index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização da área de estudo. Reservatórios da América do Sul com lâmina d'água superficial ≥ 250	20
Figura 2 - Fluxograma da metodologia abordada no presente trabalho.	22
Figura 3 - Mapa da distribuição da biodiversidade nos reservatórios com lâmina d'água ≥ 250 da América do Sul.....	24
Figura 4 - Mapas de classificação de NDCI para os reservatórios classificados como prioritários, segundo o critério da riqueza de espécies. -	28
Figura 5 - Mapas de classificação de altos níveis de NDCI para os reservatórios classificados como prioritários, segundo o critério da riqueza de espécies. Níveis alarmantes $\geq 0,1$ e níveis severos $\geq 0,2$, segundo a Tabela 2.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtos do satélite Sentinel-2A e suas características.....	17
Tabela 2 - Classificação do índice para valores em $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ e interpretação dos níveis para reservatórios (MISHRA E MISHRA 2012 e LAMPARELLI 2004).	23
Tabela 3 - Estatística básica da biodiversidade por reservatório.....	23
Tabela 4 - Estatística básica do índice de clorofila dos reservatórios.	26

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO	14
2.1 Objetivos gerais	14
2.2Objetivos específicos	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 América do sul	15
3.2 Sensoriamento remoto	16
3.2.1 Imagens do Sentinel-2A	16
3.2.2 Índice de clorofila NDCI.....	17
3.2.3 Plataforma <i>Google Earth Engine (GEE)</i>	18
3.3 Priorizando a biodiversidade aquática.....	19
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 Coleta de dados da área de Estudo	20
4.2 Dados da biodiversidade.....	21
4.3 Índice de clorofila (NDCI)	21
4.4 Determinação de reservatórios prioritários a conservação	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Quantificação e identificação de reservatórios prioritários quanto a sua riqueza de espécie	23
5.2 Identificação de reservatórios prioritários quanto a Diferença Normalizada do Índice de Clorofila (NDCI).....	25
5.3 Implicações do índice de clorofila	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
APÊNDICE A – Mapa de biodiversidade: Reservatórios da região sudeste e centro-oeste do Brasil..	36
APÊNDICE B – Mapa de biodiversidade: Reservatórios da região leste da fronteira Argentina/Chile e leste da Argentina.....	37
APÊNDICE C – Mapa de biodiversidade: Reservatórios da região Nordeste e centro-oeste do Brasil.	38
APÊNDICE D – Mapa de biodiversidade: Reservatórios da região norte do Brasil.	39
APÊNDICE E – Mapa de biodiversidade: Reservatórios das regiões do Suriname e norte do Brasil..	40
APÊNDICE F – Mapa de biodiversidade: Reservatórios das regiões do leste da Colômbia e oeste da Venezuela.....	41
APÊNDICE G – Mapa de biodiversidade: Reservatórios das regiões da divisa Paraná-Brasil/Paraguai e divisa Brasil/Argentina/Uruguai.....	42
APÊNDICE H – Mapa de biodiversidade: Reservatórios das regiões norte da Bolívia e fronteira Bolívia/Peru/Chile.....	43

APÊNDICE I – Mapa de biodiversidade: Reservatórios das regiões central e sul da Argentina.....	44
APÊNDICE J – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Itaparica no nordeste do Brasil.	45
APÊNDICE K – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Ilha Solteira no sudeste do Brasil.	45
APÊNDICE L – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório 05 no norte da Bolívia.	46
APÊNDICE M – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório 06 no norte da Bolívia.	46
APÊNDICE N – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório 08 no norte do Brasil.....	47
APÊNDICE O – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório 10 no norte do Brasil.....	47
APÊNDICE P – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório 12 no norte do Brasil.	48
APÊNDICE Q – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório Coari no norte do Brasil....	48
APÊNDICE R – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Lago Grande Curuai no norte do Brasil.	49
APÊNDICE S – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Fagnano no extremo sul na divisa Chile/Argentina.....	49
APÊNDICE T – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório Grande na divisa Uruguai/Argentina.....	50
APÊNDICE U – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Guri no leste da Venezuela.....	50
APÊNDICE V – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Llanquihue no sul do Chile.	51
APÊNDICE W – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório da Promissão no sudeste do Brasil.	51
APÊNDICE X – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Ranco no sul do Chile. .	52
APÊNDICE Y – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Salinas Grande no norte da Argentina.	52
APÊNDICE Z – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Tucuruí no norte do Brasil.	53
APÊNDICE AA – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Urva no norte do Brasil.	53
APÊNDICE AB – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Aparea na divisa Paraguai/Argentina.....	54
APÊNDICE AC – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório 04 no norte do Brasil.	54
APÊNDICE AD – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Balbina no norte do Brasil.	55
APÊNDICE AE – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Buenos Aires entre o Chile e Argentina.	55
APÊNDICE AF – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Coraçani no norte do Brasil.	56
APÊNDICE AG – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Llanquihue.	56
APÊNDICE AH – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Promissão.	57

APÊNDICE AI – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Ranco.	57
APÊNDICE AJ – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Salinas Grande.....	58
APÊNDICE AG – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Tucuruí.	58
APÊNDICE AK – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Urva.....	59
APÊNDICE AL – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Aparea.....	59
APÊNDICE AM – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Balbina.....	60
APÊNDICE AN – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Buenos Aires.	60
APÊNDICE AO – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Caraçani.	61
APÊNDICE AP – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Itaparica.....	61
APÊNDICE AQ – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório 04.....	62
APÊNDICE AR – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Guri.....	62
APÊNDICE AS – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Grande.....	63
APÊNDICE AT – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Fagnano.	63
APÊNDICE AU – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório 05.....	64
APÊNDICE AV – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório 12.....	64
APÊNDICE AW – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Grande de Curuai.	65
APÊNDICE AX – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório 06.....	65
APÊNDICE AY – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório 08.....	66
APÊNDICE AZ – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Ilha Solteira.....	66
APÊNDICE BA – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Coari.	67
APÊNDICE BB – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório 10.	67
APÊNDICE BC – Tabela de informações por reservatórios.....	68

1 INTRODUÇÃO

Em decorrência do desenvolvimento humano, surge a necessidade de novas medidas para que toda a população se desenvolva bem, usufruindo de boa alimentação, qualidade de vida e conforto. Nesse meio tempo as questões ambientais foram deixadas de lado, na maioria das vezes por interesses de ordem econômica para obtenção de lucros (MELO et al., 2020). As metodologias utilizadas para construção de estruturas que viabilizam esse desenvolvimento, geraram uma necessidade de áreas cada vez mais urbanizadas e uma dependência de terras agricultáveis, notáveis em estudos de uso e ocupação de solo comprometendo qualidade da água, principalmente a partir das áreas utilizadas pela agropecuária, plantações de grãos e aquicultura. (PEREIRA et al., 2020; COSTA, 2022 e FREITAS et al., 2022).

Como resultado, os produtos desses ambientes, alterados, acabam sendo descartados de forma inadequada, contaminando mananciais hídricos e lençóis freáticos. Esses descartes são constituídos de várias substâncias, oriundos de efluentes urbanos, agrotóxico e aquicultura, se diluem e alteram os parâmetros da água nos reservatórios, implicando na eutrofização, identificado pelo desenvolvimento de algas ricas em clorofila (Chl-a), onde essas podem e são usadas como identificador do estado trófico do meio (DANAHER et al., 2022; MISHRA e MISHRA, 2012). Dessa forma, a Chl-a pode servir como indicadores de contaminantes orgânicos e inorgânicos, como cianobactérias, que além de apresentar índices de Chl-a, também expressam índices de fósforo (P) e nitrogênio (N), que em certa quantidade se tornam tóxicos no meio (ETESB, 2011). Essas implicações são mais severas quando se trata de ambientes originalmente lóticos ou que venham a ser em algum momento por construções de barragens.

Danaher et al (2022), afirmaram que toda e qualquer atividade que venham a causar alterações nos ambientes aquáticos, impacta direta e indiretamente na riqueza de espécies contida nesses, colocando-as em possíveis ameaças, onde todos os indivíduos desempenham um papel indispensável nos serviços ecossistêmicos do manancial. Com o aumento da necessidade de água e ações supracitadas que acabam comprometendo os corpos d'água, os reservatórios dulcícolas enfrentam um declínio em relação as suas espécies, onde essa queda provavelmente pode ser maior do que outro ecossistema terrestre ou marinho (DUDGEON et al., 2007). Isso culmina com aparente baixa proteção desses ambientes e espécies, em via legais de conservação (MAXWELL et al., 2020).

A análise dos parâmetros dos reservatórios é de suma importância pra tentar explicar a dinâmica desses e as influências nos organismos presentes. O desenvolvimento algal exacerbado, acaba prejudicando o desempenho e riqueza de espécies de um ambiente e é de

importância global realizar investigações que levam em consideração tanto os parâmetros limitantes, como indicadores de bem-estar do ambiente, Chl-a, e a biodiversidade impactada por esses agentes (SILVA, OLIVEIRA e SANTOS-WISNIEWSKI, 2017). Borges (2015) expressou que é necessário mais estudo, a fim de diagnosticar os impactos das alterações nas paisagens, e suas influências em corpos d'água, sendo a Chl-a a variável de fundamental importância para compreensão de fatores que afetam, interferem e impactam a biodiversidade.

Como forma de monitorar esses ambientes, tem-se crescido o número de estudos utilizando sensoriamento remoto, ganhando muita visibilidade e aplicabilidade. Através da Diferença Normalizada do Índice de Clorofila (NDCI), utilizando imagens de satélite, podem ser usados para realizar levantamentos de dados espaciais de ambientes aquáticos, especialmente dulcícolas, a fim de identificar índices de Chl-a para propor medidas de conservação e monitoramentos ambientais (MISHRA e MISHRA, 2012). Onde esse, quando aplicado com a plataforma *Google Earth Engine (GEE)*, ganha-se um aprimoramento, podendo ser feito ajustes de correção de imagens e filtragem de informação para obter produtos de alta clareza informacional e precisão (DANAHER et al., 2022).

A ausência de mais estudos periódicos, implicam diretamente na dinâmica e comportamento desses aspectos, uma vez que a Chl-a é uma variável bioindicadora de qualidade de água e sua disposição no meio tem muito a dizer sobre o estado trófico local, onde em cenários de eutrofização, grandes impactos são previstos, sujeitando os corpos hídricos a terem uma atenção redobrada, pois muitas dessas situações acabam envolvendo espécies que participam de algum grau de vulnerabilidade e/ou endemismo local.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivos gerais

O presente estudo tem como objetivo investigar zonas de maiores índices de clorofila, oriundo do seu grau de eutrofização e relacionar com a riqueza de espécies aquática, para identificar áreas prioritárias a conservação nos grandes reservatórios com lâmina d'água ≥ 250 Km² da América do Sul, através da utilização de sensoriamento remoto.

2.2 Objetivos específicos

- Confeccionar uma base de dados dos reservatórios da América do Sul, com lâmina d'água $\geq 250 \text{ Km}^2$.
- Construir base de informações da biodiversidade aquática para os reservatórios a partir da base de dados da *Redlist* IUCN;
- Estimar índices de clorofila através Diferença Normalizada do Índice Clorofila (NDCI) por sensoriamento remoto orbital na área de estudo, pela plataforma *Google Earth Engine (GEE)*;
- Cruzar as informações dos índices com dados da biodiversidade para identificar áreas prioritárias a conservação.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 América do sul

A América do Sul é um subcontinente da América, onde a sua maior porção está situada no hemisfério sul do planeta. Caracterizado por paisagens exuberantes e uma rica biodiversidade de espécies, aquática e terrestre muito variada e a maior floresta tropical do mundo. Banhado por dois grandes oceanos, Pacífico e Atlântico, possui uma área de 17.461.112 km² divididos entre 12 países e a Guiana Francesa, que é um território ultramarino (GUITARRARA, 2023).

Apresentando uma grande diversidade, em relação a clima, cultura e povos, formando uma grande rede de turismo, recebe visitas de todos os lugares do mundo e movimentando a economia de pequenas e grandes cidades (SILVA; PEREIRA, 2022; LE BOURLEGAT, 2019). O subcontinente ainda possui 23,1% da água doce de todo o mundo, disposta em aquíferos subterrâneos, lençóis freáticos e corpos d'água superficiais.

Os reservatórios da América do Sul, têm como característica em comum a sua origem, em sua maioria de ordem fluvial, através da dinâmica dos muitos rios existentes no subcontinente, onde sua formação pode ser espontânea, como áreas de alagados e desprendimento da sinuosidade de um rio meandrante, gerando um compartimento aparte de

seu curso natural, ou de forma totalmente artificial, com construções de barragens para geração de energia e abastecimento (SUGUIO, 2003).

3.2 Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto é um conjunto de técnicas usadas para realizar mensurações e levantamentos de dados, a partir de um conjunto de sensores e algoritmos para obter leituras de alterações, através de ondas sonoras e eletromagnéticas, gerando produtos a fim de utilizar em estudos espaço-temporais, geoespacializado e de alta precisão (NOVO, 2010). Os estudos de monitoramento de uso e ocupação do solo através dos levantamentos de identificação de biomassa vegetal e identificação de índices de água, são uns dos mais recorrentes deste recurso tão poderoso. Essa ferramenta se mostra uma forte aliada, enfatizando a excepcionalidade de sua funcionalidade na hora de entregar resultados para tomada de decisão em ambientes aquáticos e recursos naturais (BEZERRA et al., 2020).

3.2.1 Imagens do Sentinel-2A

Intitulada Sentinel-2A, essa missão faz parte do programa GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*) e teve como objetivo obter imagens multiespectrais de alta definição, com 10 metros de resolução espacial, nas bandas do visível B02, B03, B04 e o infravermelho B08 (nir), e temporal de cinco dias, ou seja, quando ocorre o processo de revisita de satélite ao mesmo ponto.

O sensor residente desta missão possui informações de 13 bandas espectrais e uma sensibilidade espectral expressas na Tabela 1.

Tabela 1 - Produtos do satélite Sentinel-2A e suas características.

Banda	Nome da Banda	Comprimento de onda central (nm)	Resolução espacial
B02	Blue	490	10
B03	Green	560	
B04	Red	665	
B08	NIR (Infravermelho próximo)	842	
B05	Red Edge 1	708	20
B06	Red Edge 2	740	
B07	Red Edge 3	783	
B08A	Red Edge 4	865	
B11	SWIR 1	1610	
B12	SWIR 2	2190	60
B01	Aerossol	443	
B09	Water Vapor	940	
B10	Cirus	1375	

3.2.2 Índice de clorofila NDCI

A Diferença Normalizada do Índice de Clorofila (NDCI), é produto de uma série de expressões matemáticas que relacionam a diferença pela soma das bandas do espectro do vermelho e do vermelho borda (*Red Edge*), respectivamente B04 e B05, com comprimento de onda de 665 e 708 nm aproximadamente, proposto de forma geral pela Equação 1. Onde essa ao fim do cálculo, gera uma imagem reduzida com valores variando de -1 a +1, sendo o mais inferior, simbolizando baixo índice de clorofila e o máximo, simbolizando o nível mais alto (MISHRA e MISHRA, 2012).

$$NDCI = \frac{\rho(708 \text{ nm}) - \rho(665 \text{ nm})}{\rho(708 \text{ nm}) + \rho(665 \text{ nm})} \quad (1)$$

Diferente da Diferença Normalizada do Índice de Vegetação (NDVI), o NDCI não utiliza a banda do infravermelho próximo (NIR), com 842 nm, pois há uma intervalos de mesmo valor que se estendem, fazendo com a identificação de padrões de vegetações diferentes sejam

distorcidos e mal interpretados algumas vezes, já quando utilizado o *Red Edge*, os valores apresentam refletâncias distintas para cada padrão de vegetação (SOUZA et al., 2015).

Segundo Mishra e Mishra (2012) e Danaher (2022), o NDCI é o mais indicado para realização de levantamentos de níveis de clorofila em reservatórios, pois além de robustos e apresentar dados validados por estes, esse modelo expressa uma sensibilidade maior, podendo obter respostas em mananciais onde a água se encontra em situação de turbidez elevada, mostrando a fidedignidade com medidas reais.

Este índice é de grande valia para o monitoramento e apresentação de resultados para tomada de decisões, facilitando e diminuindo esforços para a aquisição de informação nos ajudando a entender as dinâmicas e comportamentos desses mananciais tão importantes para a nossa manutenção.

3.2.3 Plataforma *Google Earth Engine (GEE)*

A plataforma *Google Earth Engine* é um recurso bastante prático quando se trata de processamento de dados espaciais em nuvens, podendo trabalhar com uma base de informações bastante densa, que seria inviável realizar o processamento em memória física no computador (BALBINOT et al., 2016). Oferece um bom desempenho com sensoriamento remoto em nuvem e fornecimento de pré-processamento (SHELESTOV et al., 2017).

Dentre todos os trabalhos realizados na plataforma, se destacam a utilização de produtos orbitais dos satélites Landsat e Sentinel para extração de produtos para tomada de decisão (AMANI et al., 2019).

Esse recurso se torna bastante indispensável em relação ao seu poder de processamento, com a praticidade de importação, aquisição e manipulação de dados em escala global (VILLAVICENCIO et al., 2018). Toda essa funcionalidade se dá, pois essa possui bibliotecas que proporciona ao pesquisador *wrappers Python e JavaScript* em um editor de código, permitindo que qualquer tipo de análise com dados espaciais, tornando a imaginação o limite para trabalhar nessa plataforma (GEE, 2022).

Outra vantagem é o grupo de algoritmos de classificação a ser utilizados em reclassificações de imagens (SHELESTOV et al., 2017). Para os trabalhos, a determinação dos

parâmetros é feita de fácil acesso diretamente no editor de código, por exemplo o detalhamento de informação temporal e espacial, podendo unir todas essas informações em um dado matricial, apenas, no resultado. O seu catálogo de dados geoespaciais é amplo, pois proporciona cobertura global de vários sensores e de vários satélites distintos (GANEM et al., 2017).

As aplicabilidades são múltiplas, podendo ser utilizado em estudos de geomorfologia fluvial (BOOTHROYD et al., 2021), auxílio a interpretação da dinâmica de paisagens em biomas (ANDRADE, 2022), mudança de superfície de água (PEKEL et al., 2016), avaliação e aplicabilidades dos aspectos da produtividade agrícola (LOBELL et al., 2015), mapeamento de dinâmica urbana (PATEL et al., 2015), monitoramento de índices de clorofila (DANAHER et al., 2022).

3.3 Priorizando a biodiversidade aquática

Quando se trata de corpos d'água, principalmente os artificiais, grandes represas e barragens, o estudo da sua biodiversidade é fundamental para a sua sustentabilidade e manutenção ecossistêmica. Para isso, metodologias de levantamento e mensuração são de essencial importância, podendo ser de forma manual em campo com coleta de exemplares ou de forma remota através de artigos de levantamentos ou base de dados de algum órgão que trabalhe com essa especialidade.

Uma das formas mais práticas, segundo Danaher (2022), é o levantamento da biodiversidade pela base de dados da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN), onde se encontra informações de todas as espécies de animais catalogados em sua base para o mundo inteiro.

Essas informações de dados, podem ser trabalhados de diversas formas para serem apresentados como um bom produto para tomada de decisões, tendendo a apresentações em forma de mapas temáticos que ilustram o comportamento do item em questão. Geralmente, utilizam-se *Softwares* de processamento de dados geoespaciais para essa finalidade, onde o mais famoso é o QGIS (QGIS Development Team, 2019).

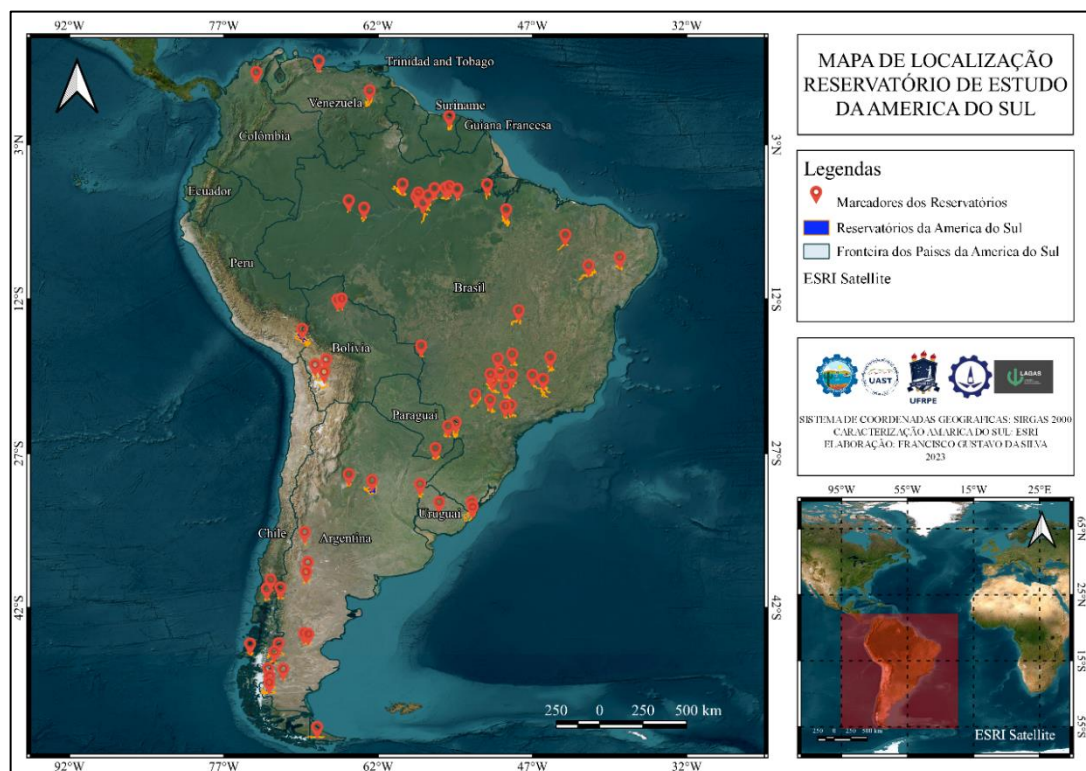
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coleta de dados da área de Estudo

Obtivemos um banco de dados dos reservatórios mundiais através do *HydroLAKES*, que se trata de uma plataforma onde visa fornecer polígonos da linha costeira de todos os lagos globais, com uma área de superfície de pelo menos 10 Ha. O *HydroLAKES* foi desenvolvido usando um conjunto de fontes de dados auxiliares, de polígonos de lagos. (*HydroSHEDS 2022 See More*).

Então todas as camadas de polígonos foram importadas para o *Software* livre QGIS 3.22.12 (QGIS Development Team, 2019), quantificando 54137 corpos d'água apenas para a América do Sul, de dimensões variadas, onde esses representam 4% de todos os reservatórios mundiais classificados entre barragens, lagos e alagados (*HydroSHEDS 2022 See More*). Em seguida foram filtrados apenas os grandes reservatórios com lâmina d'água $\geq 250 \text{ km}^2$, totalizando 65 reservatórios para o subcontinente (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de Localização da área de estudo. Reservatórios da América do Sul com lâmina d'água superficial ≥ 250 .



4.2 Coleta de dados da biodiversidade

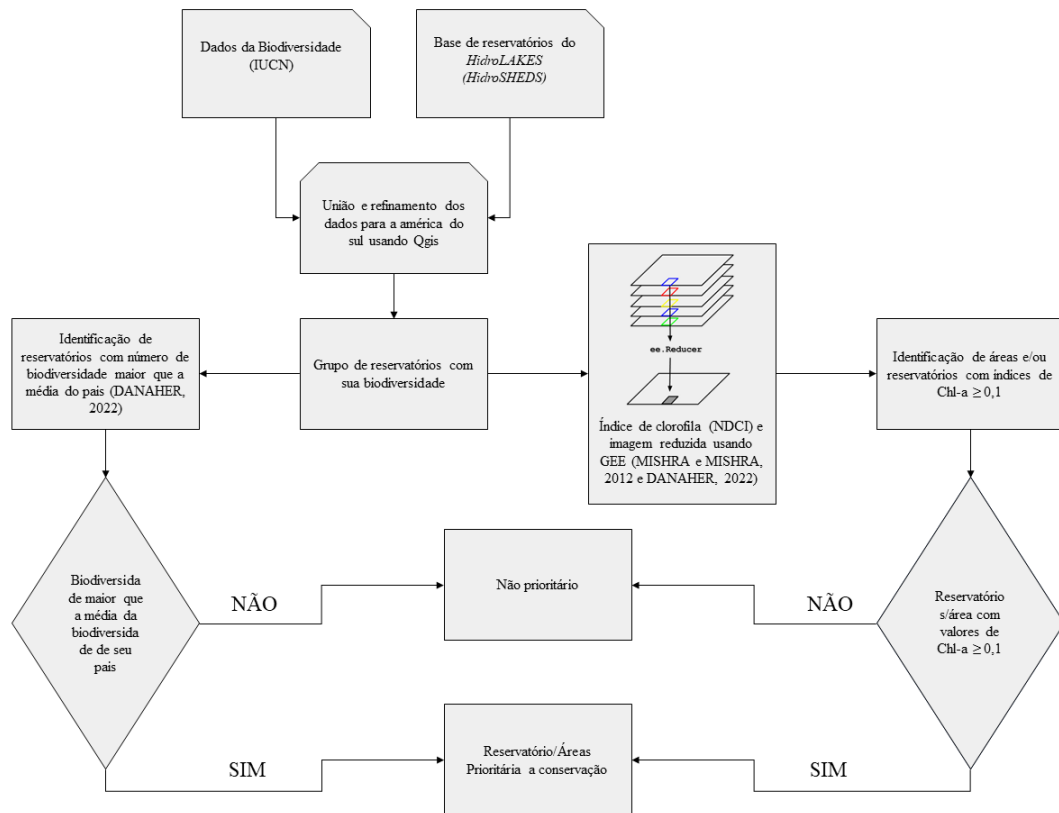
Os dados da biodiversidade foram obtidos direto pelo *site* da *Red list* IUCN (www.iucnredlist.org), distintos em seis grupos, *Actinopterygii*, *odonatas*, camarões, caranguejos, lagostins e moluscos, importantes economicamente e ecossistematicamente. Esses foram baixados em polígonos no formato *Shapefile*. e recortados pelas extensões dos reservatórios através do QGIS 3.22.12, e posteriormente, suas informações exportadas da tabela de atributo em planilhas CSV com todos os dados tabulares das espécies. Nessas informações continham a classe de cada espécie, nome da espécie, id de codificação e o mais importante e utilizado nesse trabalho, o número de espécie por reservatório (APÊNDICE BC).

4.3 Índice de clorofila (NDCI)

O índice foi calculado usando a plataforma *Google Earth Engine (GEE)*, a partir da equação da diferença normalizada do índice de clorofila proposta por Mishra e Mishra (2012) (Equação 1). Foram utilizados os produtos B05 (Banda 5 – 708 nm) e B04 (Banda 4 – 664,5 nm), correspondente as bandas do Vermelho Borda 1 (*Red Edge*) e ao vermelho, respectivamente, do satélite sentinel-2A, os quais foram tratados com uma filtragem de no máximo 10% de cobertura de nuvens.

Também foi usado os *Shapefiles* dos reservatórios, obtidos no *HydroLAKES*, como limite para o cálculo de uma imagem reduzida do período de quatro anos, de 01/01/2019 a 31/12/2022, com base na mediana do pixel (Figura 2). Após o processamento, foi gerado arquivos *rasters* os quais foram encaminhados para o QGIS para classificação, através da transformação dos pixels em pontos, utilizando a ferramenta “*Pixels de Rasters para pontos*”. Essa ferramenta permitiu a exportação das informações de cada pixel, e essas foram representadas como pontos. Posteriormente foi aplicado a simbologia graduada com os valores obtidos a fim de representar as áreas de maiores índices de clorofila nos mananciais.

Figura 2 - Fluxograma da metodologia abordada no presente trabalho.



4.4 Determinação de reservatórios prioritários a conservação

A determinação dos reservatórios que necessitam de atenção, tem como premissa a possível eutrofização destes, previstas nos índices de clorofila calculados pela Equação 1 e de acordo com as exigências limite desse parâmetro. Para isso, o NDCI temporal médio do reservatório deve ser $\geq 0,1$, o qual representa níveis de Chl-a de 25 mg.m^{-3} (Tabela 2), o que indica níveis alarmantes de clorofila no manancial (MISHRA e MISHRA, 2012; LAMPARELLI, 2004). Outro aspecto é a biodiversidade do reservatório ser maior do que a média da biodiversidade aquática do país (DANAHER et al., 2022).

Tabela 2 - Classificação do índice para valores em $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ e interpretação dos níveis para reservatórios (MISHRA E MISHRA 2012 e LAMPARELLI 2004).

NDCI	Chl-a ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Nível trófico
-0,1	<7,5	Mesotrófico
-0,1 - 0,0	7,5 – 16,0	
0,0 - 0,1	16,0 - 25,0	Eutrófico
0,1 - 0,2	25,0 - 33,0	
0,2 - 0,4	33,0 - 50,0	Supereutrófico
0,4-0,5	>50,0	
0,5 – 1,0	Nível severo	Hipereutrófico

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Quantificação e identificação de reservatórios prioritários quanto a sua riqueza de espécie

Foram identificados 65 reservatórios para toda a América do Sul com lâmina d'água $\geq 250 \text{ km}^2$, no qual 50,8% desses reservatórios estão no Brasil (Figura 1). De toda a América do Sul, apenas nove países apresentaram reservatórios $\geq 250 \text{ km}^2$, sendo eles Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Paraguai, Suriname, Uruguai e Venezuela (Tabela 3).

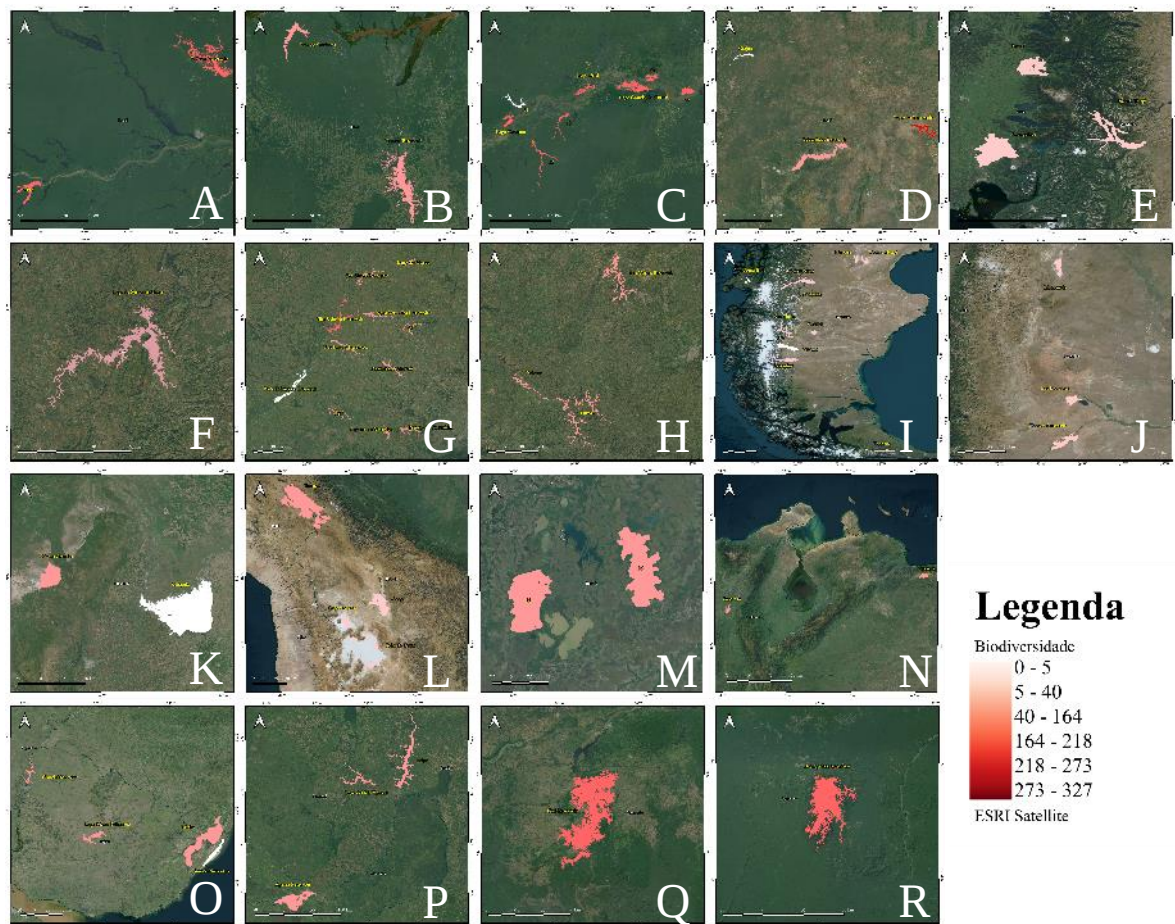
Tabela 3 - Estatística básica da riqueza de espécies por país.

Países	Min.	Max.	Média	Mediana	Nº de Reservatórios por país
Argentina	13,0	95,0	31,0	121,0	12,0
Bolívia	33,0	121,0	69,0	150,0	6,0
Brasil	73,0	327,0	151,0	78,0	33,0
Chile	5,0	25,0	16,0	73,0	7,0
Colômbia	120,0	120,0	120,0	120,0	1,0
Paraguai	78,0	104,0	91,0	128,5	2,0
Suriname	168,0	168,0	168,0	168,0	1,0
Uruguai	44,0	44,0	44,0	44,0	1,0
Venezuela	150,0	175,0	162,0	120,0	2,0

Os reservatórios com identificação 11, Grajau, Porto Primavera, Lagoa mangueira, Chiquita e Viedma (Figura 3C, 3D, 3G, 3O, 3K e 3I), não apresentaram nenhum registro de espécies, podendo ter ocorrido um erro de projeção ou de topologia da base do *HydroLake*, implicando diretamente na hora do recorte, ou simplesmente, os dados da biodiversidade baixados da IUCN não apresentaram nenhuma informação para estes. Já o Lago Argentino

(Figura 3I), não apresentou dados de três grupos levantados, sendo eles os *Actinopterygii*, Camarões e caranguejos. Os demais reservatórios dessa região apresentaram baixa riqueza de espécies em relação aos outros mananciais (Figura 3I). Isso pode ter ocorrido, por conta de erro na base de dados, ou condições que levem esses grupos ao declínio, como a possibilidade das espécies, principalmente de peixes, apresentarem pouca diversidade, que podem sofrer com o particionamento de seus habitats por construções de barragens e por introduções de espécies exóticas (BERTORA et al., 2021).

Figura 3 - Mapa da distribuição da biodiversidade nos reservatórios com lâmina d'água ≥ 250 da América do Sul.



A-Reservatórios da região norte do Brasil, no estado do Amazonas; **B**-Reservatórios da região norte do Brasil, no estado do Pará; **C**-Reservatórios da região norte do Brasil, entre os estados do Amazonas e do Pará; **D**-Reservatórios da região nordeste do Brasil; **E**-Reservatórios da região sul do Chile/Argentina; **F**-Reservatório da região centro-oeste do Brasil; **G**-Reservatórios entre as regiões sudeste e centro-oeste do Brasil; **H**-Reservatórios da região sudeste do Brasil; **I**-Reservatórios da região sul da Argentina; **J**- Reservatórios da região leste da Argentina; **K**- Reservatórios da região central da Argentina; **L**- Reservatórios entre a região do Peru, Chile e Bolívia; **M**- Reservatórios da região norte da Bolívia; **N**- Reservatórios da região da Colômbia e Venezuela; **O**- Reservatórios da região da divisa

Brasil/Argentina/Uruguai; **P**- Reservatórios da região da divisa do estado do Paraná-Brasil com o Paraguai; **Q**- Reservatório da região leste da Venezuela; e **R**- Reservatório da região leste do Suriname.

Do banco de dados da IUCN, encontraram-se 1753 espécies catalogadas para os 65 reservatórios, divididas em seis grupos diretamente dependentes de água doce. Dentre esse total, dividiu-se em 959 espécies de *Actinopterygii*, 448 espécies de *Odonatas*, 124 espécies de caranguejos, 61 espécies de camarão, 159 espécies de moluscos e duas espécies de lagostins, presentes em todos, exceto os que não apresentaram nenhum dado.

A riqueza média nos reservatórios foi de 102 espécies, onde o reservatório que apresentou um menor número foi o Presidente Rios, no Sul (Tabela 2, Figura 3I e APÊNDICE I), com 6 espécies, enquanto o reservatório de Itaparica, localizado no Rio São Francisco, entre os estados de Pernambuco e Bahia, Região nordeste do Brasil, apresentou maior diversidade com 327 espécies (Tabela 2, Figura 3D e APÊNDICE C)

Apenas 23 reservatórios distribuídos em seis países apresentaram os seus números de biodiversidade maior do que a média aquática do país, sendo eles Argentina (2), Bolívia (2), Brasil (13), Chile (4), Paraguai (1) e Venezuela (1).

5.2 Identificação de reservatórios prioritários quanto a Diferença Normalizada do Índice de Clorofila (NDCI)

Tabela 4 - Estatística básica do índice de clorofila dos reservatórios por país.

Países	NDCI			
	Min.	Max.	Média	Mediana
Argentina	-0,15	0,29	0,03	-0,04
Bolívia	-0,39	0,56	0,01	-0,03
Brasil	-0,87	0,31	0,05	-0,03
Chile	-0,21	0,23	0,02	-0,04
Colômbia	-0,03	0,17	0,04	-0,01
Paraguai	-0,10	0,18	0,05	-0,05
Suriname	-0,15	0,20	-0,18	-0,07
Uruguai	-0,04	0,12	0,04	-0,02
Venezuela	-0,07	0,23	0,02	-0,04

Não foi perceptível para os reservatórios classificados a presença dos valores do NDCI espaciais médios, para o período de estudo, maior que 0,1, o que indicaria uma concentração de clorofila de 25 mg.m^{-3} extremamente elevados (Tabela 2), seguindo as interpretações Lampareli (2004), esses corpos d'água se encontram em estágio de mesotrófização a inicial eutrofização (Tabela 2).

Tabela 5 - Estatística básica do índice de clorofila dos reservatórios por país.

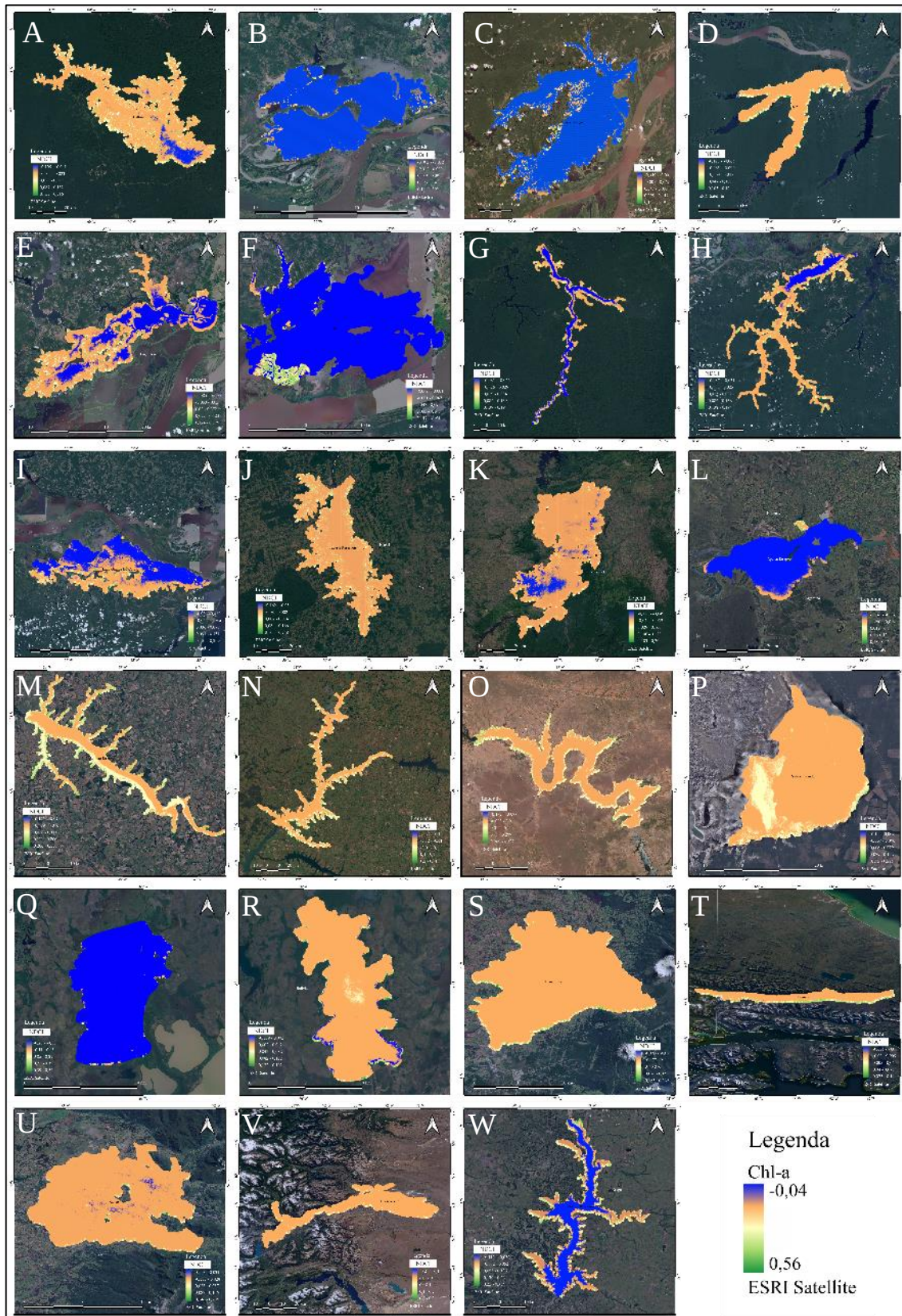
A ausência de elevados índices médios temporais se deu, provavelmente, pela extensão dos reservatórios, $\geq 250 \text{ km}^2$, que caracteriza um manancial muito grande, podendo ocasionar a baixa representatividade do parâmetro analisado, onde esse acaba se diluindo ao decorrer do comprimento do ambiente e da exposição a outras variáveis. Mas ainda assim, foi possível identificar áreas que apresentaram potenciais níveis elevado, expressos nos níveis máximos do índice por país (Tabela 4), fazendo com que essas áreas somadas ao critério da quantificação da biodiversidade e interpretações de níveis tróficos (Tabela 2), se torne uma área prioritária a conservação, uma vez que esses reservatórios, por apresentar números referente a sua biodiversidade, maiores que as médias de seus países, podem conter algumas espécies endêmicas, que possuem extrema importância para o meio. Resultados do estudo de Albert et al, (2021) implicam na porcentagem da distribuição de espécies de peixes endêmicos, que foi o grupo de maior diversidade levantada neste estudo, descreve que as regiões com maiores porcentagens estão concentradas em todo o oeste do continente, especialmente o Chile, nas regiões nordeste, sudeste e sul do Brasil e extremo sul da Argentina.

Além disso, foi identificado um padrão em todos os reservatórios, onde seus níveis mais elevados foram presentes na porção bordial desses, onde o movimento é quase nulo, baixa profundidade e luminosidade chegando ao fundo tornando essas áreas de extrema prioridade. Esse fato também foi presenciado por Lopes et al, (2015), onde em seu estudo, viu que o reservatório estudado era rodeado de áreas fincadas a agricultura e afluentes ricos em nutrientes sendo depositados nesse, como no reservatório Aparea, no sul da Argentina e fronteira com o Paraguai (Figura 4L, Figura 5L, APÊNDICE AB e APÊNDICE AL). Também foi identificado altos níveis de NDCI, na porção central do reservatório 06 no norte da Bolívia (Figuras 4R, Figura 5R, APÊNDICE M e APÊNDICE AX). Ao comparar as áreas de ocorrências de corpos d'água, foi perceptível os maiores índices de Chl-a nas regiões sudeste do Brasil nos reservatórios da Promissão (Figura 4M, Figura 5M, APÊNDICE W e APÊNDICE AH) e Ilha

Solteira (Figura 4N, Figura 5N, APÊNDICE K e APÊNDICE AZ) onde é notório bastante áreas agricultáveis ao redor destes, no reservatório de Tucuruí no norte do Brasil (Figura 4J, Figura 5J, APÊNDICE Z e APÊNDICE AG), também possui muita área agricultável ao seu redor e no reservatório de Itaparica (Figura 4O, Figura 5O, APÊNDICE J e APÊNDICE AP) no nordeste do Brasil.

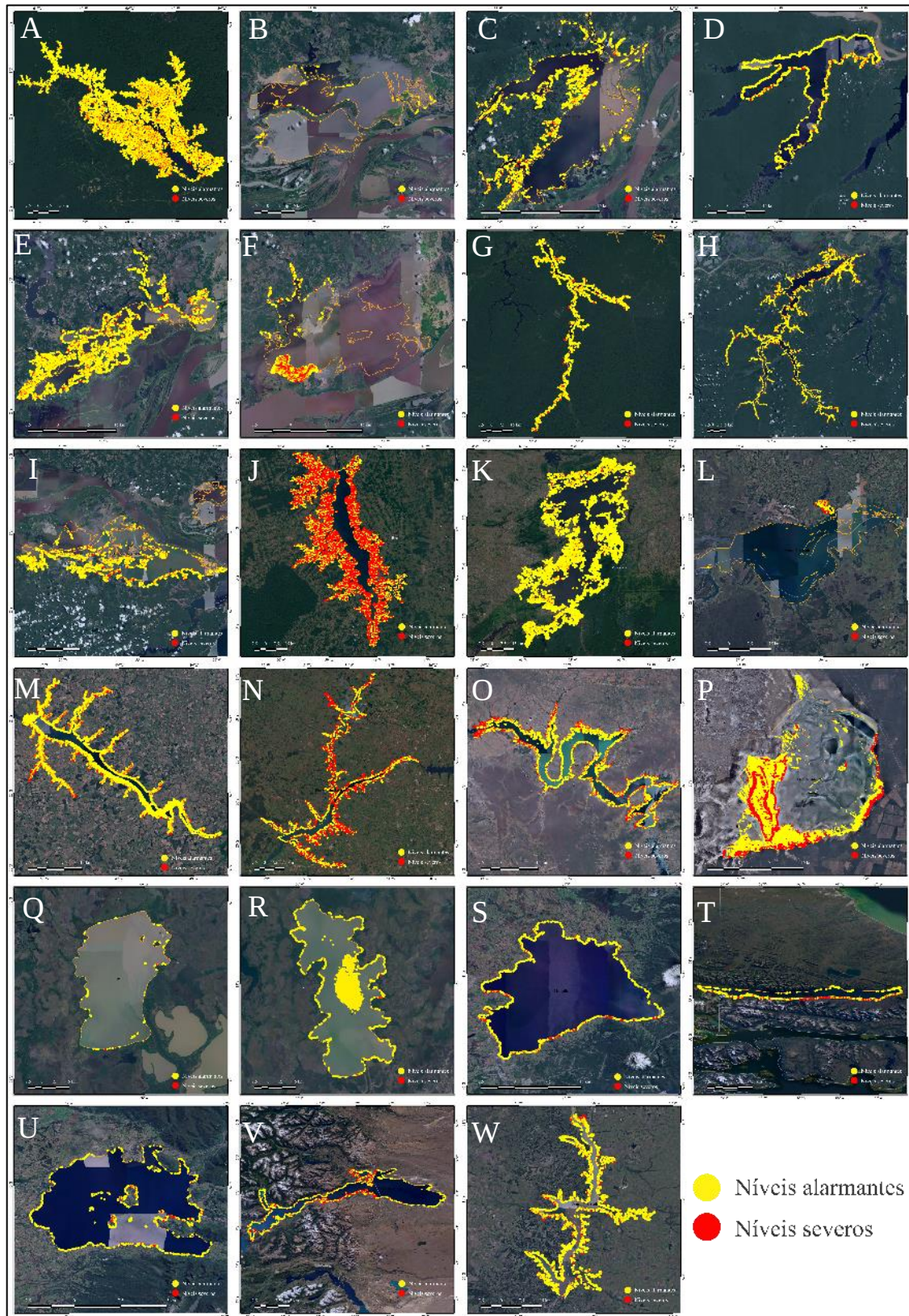
A região amazônica, apesar da conservação dos seus reservatórios, apresentou índices consideráveis de clorofila (Figura 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G, 4H, 4I, 4Q, 4R e Figura 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F, 5G, 5H, 5I, 5Q, 5R). Os corpos d'água amazônicos possuem uma peculiaridade, de além de estarem em áreas de alagados, a origem de suas águas e em ambientes totalmente distintos e com parâmetros diferentes, fazendo com que o seu fluxo carregue muito sedimento e nutrientes para seus mananciais, tornando o pH levemente ácido e disponibilizando muito sólidos em suspensão (SILVA et al., 2013).

Figura 4 - Mapas de classificação de NDCI para os reservatórios classificados como prioritários, segundo o critério da riqueza de espécies. -



A-Reservatório Balbina, na Região norte do Brasil; **B**-Reservatório 04, na Região norte do Brasil; **C**-Reservatório de Coraçani, na Região norte do Brasil; **D**-Reservatório Coari, na região norte do Brasil; **E**-Reservatório de Urvã, na região norte do Brasil; **F**-Reservatório 08, na região norte do Brasil; **G**-Reservatório 12, na região norte do Brasil; **H**-Reservatório 10, na região norte do Brasil; **I**-Reservatório de Curuaí, na região norte do Brasil; **J**-Reservatório Tucuruí, na região norte do Brasil; **K**-Reservatório de Guri, na região leste da Venezuela; **L**-Reservatório Aparea, na região da divisa Paraguai/Argentina; **M**-Reservatório da Promissão, na região sudeste do Brasil **N**-Reservatório de Ilha Solteira, na região sudeste do Brasil; **O**-Reservatório de Itaparica, na região nordeste do Brasil; **P**-Reservatório de Salinas Grandes, na região norte da Argentina; **Q**-Reservatório 05, na região norte da Bolívia; **R**-Reservatório 06, na região norte da Bolívia; **S**-Reservatório Lianquihue, na região sul do Chile; **T**-Reservatório Fagnano, na região do extremo sul entre na fronteira do Chile/Argentina; **U**-Reservatório Rancho, na região sul do Chile; **V**-Reservatório de Buenos Aires, na região sul, fronteira Chile/Argentina; e **W**-Reservatório Grande, na fronteira Uruguai/Argentina.

Figura 5 - Mapas de classificação de altos níveis de NDCI para os reservatórios classificados como prioritários, segundo o critério da riqueza de espécies. Níveis alarmantes $\geq 0,1$ e níveis severos $\geq 0,2$, segundo a Tabela 2.



A-Reservatório Balbina, na Região norte do Brasil; **B**-Reservatório 04, na Região norte do Brasil; **C**-Reservatório de Coraçani, na Região norte do Brasil; **D**-Reservatório Coari, na região norte do Brasil; **E**-Reservatório de Urvã, na região norte do Brasil; **F**-Reservatório 08, na região norte do Brasil; **G**-Reservatório 12, na região norte do Brasil; **H**-Reservatório 10, na região norte do Brasil; **I**-Reservatório de Curuaí, na região norte do Brasil; **J**-Reservatório Tucuruí, na região norte do Brasil; **K**-Reservatório de Guri, na região leste da Venezuela; **L**-Reservatório Aparea, na região da divisa Paraguai/Argentina; **M**-Reservatório da Promissão, na região sudeste do Brasil; **N**-Reservatório de Ilha Solteira, na região sudeste do Brasil; **O**-Reservatório de Itaparica, na região nordeste do Brasil; **P**-Reservatório de Salinas Grandes, na região norte da Argentina; **Q**-Reservatório 05, na região norte da Bolívia; **R**-Reservatório 06, na região norte da Bolívia; **S**-Reservatório Lianquihue, na região sul do Chile; **T**-Reservatório Fagnano, na região do extremo sul entre na fronteira do Chile/Argentina; **U**-Reservatório Rancho, na região sul do Chile; **V**-Reservatório de Buenos Aires, na região sul, fronteira Chile/Argentina; e **W**-Reservatório Grande, na fronteira Uruguai/Argentina.

5.3 Implicações do índice de clorofila

Os valores indicam o cenário de quantidade Chl-a total, sem distinção de táxons, ocasionando uma grande probabilidade de se encontrar algas nociva, como cianofíceas do gênero *Microsystis*, que são capazes de desenvolverem toxinas que afetam toda comunidade dependente do corpo aquático (DANAHER et al., 2022 e BROOKE et al., 2008). Nesse cenário a biodiversidade encontra-se em constante ameaça com o avanço das áreas urbanizadas e agricultáveis, por conta das suas descargas de nutrientes com quantidades significativas de nitrogênio (N) e fosforo (P), tornando-os elementos limitantes no ambiente (SPERLING, 2005). Nesse cenário, por serem produtores primários e assimiladores desses nutrientes dispostos no ambiente, essas pode ocasionar um *bloom* algal causando diversos problemas a outros organismos, o que somado a ausência de luz, acaba-se gerando uma grande competitividade por oxigênio e mais adensamento de matéria orgânica rica em nutrientes no meio, o que por sua vez causa a acidificação, sombreamento de outras espécies de algas importante para a dinâmica cíclica da água e alimentação de alguns indivíduos, atrapalhando na teia trófica (VIDOTTI e ROLLEMBERG, 2004).

6 CONCLUSÃO

A eutrofização dos reservatórios é um agravante bastante relevante de maneira geral, onde essa condição prejudica de maneira drástica toda a riqueza de espécies permanente no manancial. Como agentes ecossistêmicos de extrema importância para a manutenção desses

reservatórios, esses organismos são peça chave para esse equilíbrio. Medidas de conservação devem ser tomadas antes mesmo da presença eminente de índices de clorofila alarmante, pois inevitavelmente é perceptível, cada vez mais, o aumento de áreas agricultáveis e urbanizadas, onde descartes de grandes indústrias, uso excessivo de agrotóxicos e subprodutos da aquicultura que contem grandes cargas de nutrientes, impactam direta e indiretamente esses ambientes causando o seu colapso.

O sensoriamento remoto demonstrou-se ser um conjunto de ferramentas bastante poderosas para o monitoramento desses aspectos de extrema relevância, já que foi possível identificar áreas com um número de espécies importantes, possivelmente endêmicas, expostas a altos índices de clorofila, oriundos resíduos de áreas urbanizadas e agricultáveis. As aplicabilidades destes, junto com inovações tecnológicas, compõe uma praticidade que geram autonomia em termos de horas de serviços, e gerando modelos robustos quando anexadas informações de que sirvam como validação, auxiliando na tomada de decisões e prevenções a catástrofes.

Este estudo enfatiza a aplicabilidade do sensoriamento remoto, para monitoramentos de cunho ambiental, podendo ser proposto uma periodicidade menor para essas realizações, dispondo de uma metodologia extremamente adaptável, se adequando a área a ser estudada e necessitando apenas de um esforço computacional intermediário para a realização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERT, James S.; TAGLIACOLLO, Victor A.; DAGOSTA, Fernando. **Diversificação de peixes neotropicais de água doce**. Revisão Anual de Ecologia, Evolução e Sistemática , v. 51, p. 27-53, 2020.
- AMANI, Meisam et al. **A generalized supervised classification scheme to produce provincial wetland inventory maps: An application of Google Earth Engine for big geo data processing**. Big Earth Data, v. 3, n. 4, p. 378-394, 2019.
- ANDRADE, Adrielle. **Dinâmica espacial do cenário florestal em paisagens do bioma Caatinga no município de Araripina-PE**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.
- BERTORA, Andrea et al. **Padrões longitudinais na distribuição de espécies de peixes nativos e não nativos em um rio neotropical temperado regulado**. Acta Limnologica Brasiliensia , v. 33, 2021. See More.
- Bezerra, Alan et al. **Monitoramento Espaço-Temporal da Detecção de Mudanças em Vegetação de Caatinga por Sensoriamento Remoto no Semiárido Brasileiro**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 01, p. 286-301, 2020.
- BOOTHROYD, Richard J. et al. Aplicações do Google Earth Engine em geomorfologia fluvial para detecção de mudança de canal fluvial. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water** , v. 8, n. 1, pág. e21496, 2021.
- BORGES, Pedro Paulino et al. **Série histórica de uso e cobertura do solo e determinantes ambientais locais e de paisagem na concentração da clorofila-a em riachos de uma bacia do Cerrado**. 2015.
- BOURLEGAT, Cleonice Alexandre Le. **Eixos de integração e desenvolvimento, rota de integração latino-americana e turismo: território de Mato Grosso do Sul e franjas fronteiriças**. Interações (Campo Grande), v. 20, p. 107-123, 2019.
- BOURSCHEIDT, Vandoir; BREUNIG, Fábio Marcelo. **Variação do fator de reflectância bidirecional da floresta de Misiones, Argentina: Integração de dados MODIS através do Google Earth Engine**.
- BROOKE, DANIEL et al. **Algas e seus impactos em sistemas de tratamento de águas para abastecimento: estudo de caso Sistema Guarapiranga**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo, 2008.
- COSTA, Priscila da et al. **Spatio-temporal dynamics of surface water quality of two large reservoirs of Brazilian hydroelectric plants**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 27, p. 893-907, 2022.
- da Silva Pereira, E., de Souza, R. D. A., da Silva, N. R., Webler, A. D., & Hurtado, F. B. (2020). **Eutrofização e mudanças no regime hidrológico: um risco na bacia do Rio Urupá, Amazônia brasileira**. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 11(7), 557-568.

DANAHER, Cody et al. **Prioritizing conservation in sub-Saharan African lakes based on freshwater biodiversity and algal bloom metrics**. *Conservation Biology*, v. 36, n. 5, p. e13914, 2022.

DE MORAES NOVO, Evelyn ML. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. Editora Blucher, 2010.

DE SOUZA, Carlos Henrique Wachholz et al. **Estudo da Banda Red Edge do satélite Rapideye na descrição da cobertura vegetal**. 2015.

Dudgeon, D., Arthington, A., Gessner, M., Kawabata, Z., Knowler, D., Lévêque, C., . . . Sullivan, C. (2006). **Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges**. *Biological Reviews*, 81(2), 163-182. doi:10.1017/S1464793105006950

FACO, Douglas Stefanello. **Relação entre a clorofila-A e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no reservatório de Barra Bonita-SP**. 2019.

FUJITA, Carlos Cesar; ODEBRECHT, Clarisse. **Short term variability of chlorophyll a and phytoplankton composition in a shallow area of the Patos Lagoon estuary (Southern Brazil)**. *Atlântica (Rio Grande)*, v. 29, n. 2, p. 93-106, 2007.

GUITARRARA, Paloma. **"América do Sul"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/america-sul.htm>. Acesso em 12 de fevereiro de 2023.

LAMPARELLI, Marta Condé. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LOBELL, David B. et al. **The shifting influence of drought and heat stress for crops in northeast Australia**. *Global change biology*, v. 21, n. 11, p. 4115-4127, 2015.

LOPES, Helio et al. **Comportamento espacial da clorofila-a no reservatório de Itaparica, rio São Francisco**. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 20, p. 475-484, 2015.

Maxwell, SL, Cazalis, V., Dudley, N. *et al.* **Conservação baseada em área no século XXI**. *Natureza* **586**, 217–227 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2773-z>

Melo, L. M. R. de, Manrique, H. N., Machado, J. H. R., & Silva, H. A. da. (2020). **Os impactos ambientais em decorrência da interferência negativa humana arrazoada pelo progresso econômico / Environmental impacts due to human negative interference drawn up by economic progress**. *Brazilian Journal of Development*, 6(10), 74935–74952. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-063>

MIRES DE FREITAS, Robério et al. **Influência de fatores ambientais na dinâmica do perifíton na aquicultura**. 2022.

MISHRA, Sachidananda; MISHRA, Deepak R. **Normalized difference chlorophyll index: A novel model for remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters**. *Remote Sensing of Environment*, v. 117, p. 394-406, 2012.

PATEL, Nirav N. et al. **Assentamento multitemporal e mapeamento populacional do Landsat usando o Google Earth Engine**. *Jornal Internacional de Observação Aplicada da Terra e Geoinformação*, v. 35, p. 199-208, 2015.

PEKEL, Jean-François et al. **Mapeamento de alta resolução das águas superficiais globais e suas mudanças de longo prazo**. *Natureza*, v. 540, n. 7633, pág. 418-422, 2016.

SHELESTOV, Andrii et al. **Exploring Google Earth Engine platform for big data processing: Classification of multi-temporal satellite imagery for crop mapping**. *frontiers in Earth Science*, p. 17, 2017.

Silva, E. dos S., Oliveira, J. G. dos S., & Santos-Wisniewski, M. J. dos. (2017). **Composição da comunidade zooplancônica de um pequeno açude da Reserva Particular do Patrimônio Natural da Mata Atlântica (RPPN) Fazenda Lagoa, município de Monte Belo - MG**. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental Da Alta Paulista*, 13(1). <https://doi.org/10.17271/1980082713120171485>

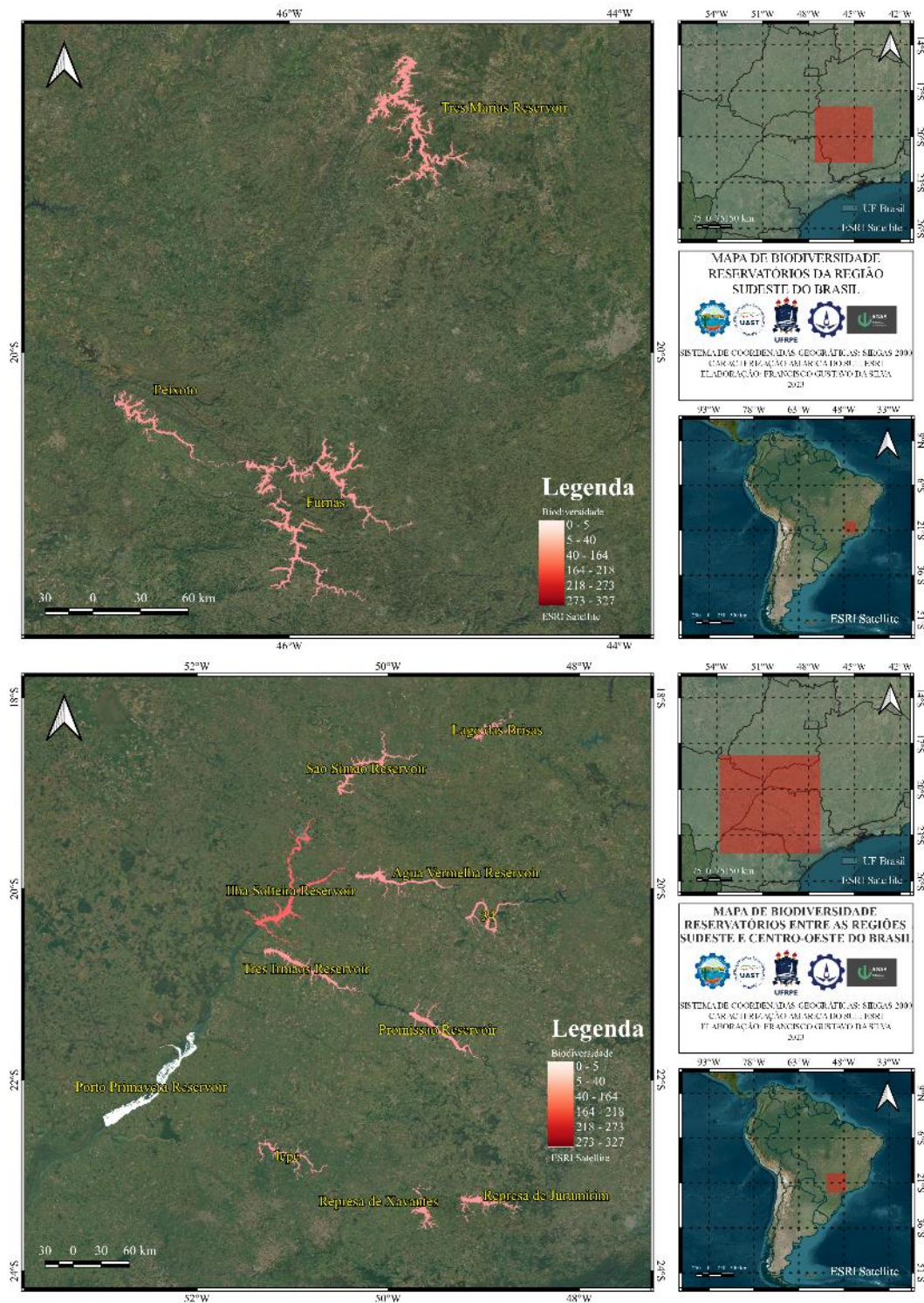
SILVA, Maria Alice; PEREIRA, Gisele Silva. **DESCENDO O PACÍFICO RUMO AO SUL: TURISMO SUSTENTÁVEL ATRAVÉS DOS ESPORTES DE AVENTURA**. *PIXO-Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade*, v. 6, n. 21, 2022.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia sedimentar**. Editora Blucher, 2003.

VILLAVICENCIO, Lourdes Milagros Mendoza et al. **Google Earth Engine: Mapeamento das Mudanças na Cordilheira Vilcanota-Peru**. 2018.

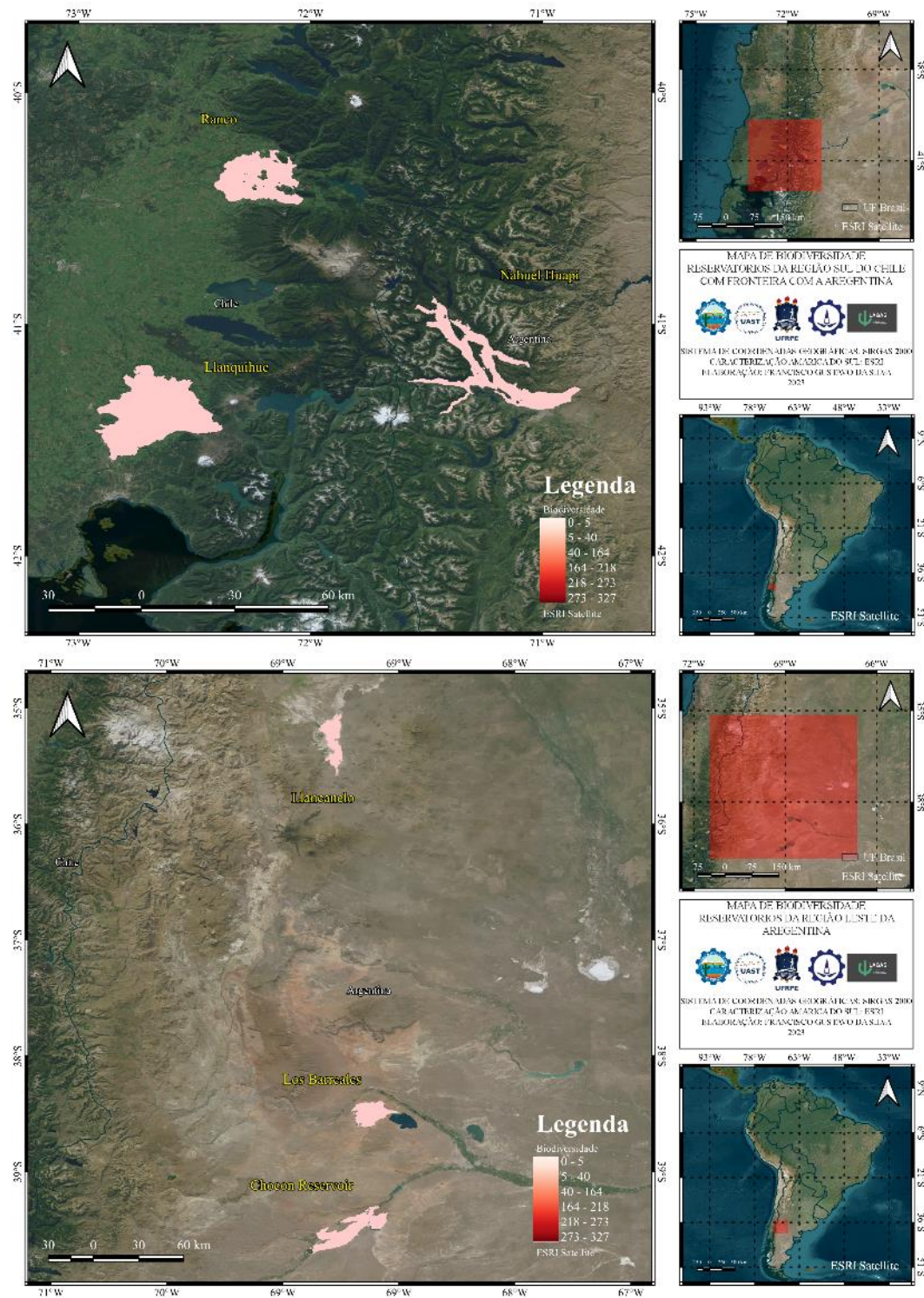
YOUSEFI, Masoud; JOULADEH-ROUDBAR, Arash; KAFASH, Anooshe. **Mapping endemic freshwater fish richness to identify high priority areas for conservation: an ecoregion approach**. 2023.

APÊNDICE A – Mapa de biodiversidade: Reservatórios da região sudeste e centro-oeste do Brasil.



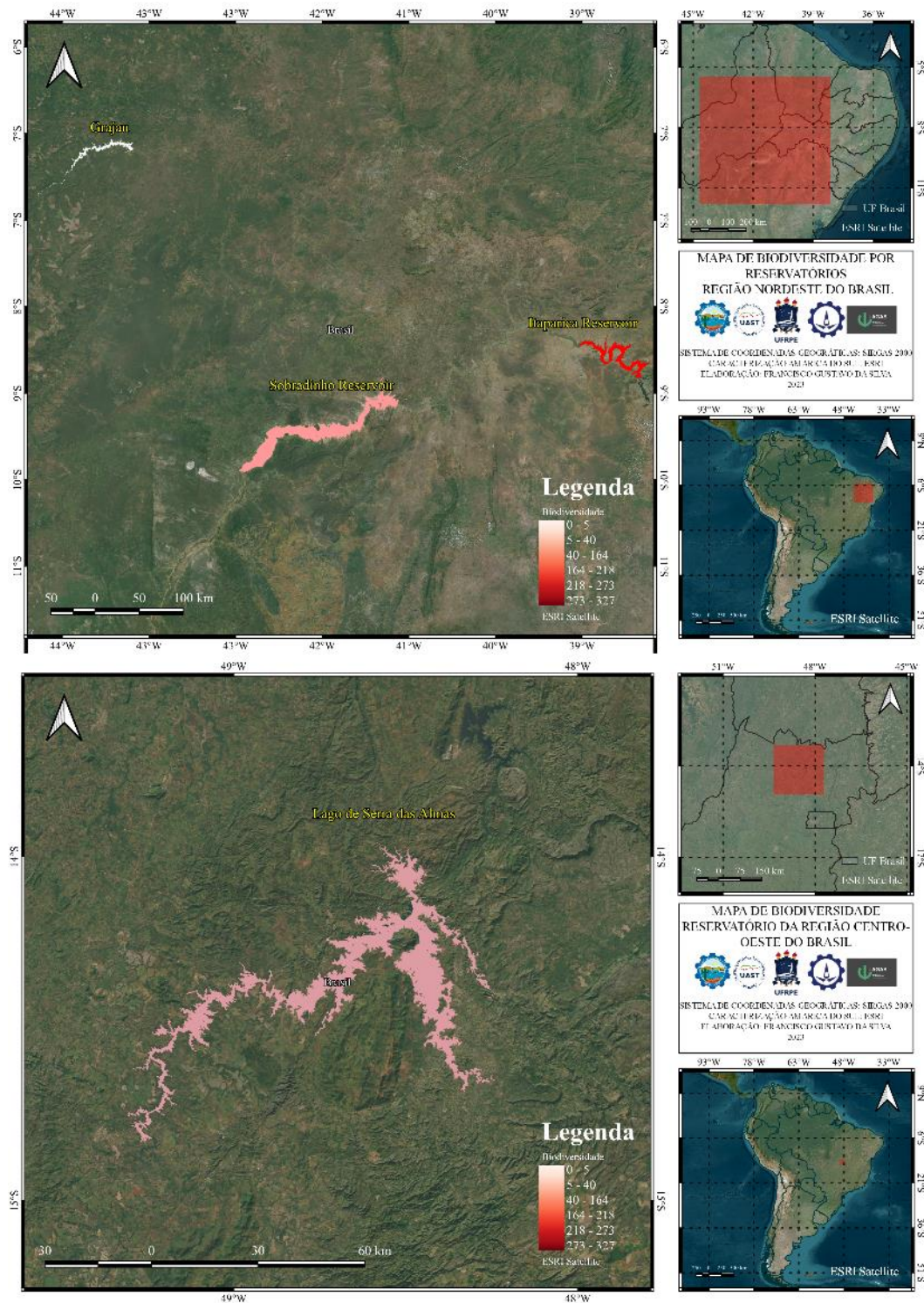
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE B – Mapa de biodiversidade: Reservatórios da região leste da fronteira Argentina/Chile e leste da Argentina.



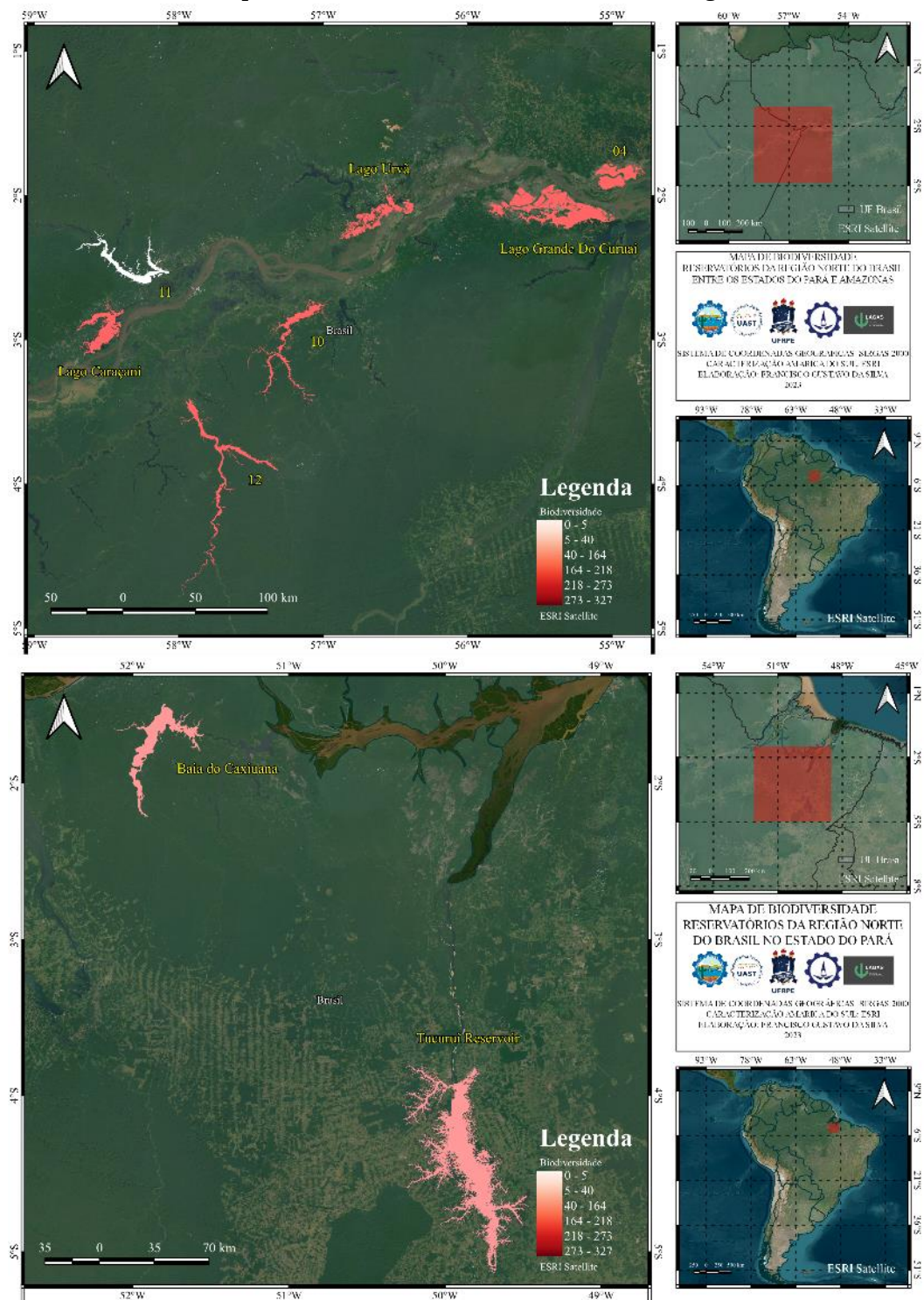
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE C – Mapa de biodiversidade: Reservatórios da região Nordeste e centro-oeste do Brasil.



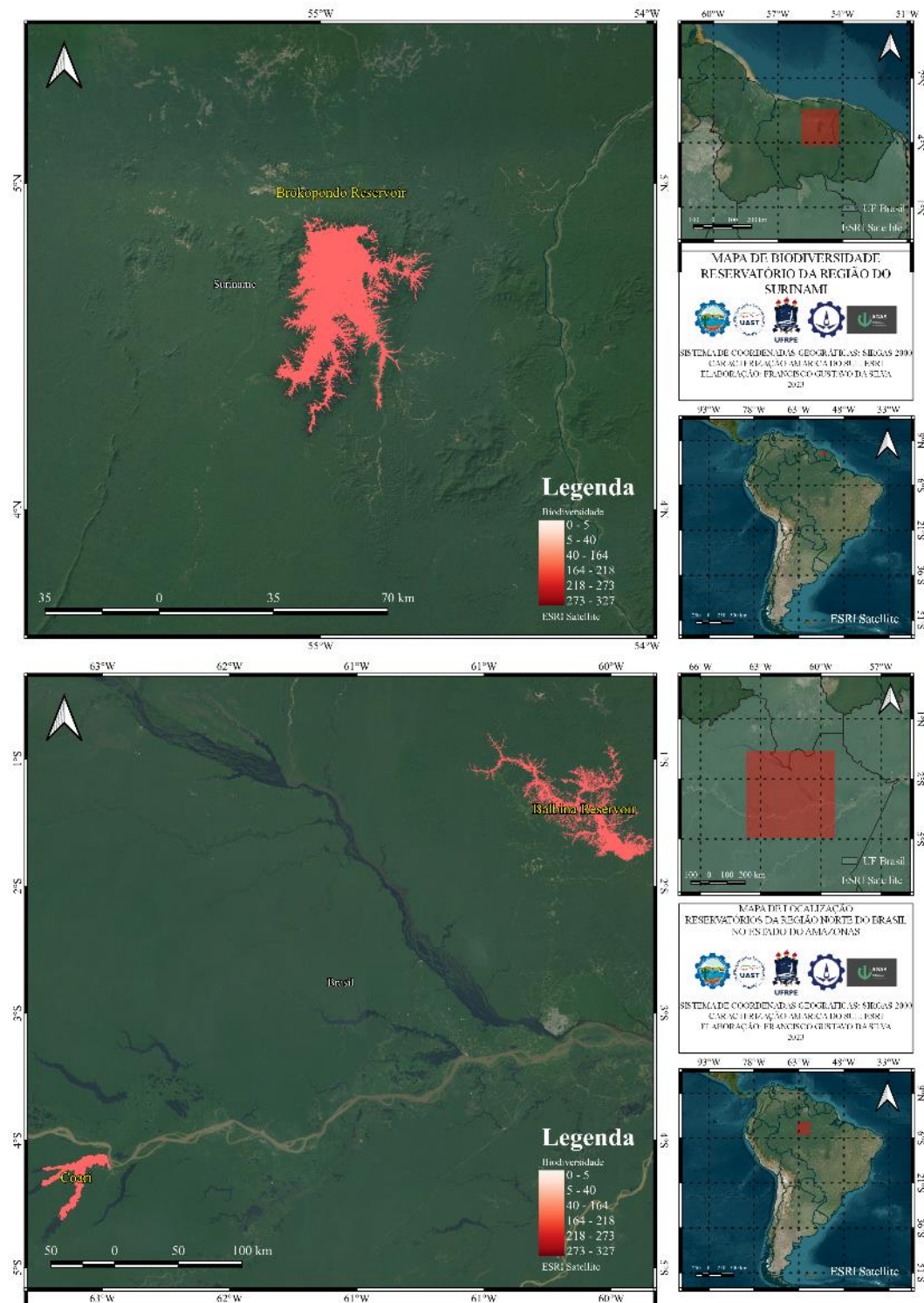
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE D – Mapa de biodiversidade: Reservatórios da região norte do Brasil.



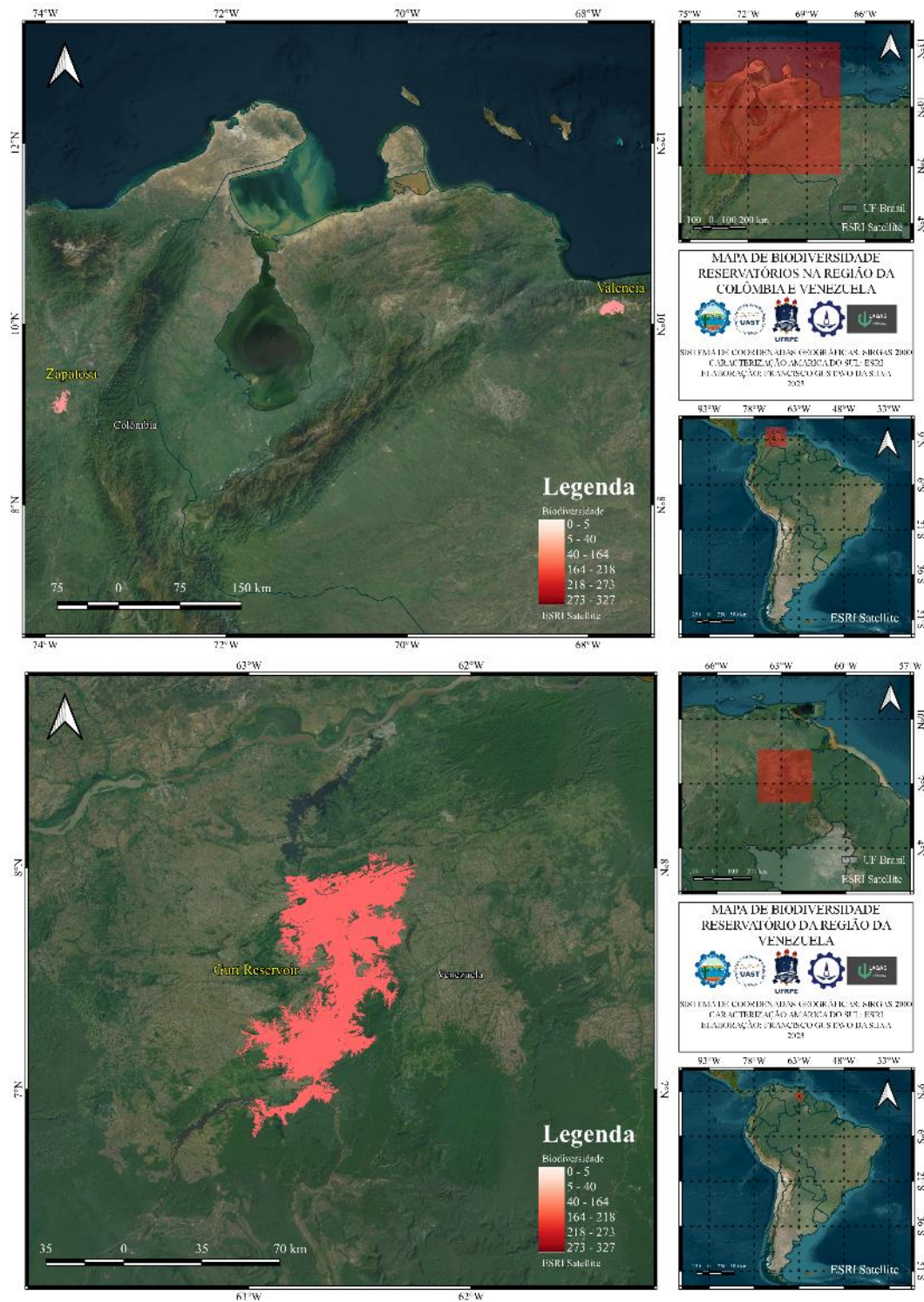
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE E – Mapa de biodiversidade: Reservatórios das regiões do Suriname e norte do Brasil.



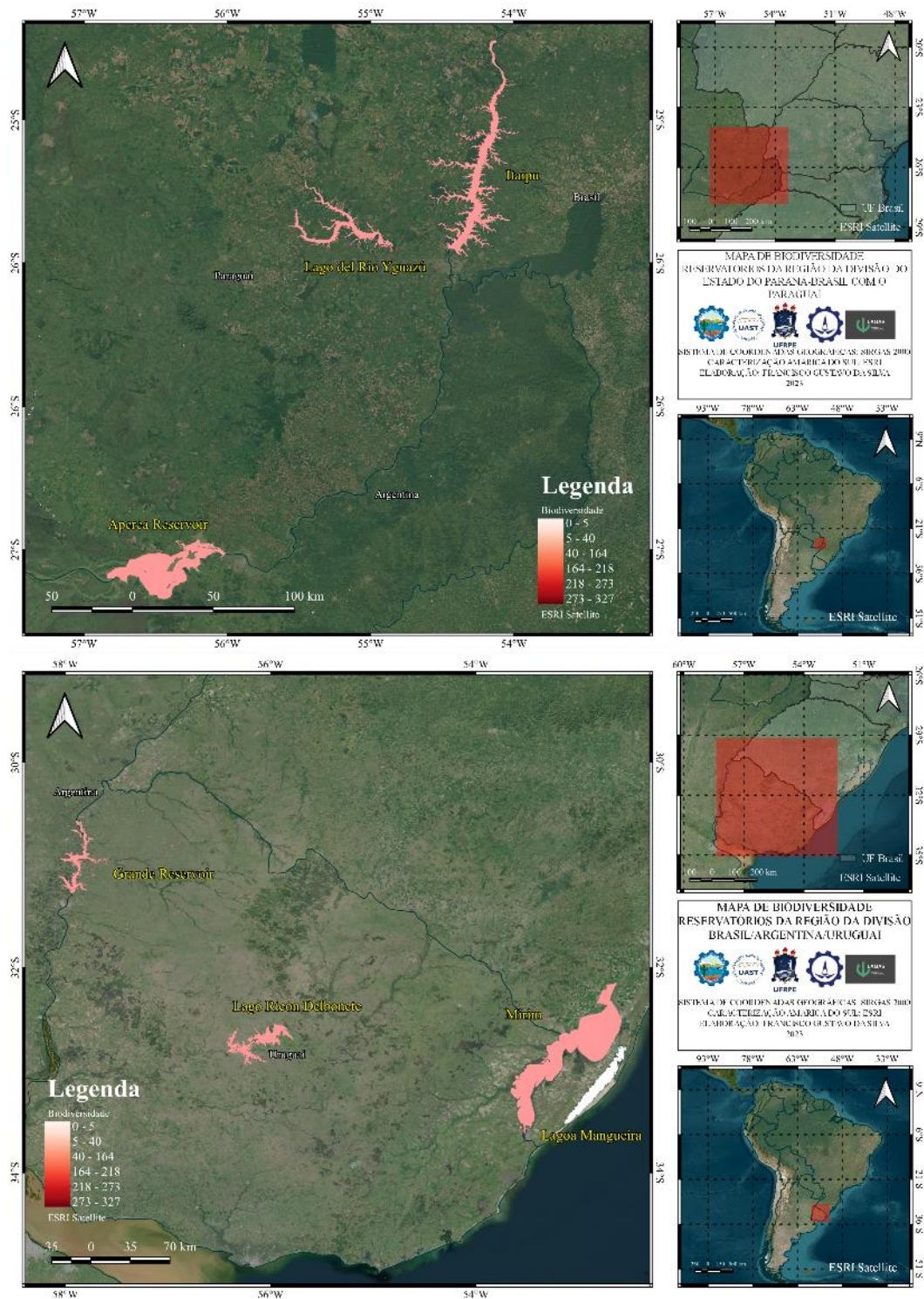
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE F – Mapa de biodiversidade: Reservatórios das regiões do leste da Colômbia e oeste da Venezuela.



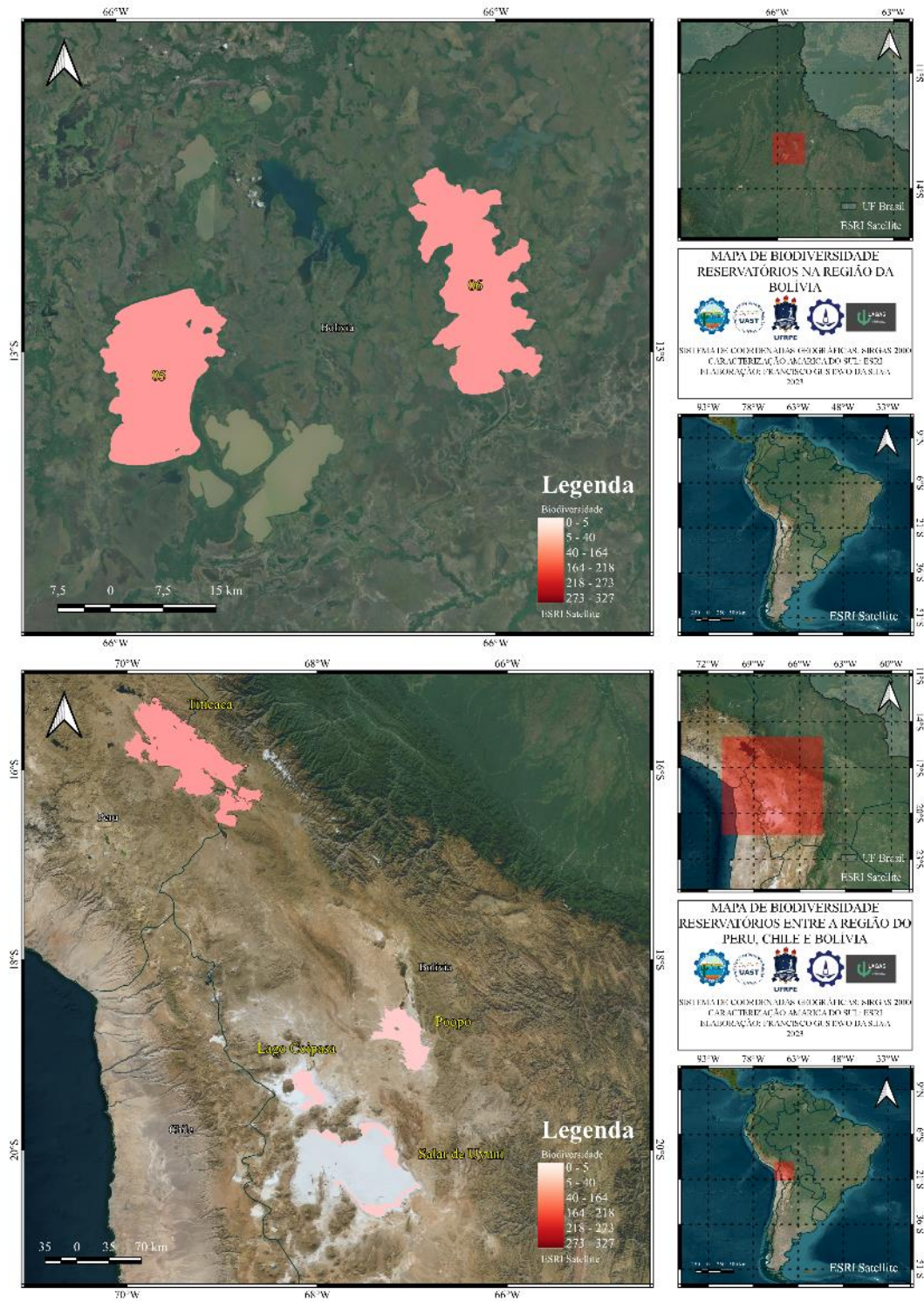
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE G – Mapa de biodiversidade: Reservatórios das regiões da divisa Paraná-Brasil/Paraguai e divisa Brasil/Argentina/Uruguai.



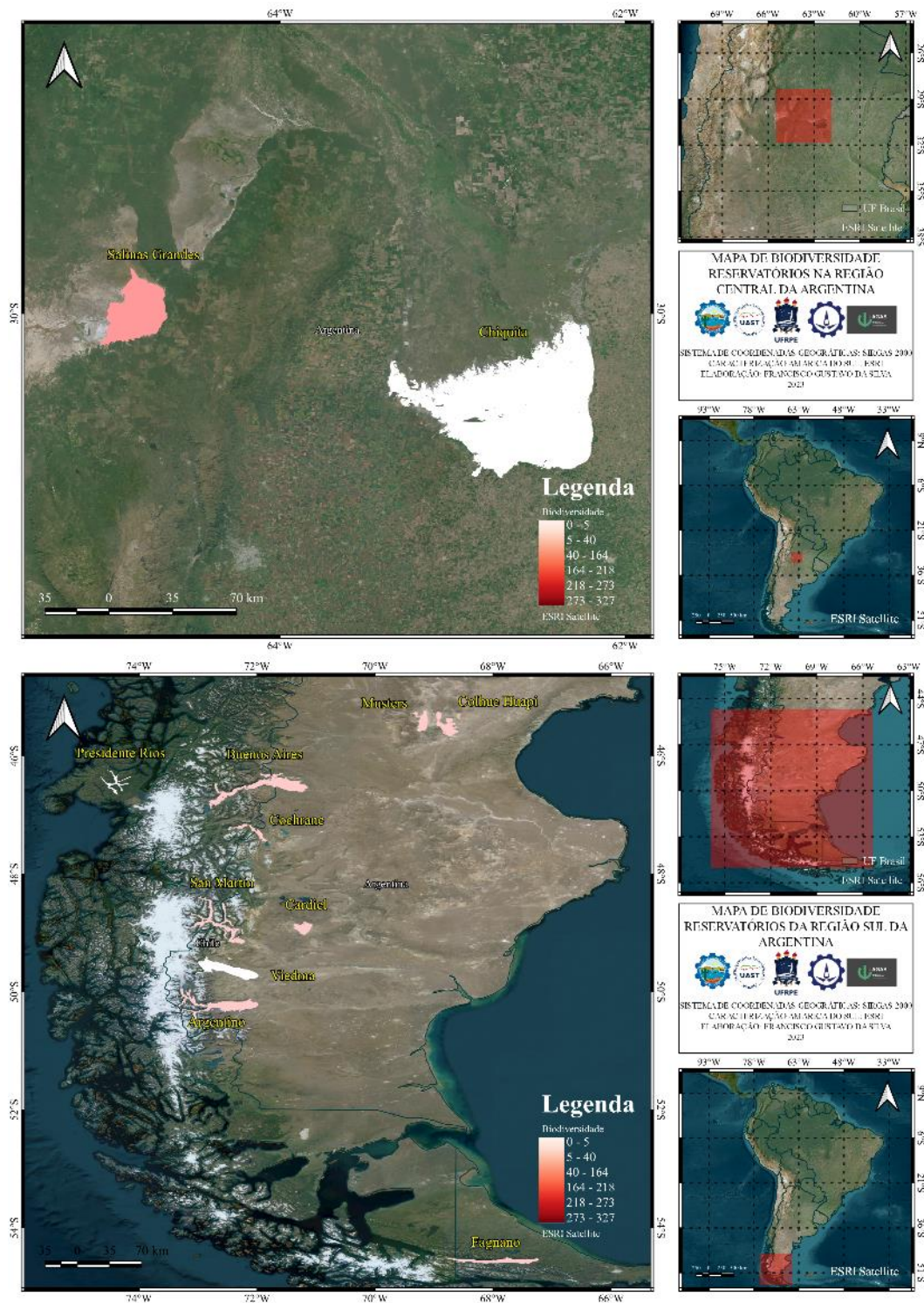
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE H – Mapa de biodiversidade: Reservatórios das regiões norte da Bolívia e fronteira Bolívia/Peru/Chile.



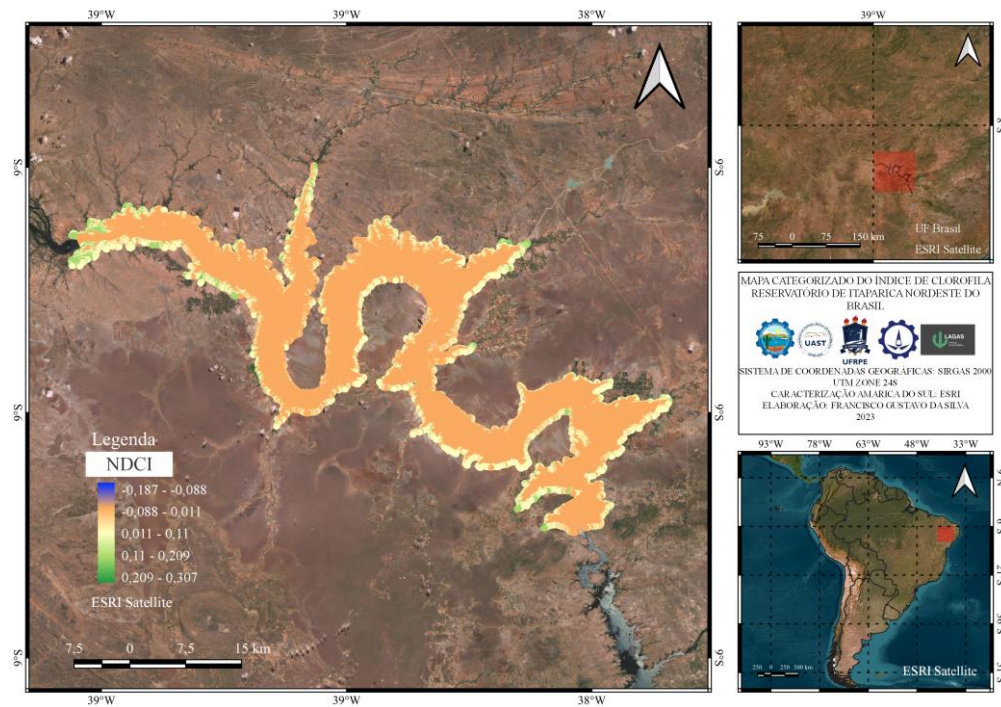
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE I – Mapa de biodiversidade: Reservatórios das regiões central e sul da Argentina.



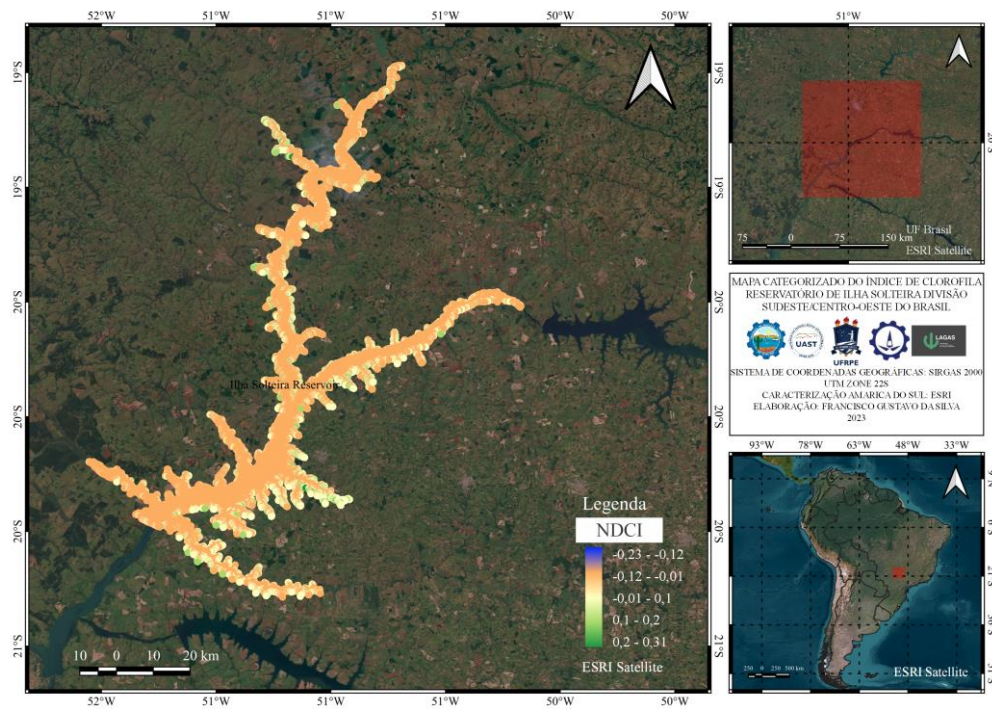
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE J – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Itaparica no nordeste do Brasil.



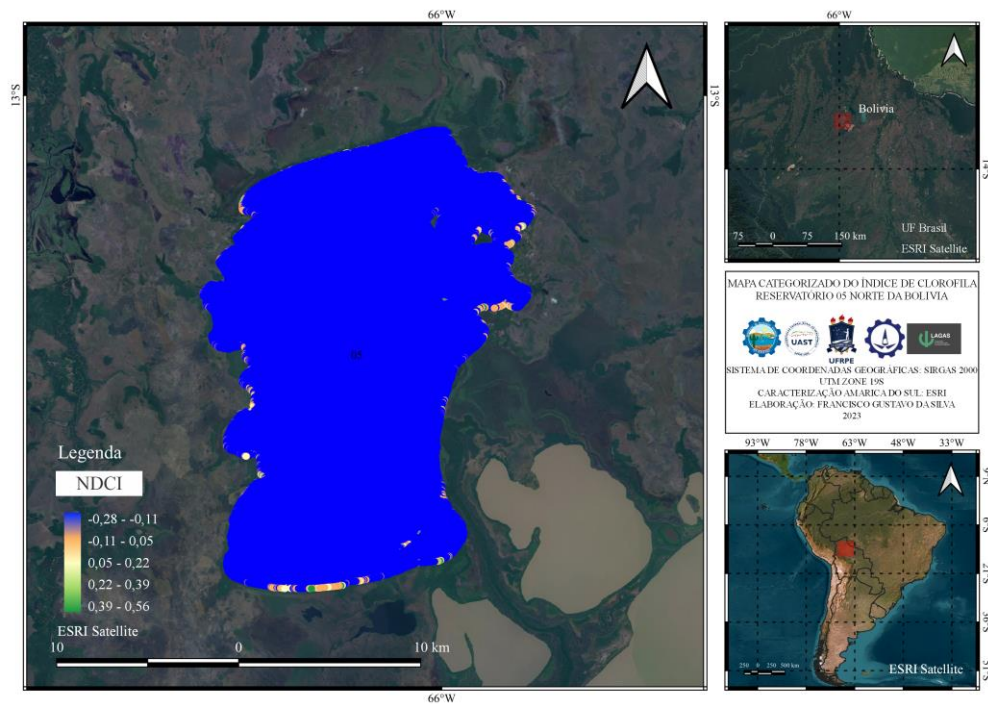
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE K – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Ilha Solteira no sudeste do Brasil.



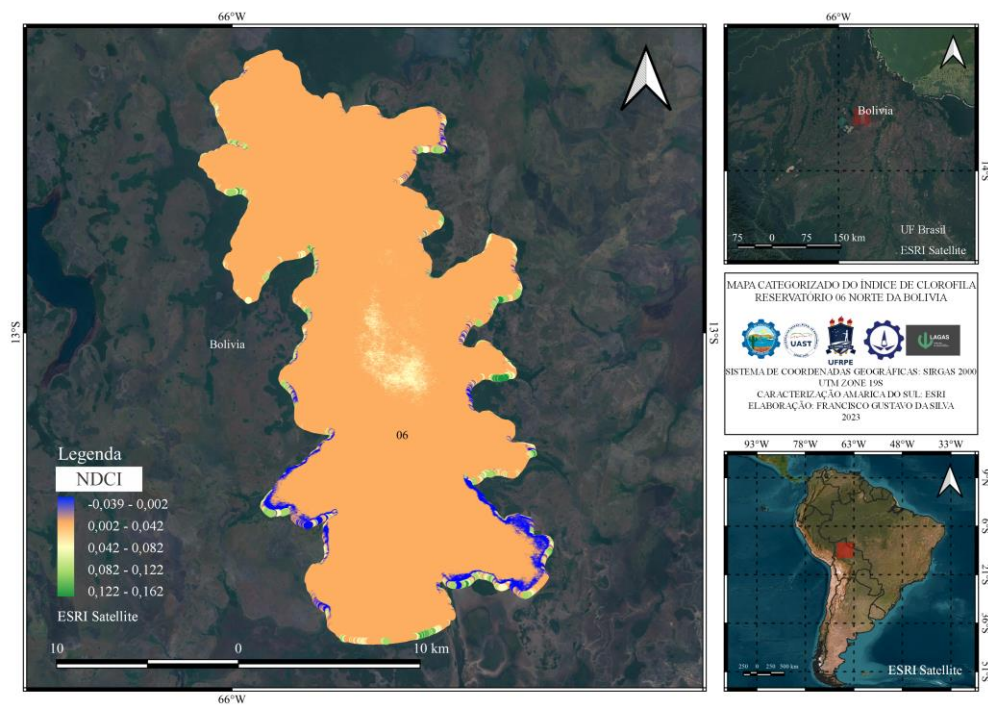
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE L – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório 05 no norte da Bolívia.



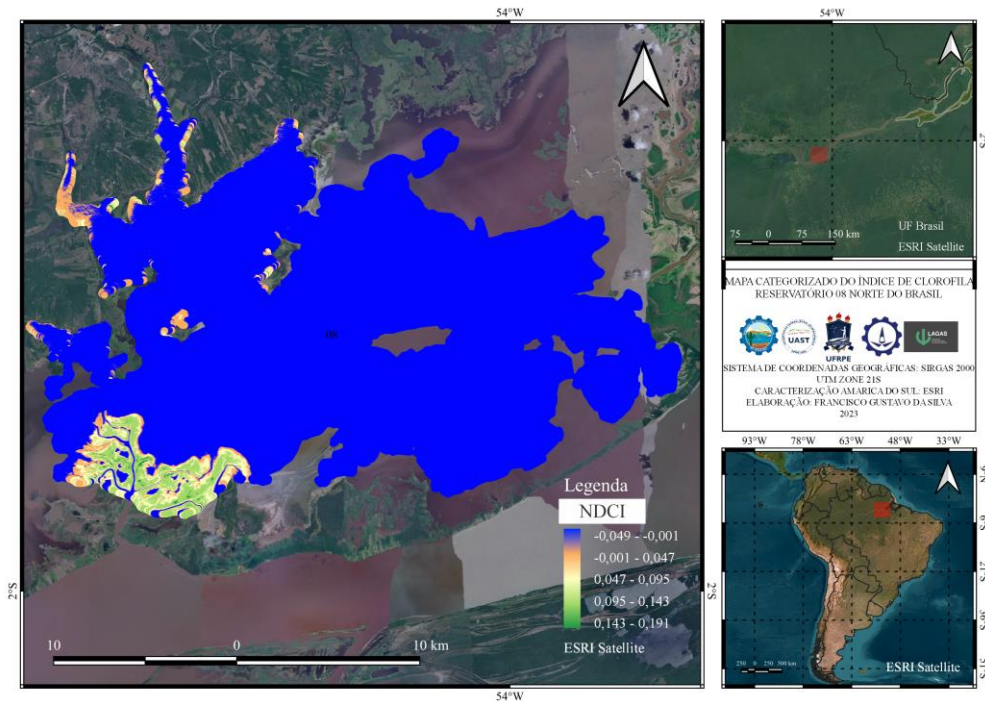
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE M – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório 06 no norte da Bolívia.



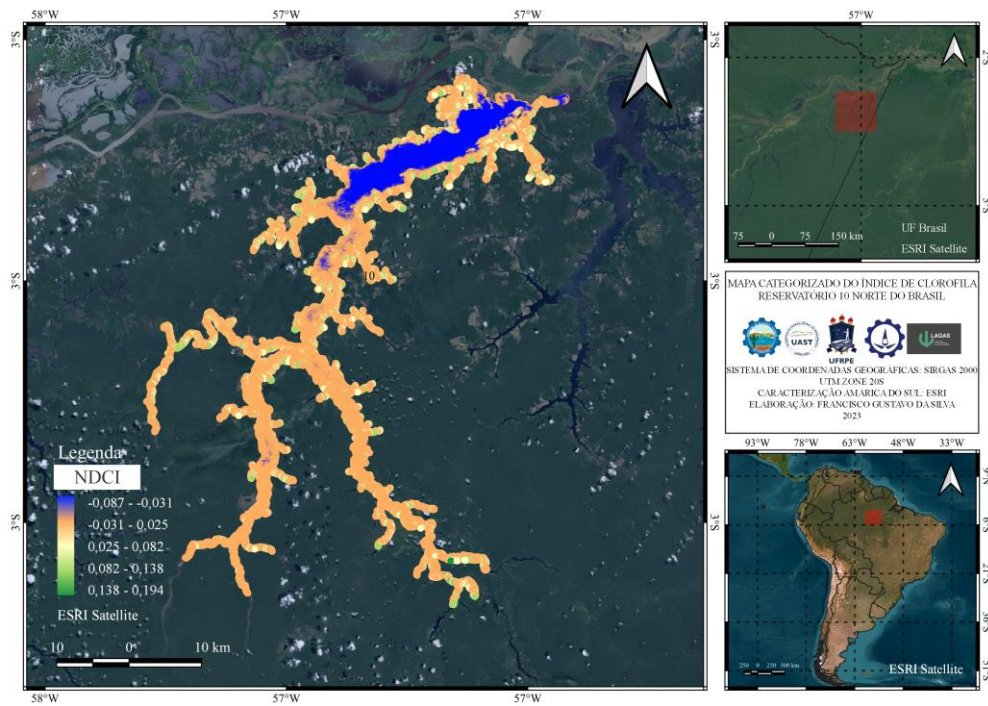
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE N – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório 08 no norte do Brasil.



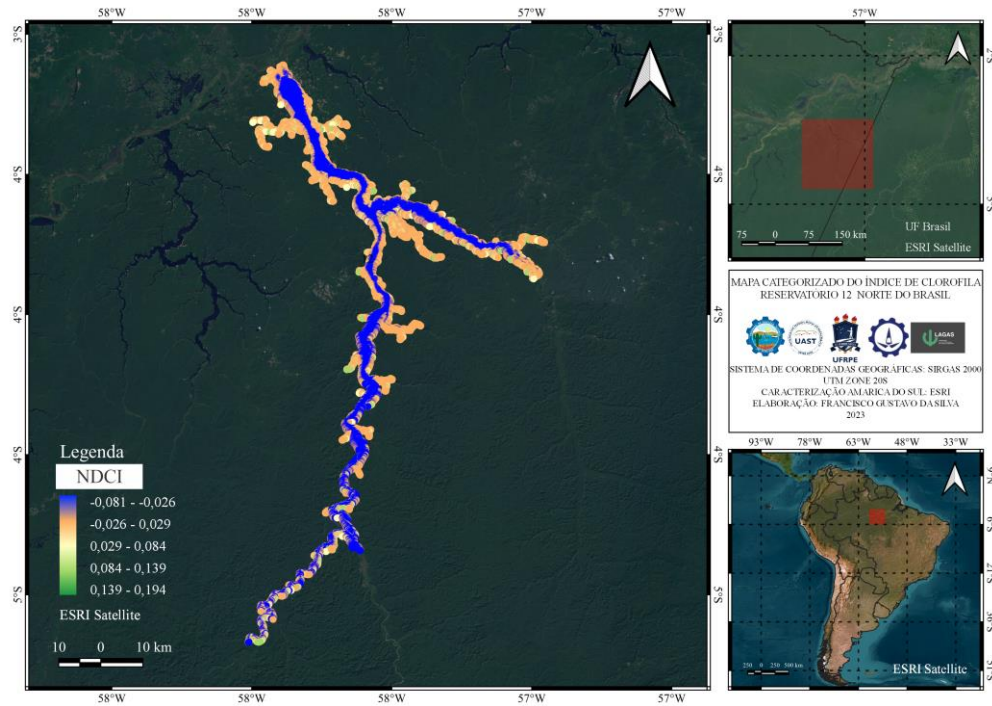
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE O – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório 10 no norte do Brasil.



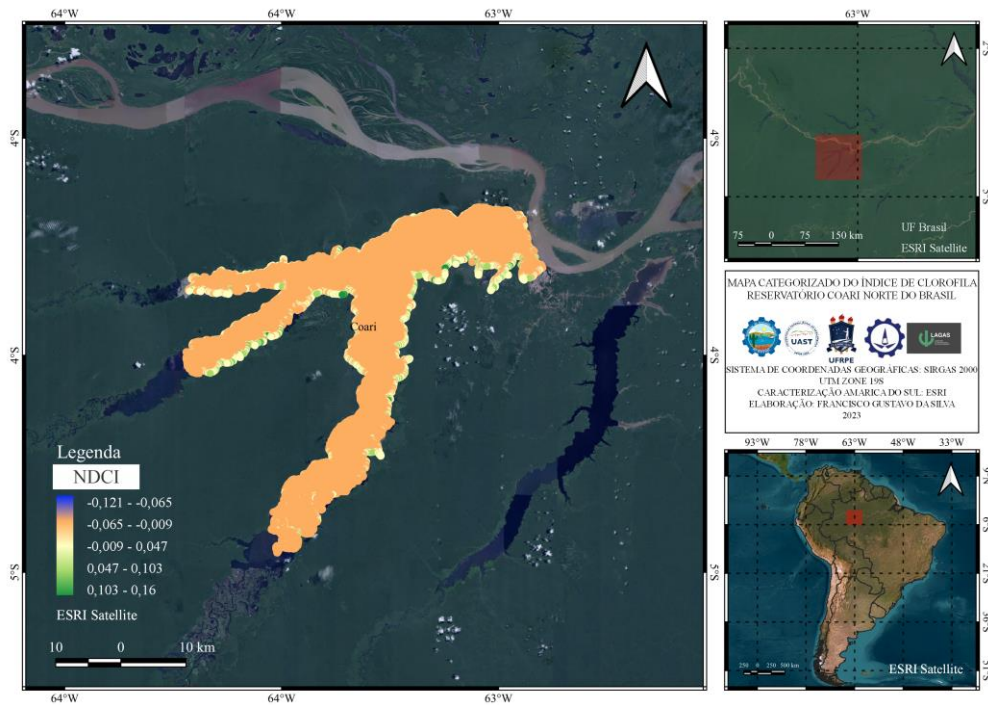
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE P – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório 12 no norte do Brasil.



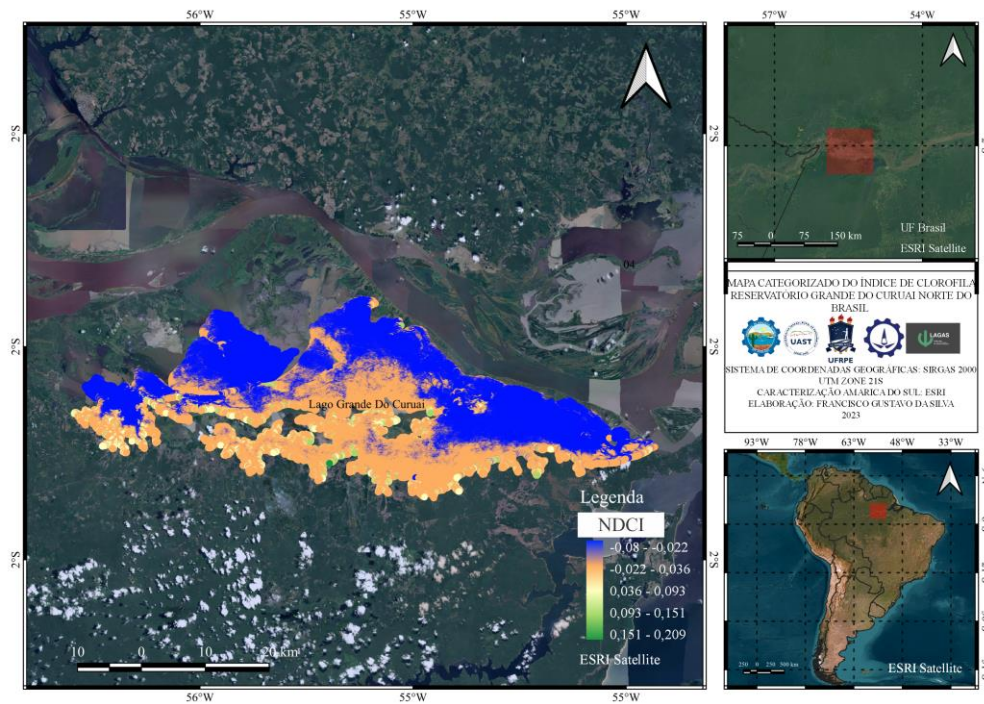
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE Q – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório Coari no norte do Brasil.



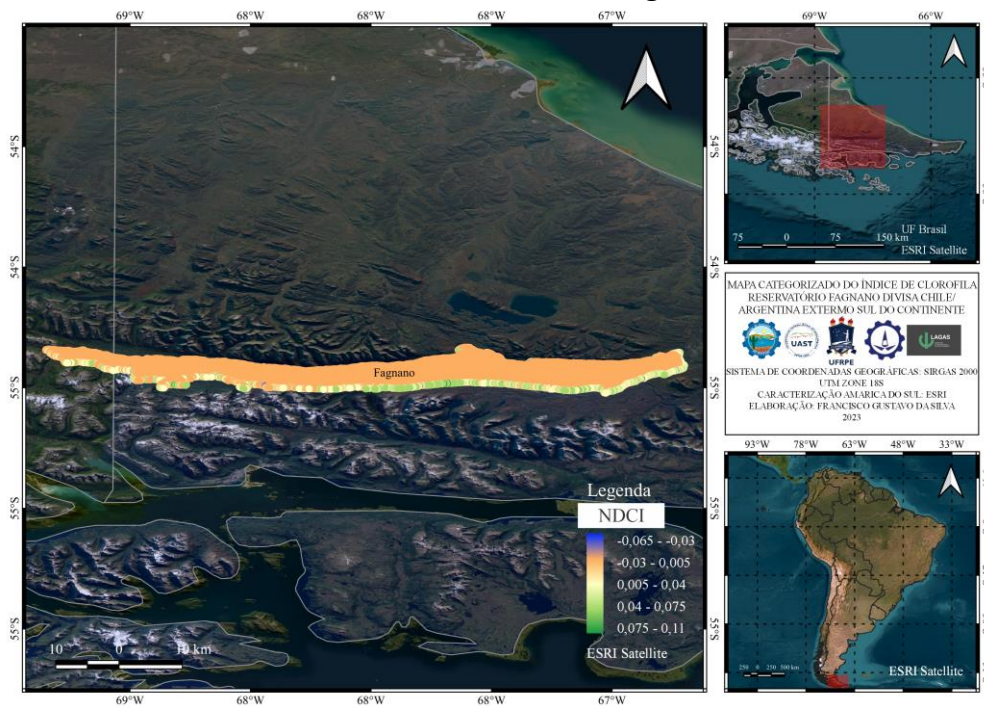
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE R – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Lago Grande Curuai no norte do Brasil.



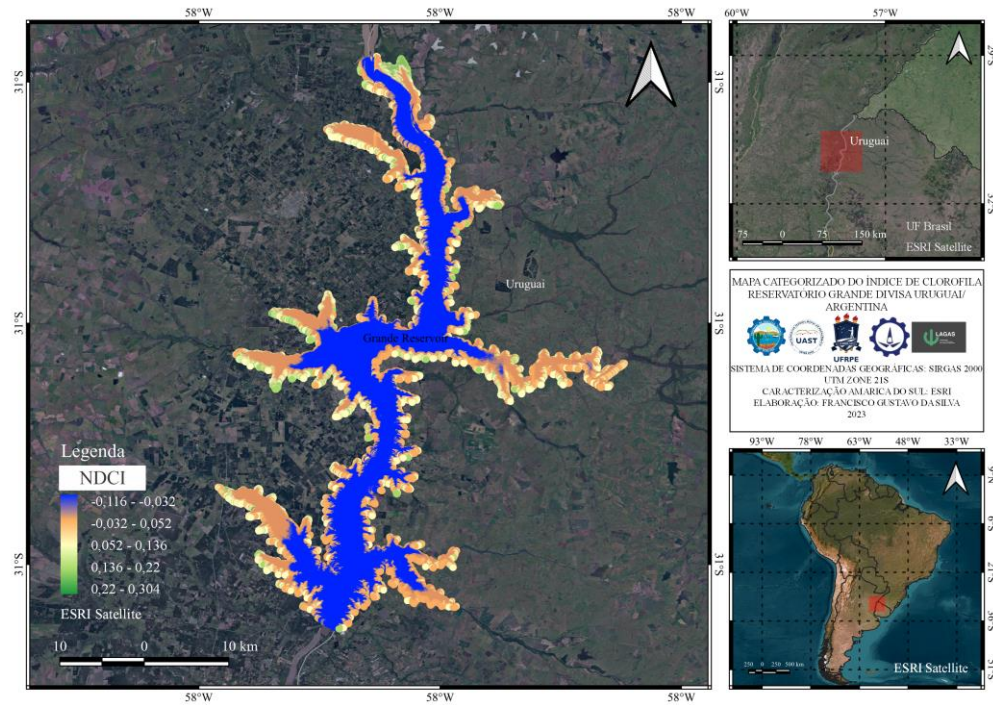
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE S – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Fagnano no extremo sul na divisa Chile/Argentina.



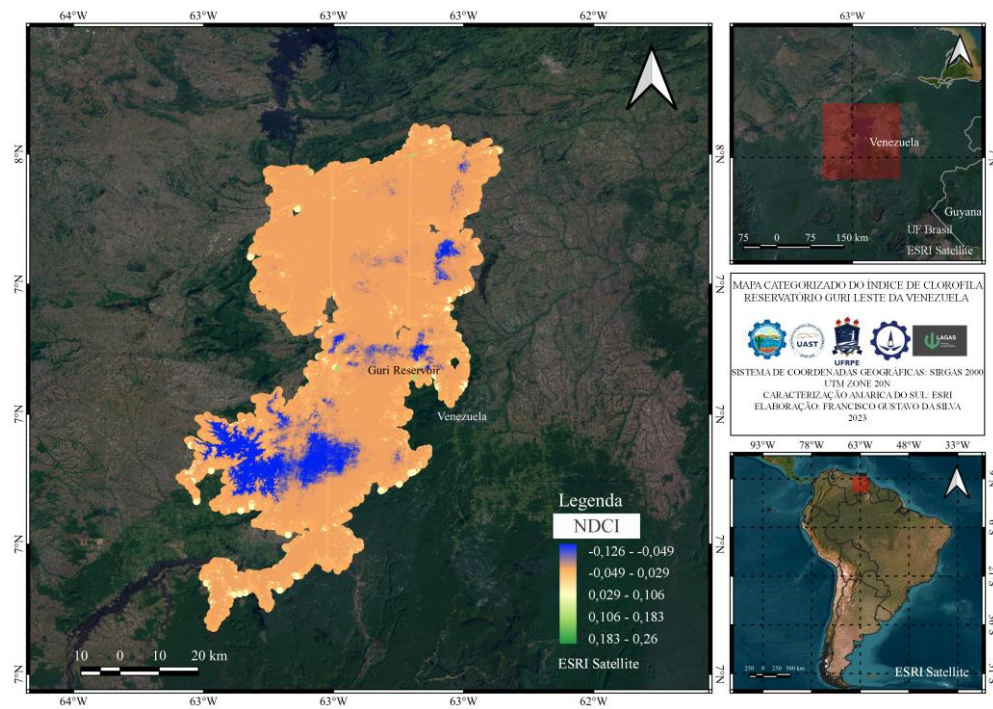
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE T – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório Grande na divisa Uruguai/Argentina.



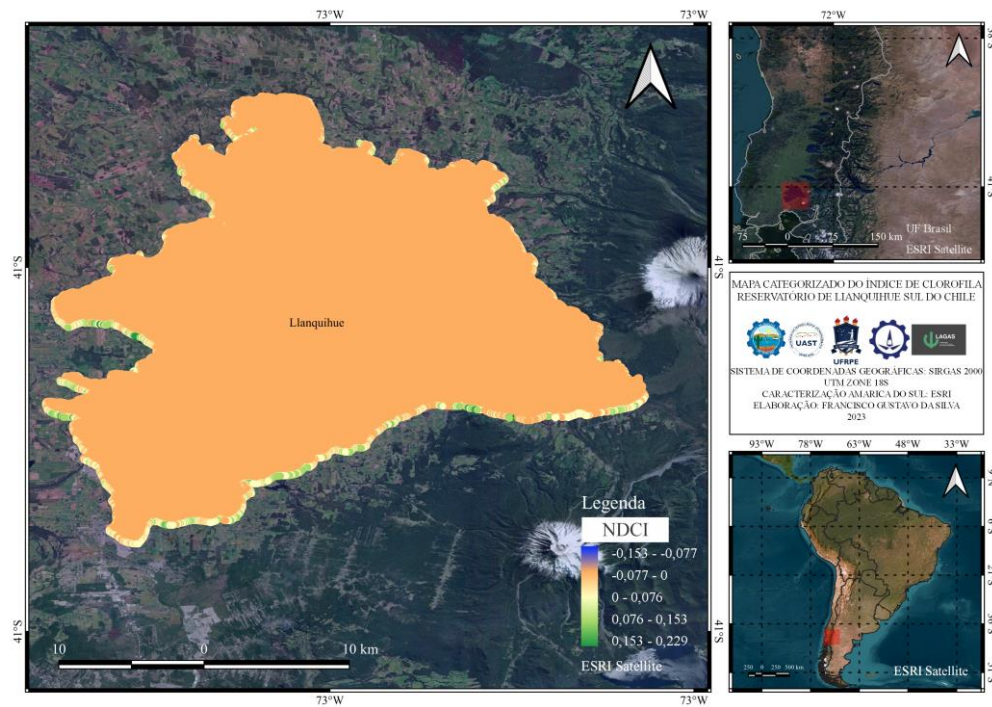
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE U – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Guri no leste da Venezuela.



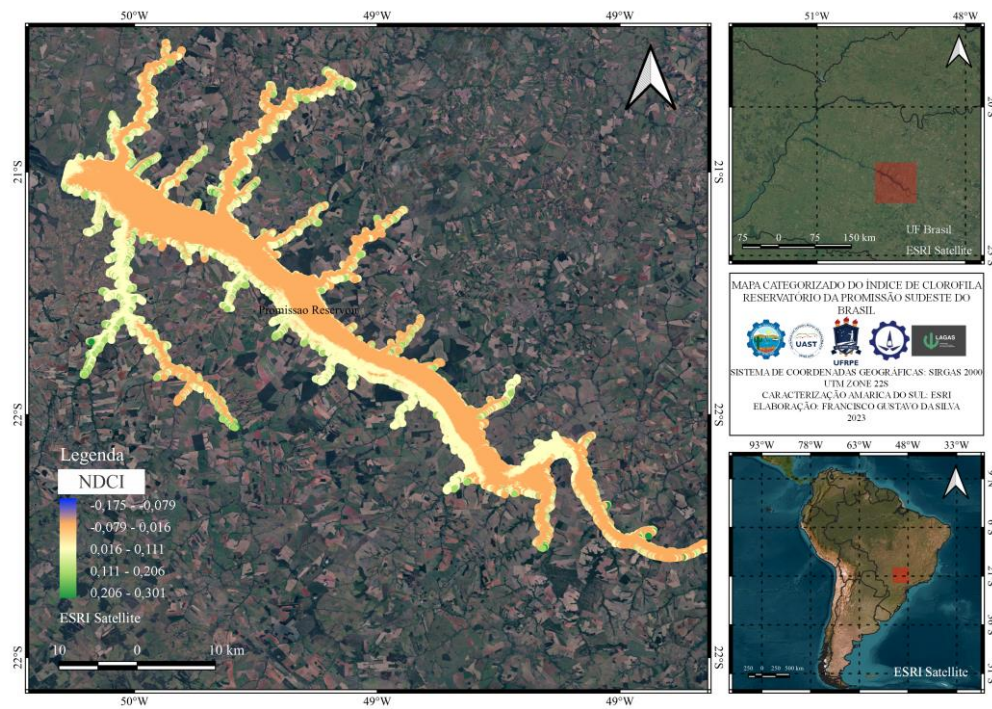
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE V – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Llanquihue no sul do Chile.



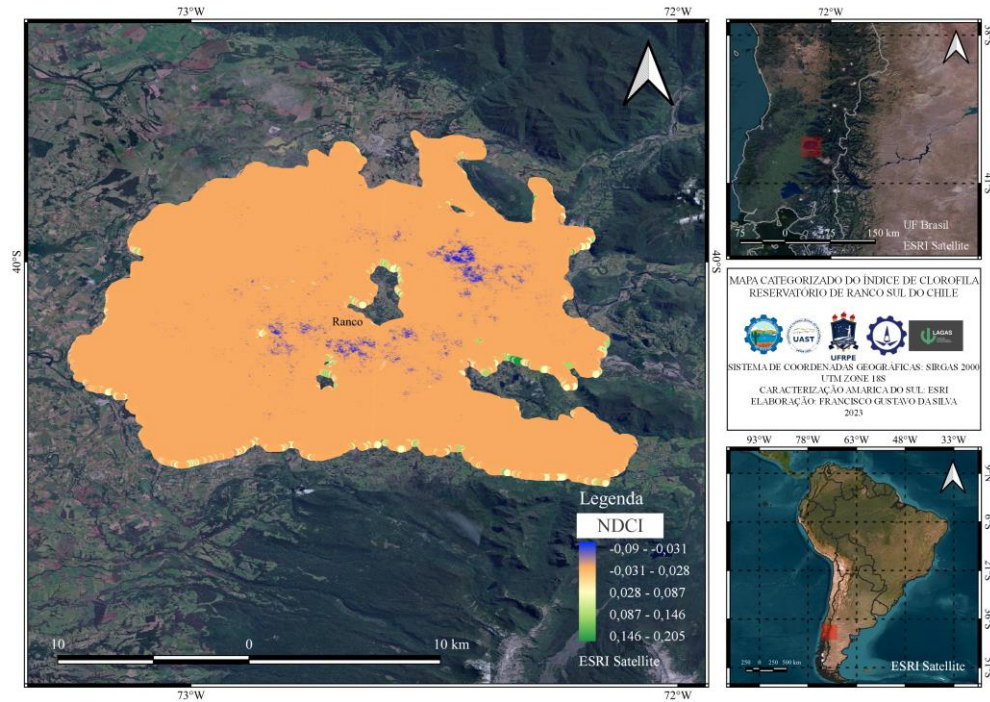
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE W – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório da Promissão no sudeste do Brasil.



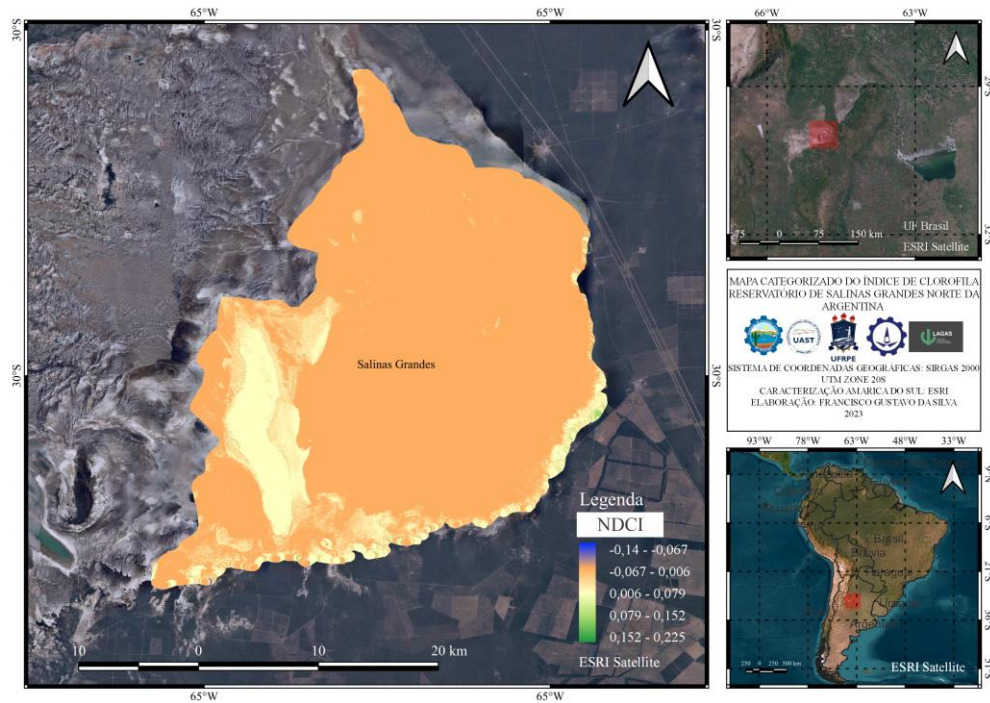
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE X – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Ranco no sul do Chile.



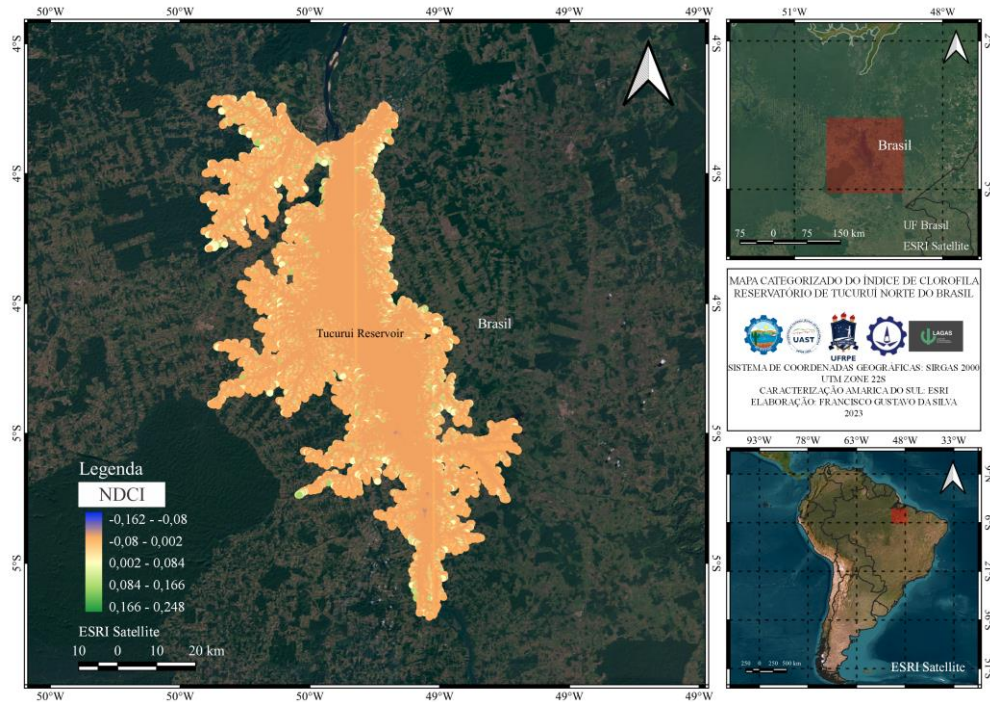
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE Y – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Salinas Grande no norte da Argentina.



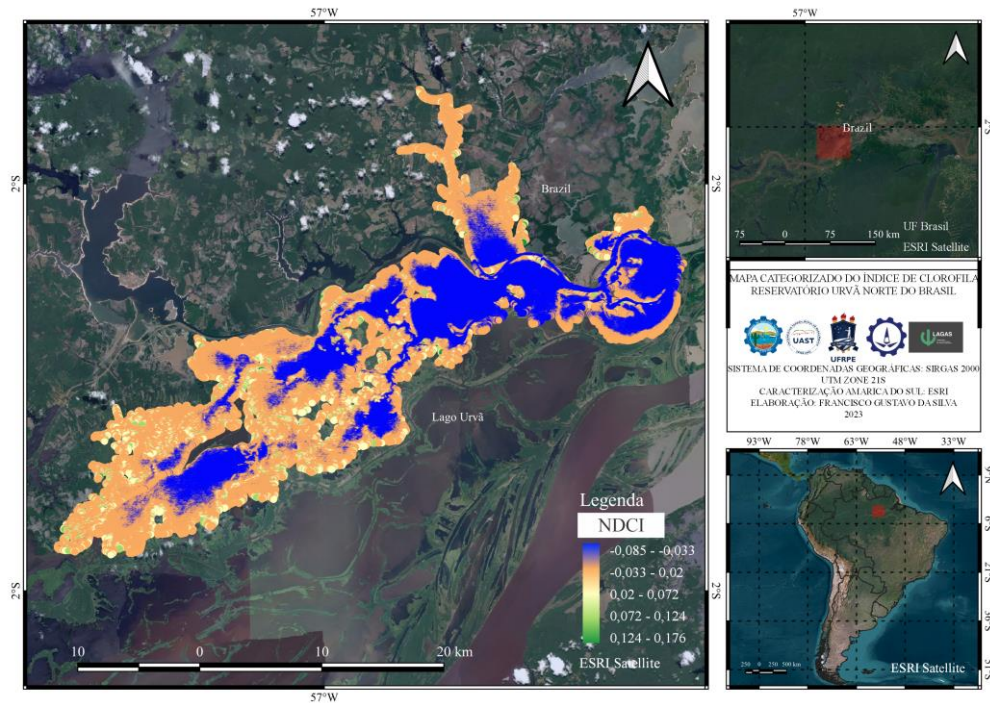
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE Z – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Tucuruí no norte do Brasil.



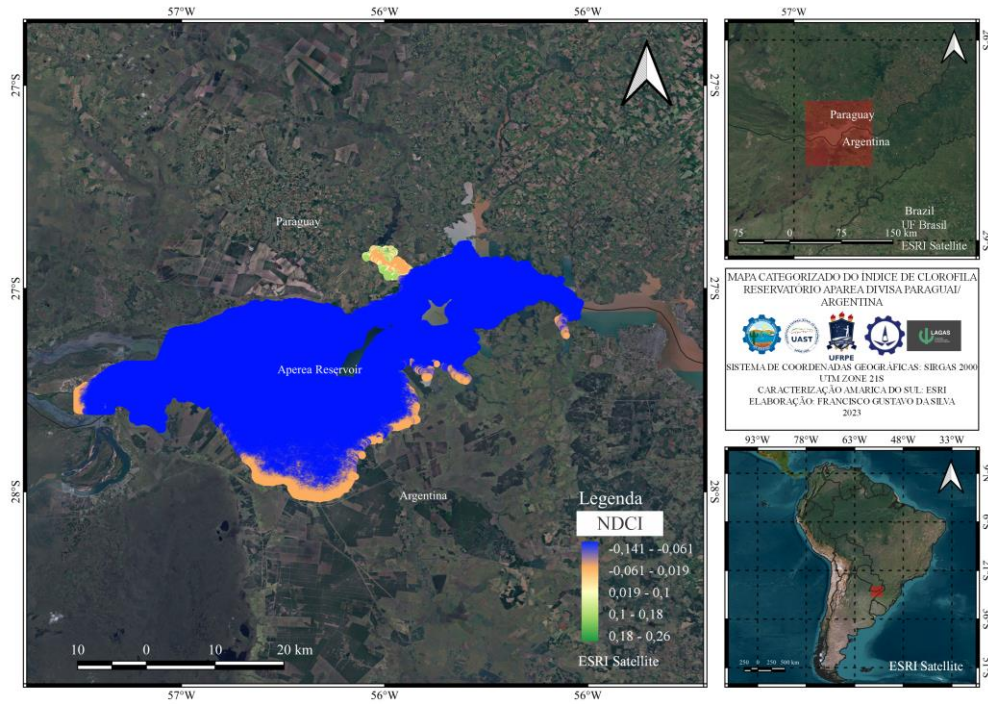
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AA – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Urva no norte do Brasil.



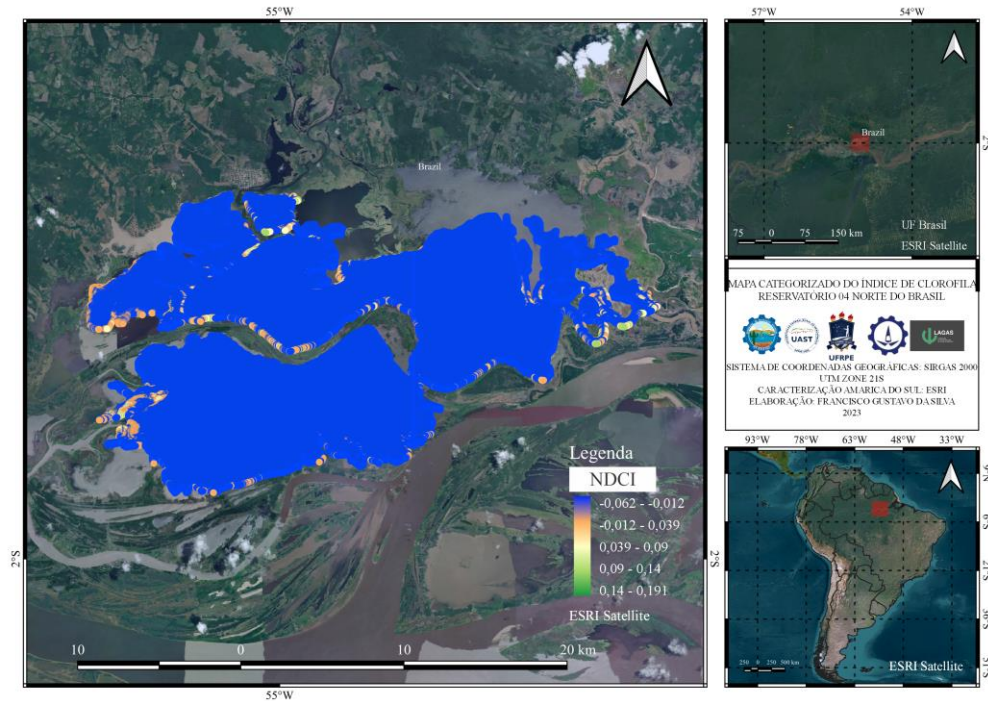
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AB – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Aperea na divisa Paraguai/Argentina.



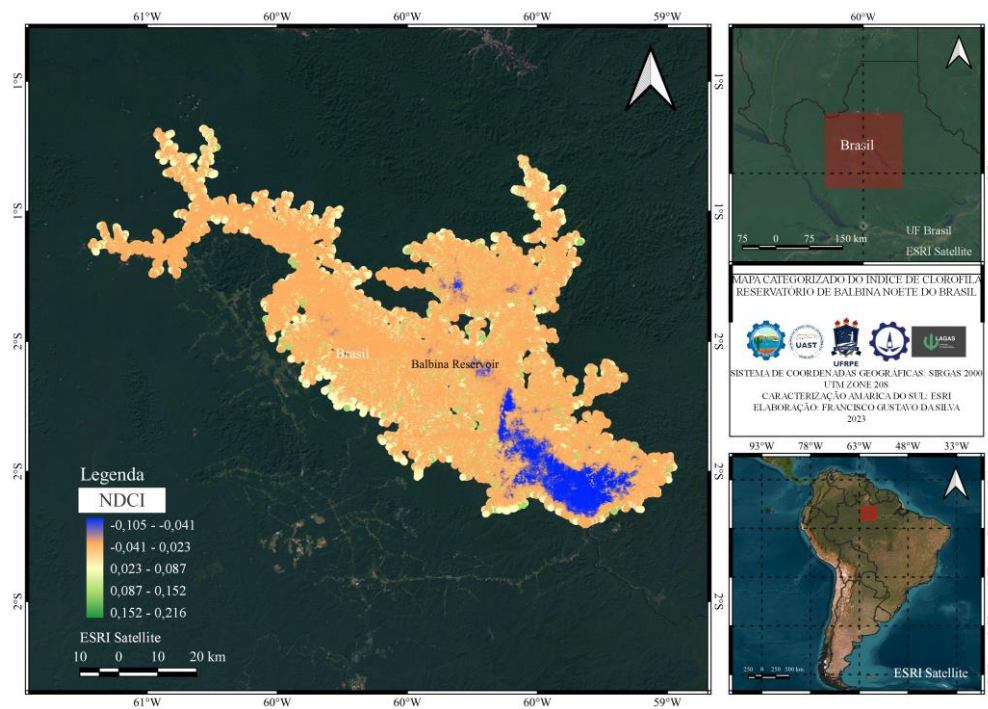
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AC – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório 04 no norte do Brasil.



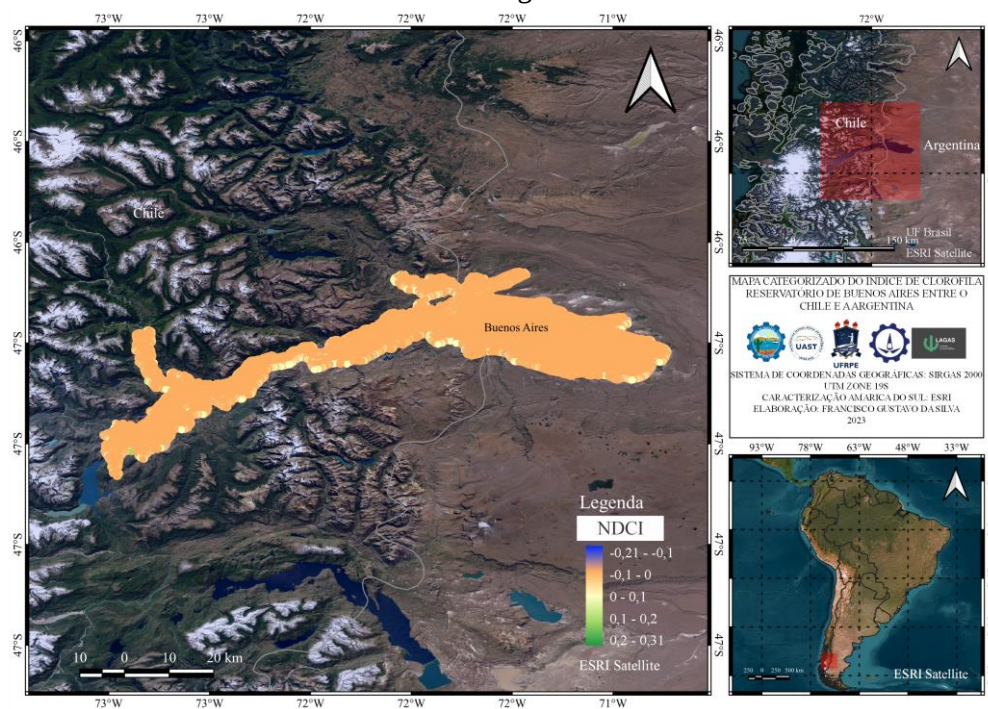
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AD – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Balbina no norte do Brasil.



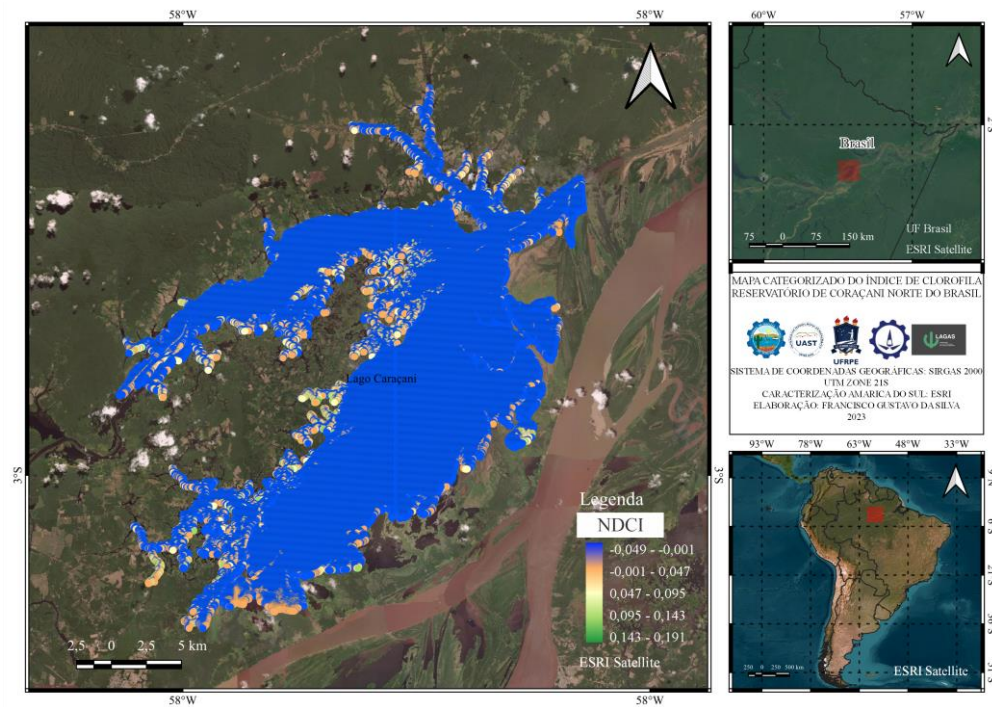
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AE – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Buenos Aires entre o Chile e Argentina.



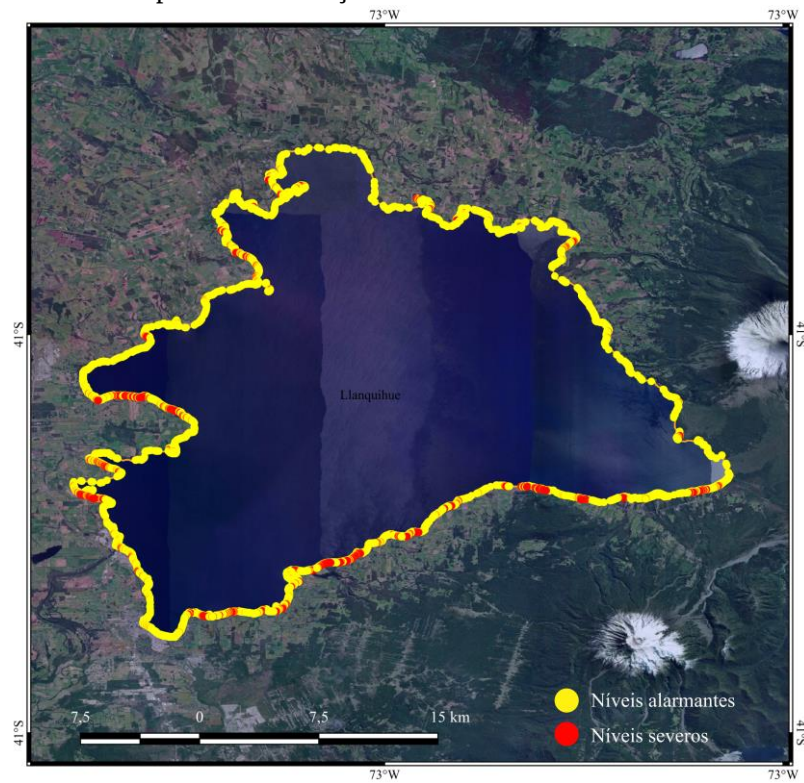
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AF – Mapa categorizado do índice de clorofila: Reservatório de Coraçani no norte do Brasil.



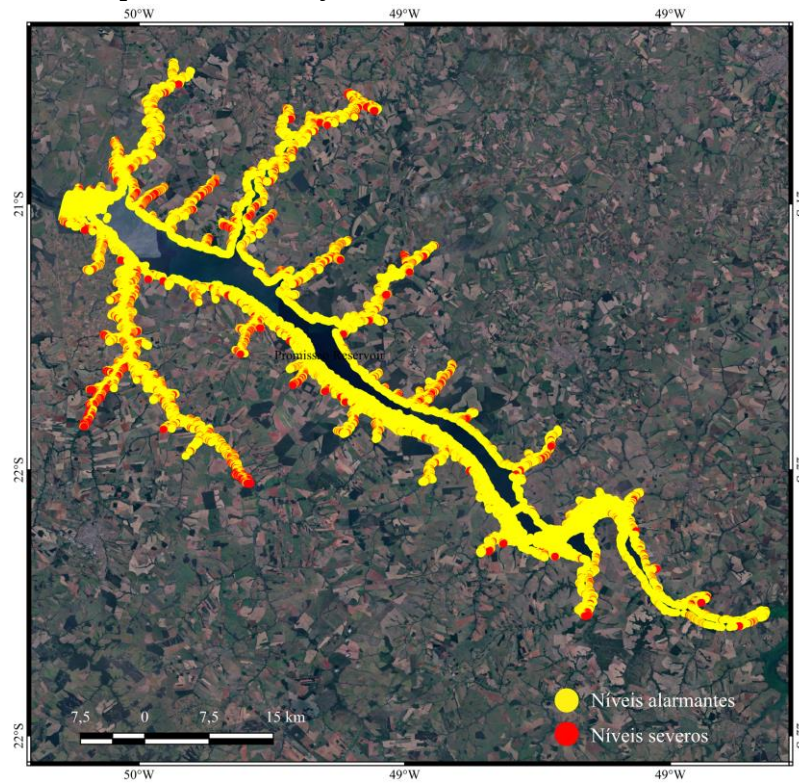
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AG – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Llanquihue.



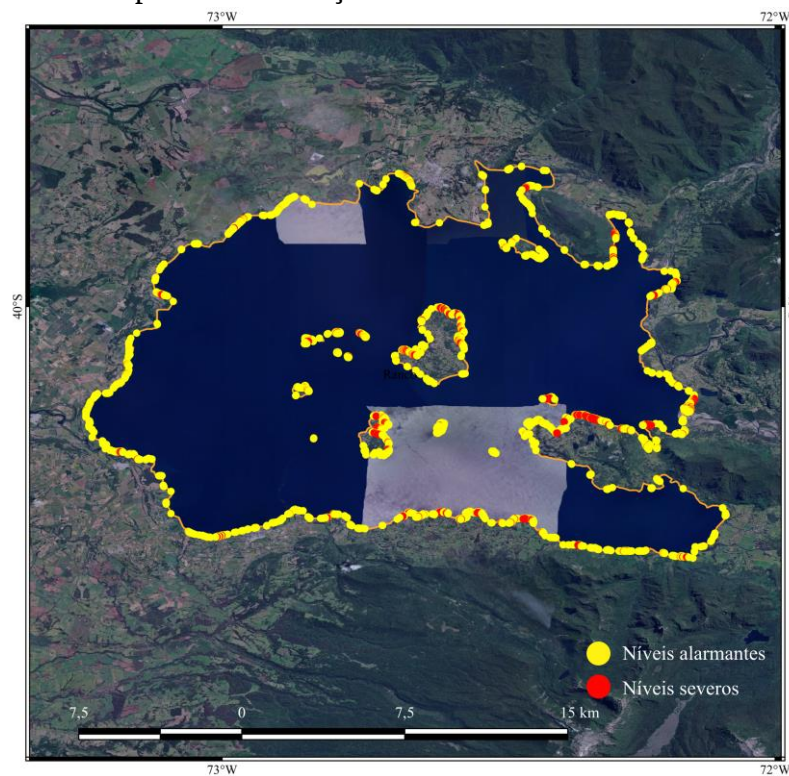
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AH – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Promissão.



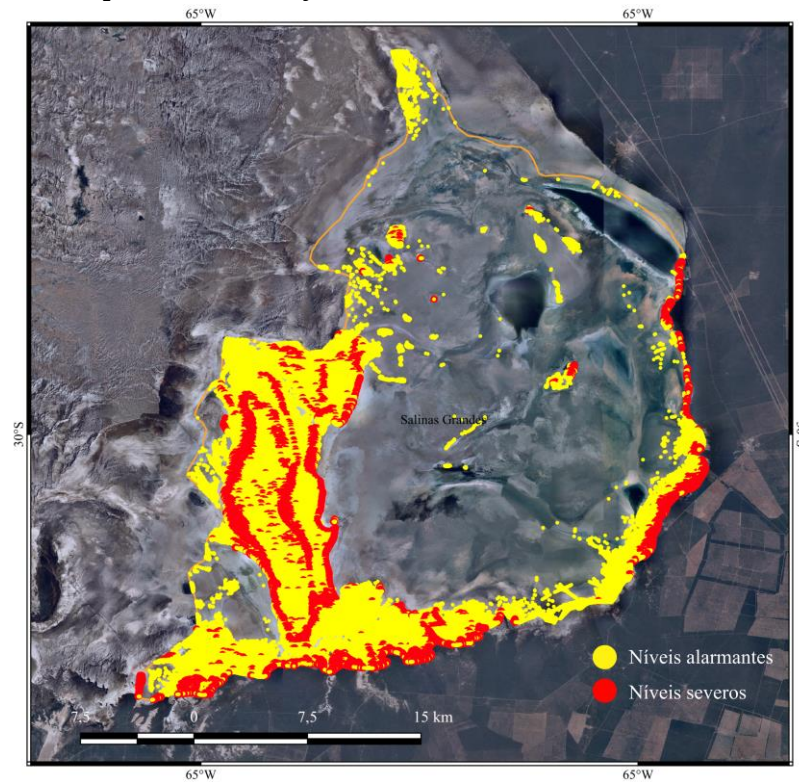
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AI – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Rancho.



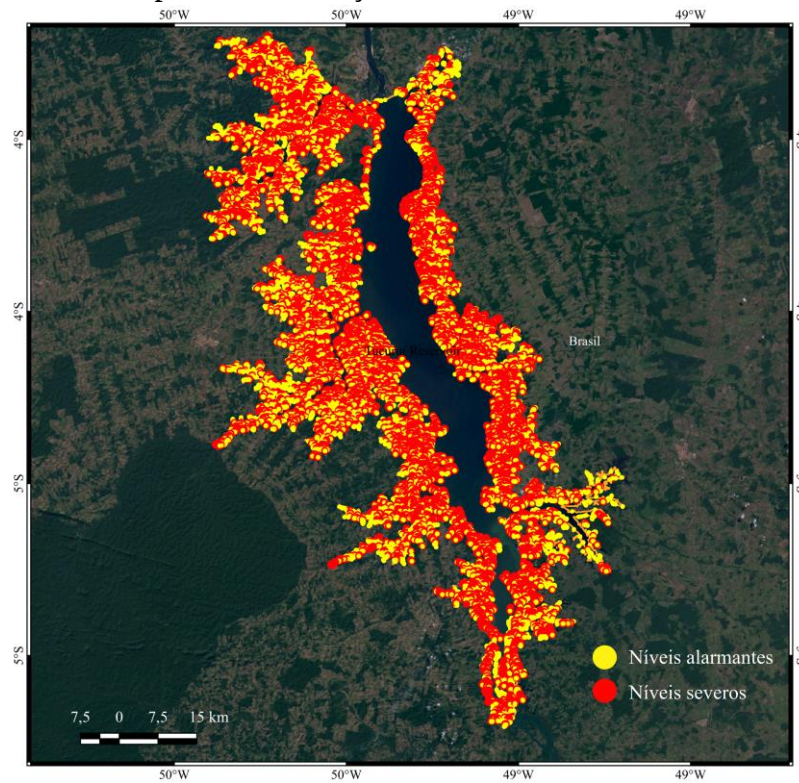
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AJ – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Salinas Grande.



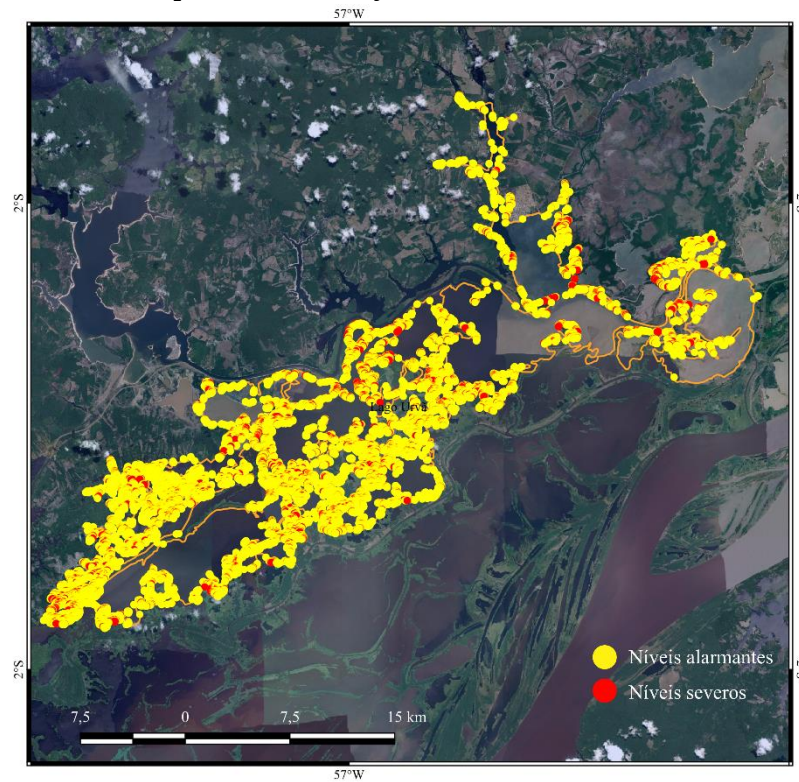
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AG – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Tucuruí.



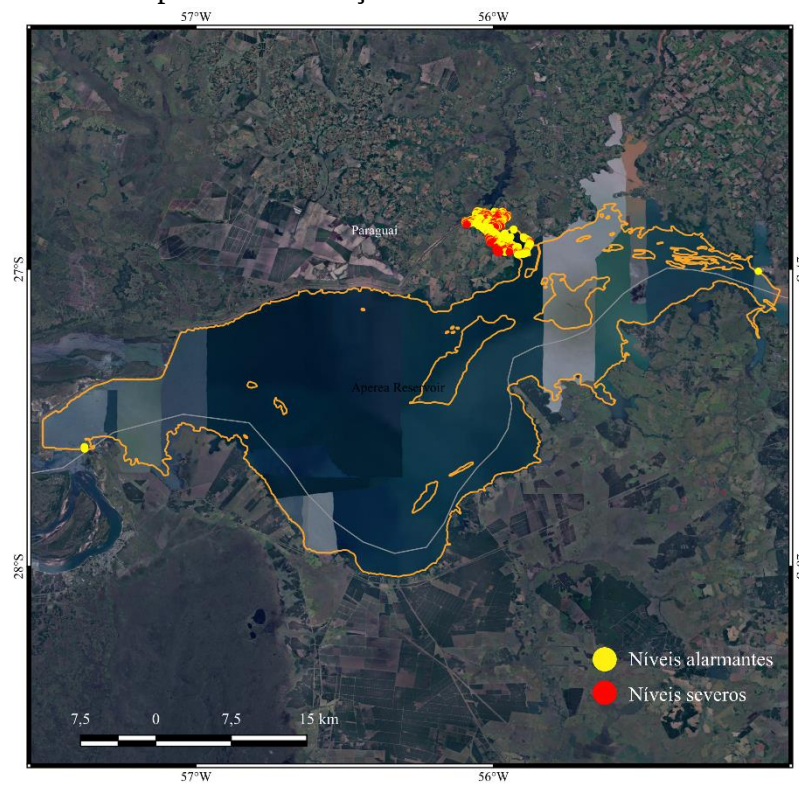
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AK – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Urva.



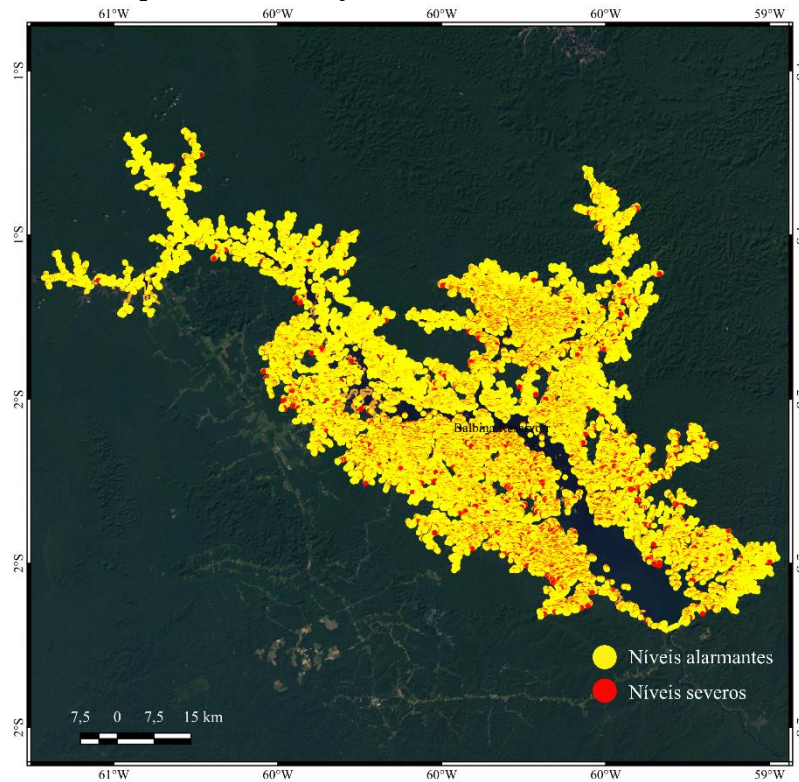
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AL – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Aparea.



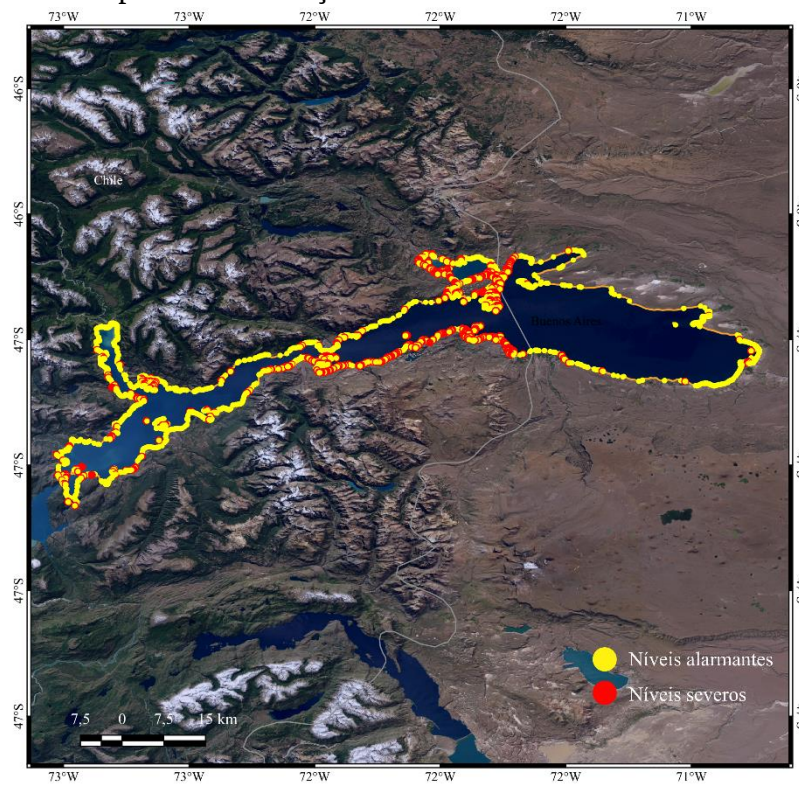
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AM – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Balbina.



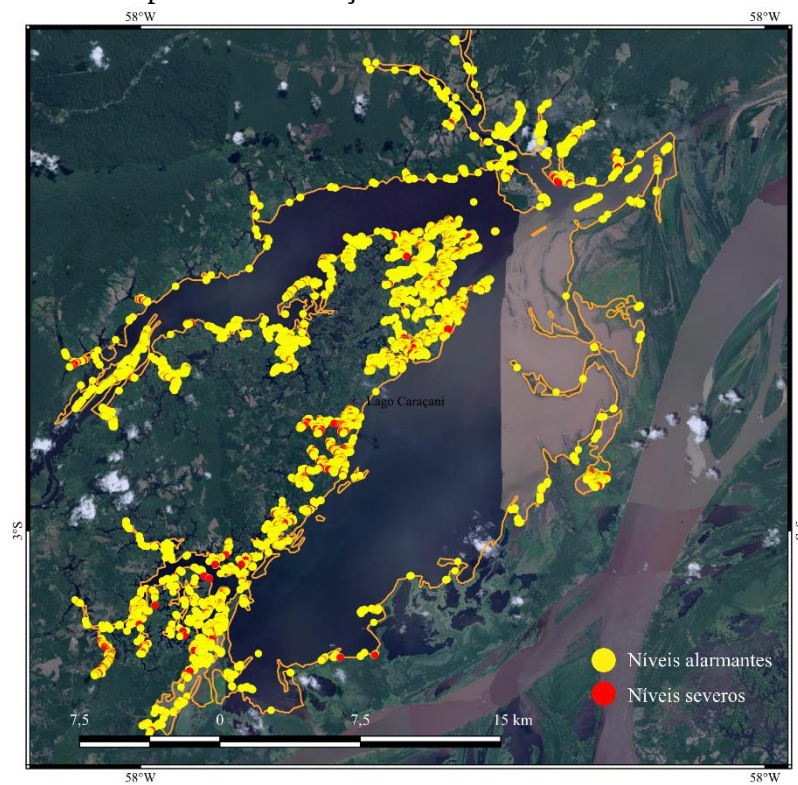
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AN – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Buenos Aires.



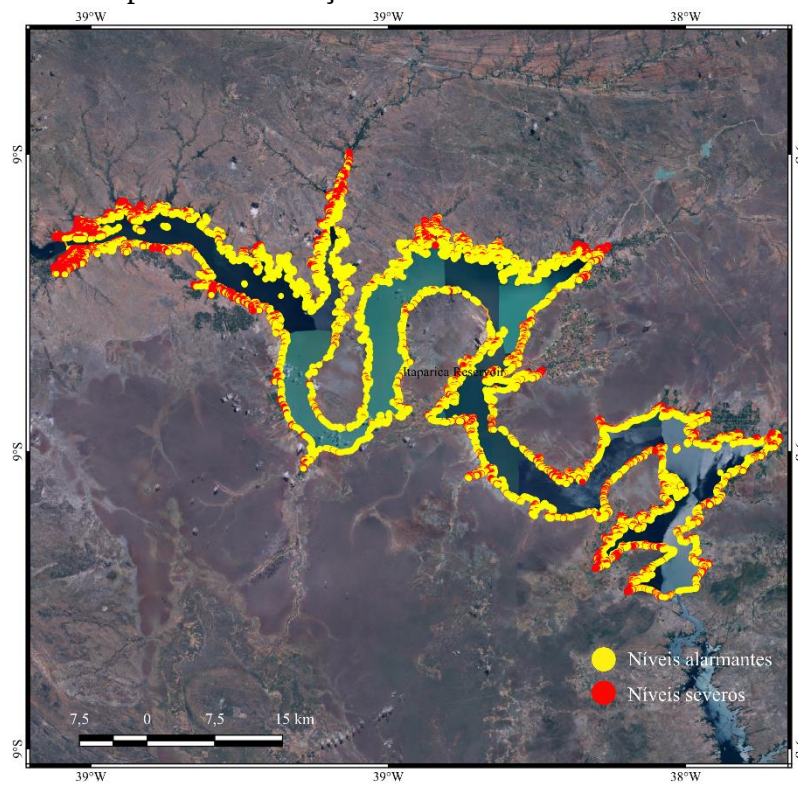
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AO – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Caraçani.



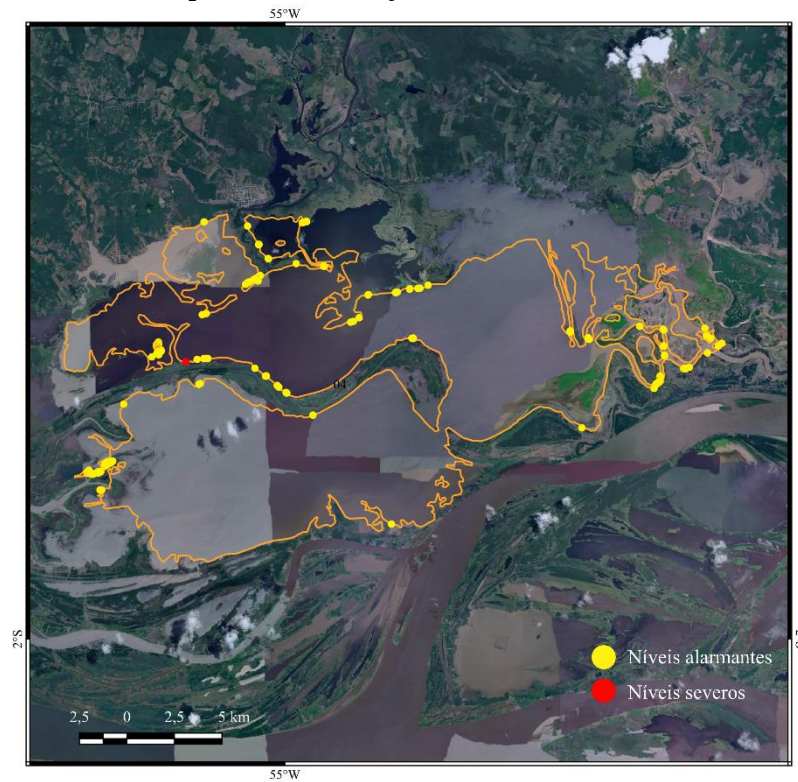
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AP – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Itaparica.



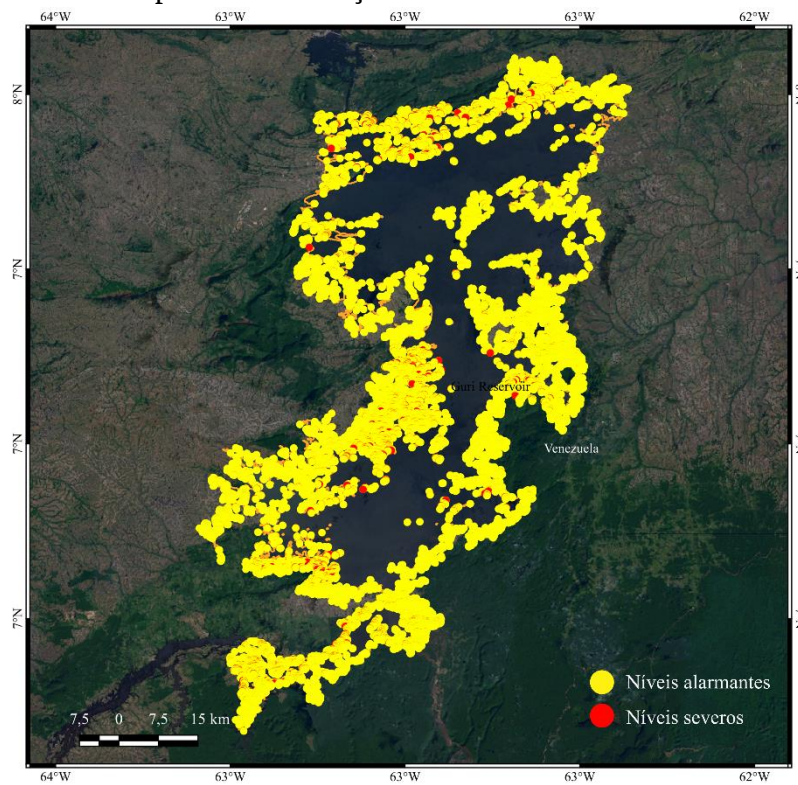
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AQ – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório 04.



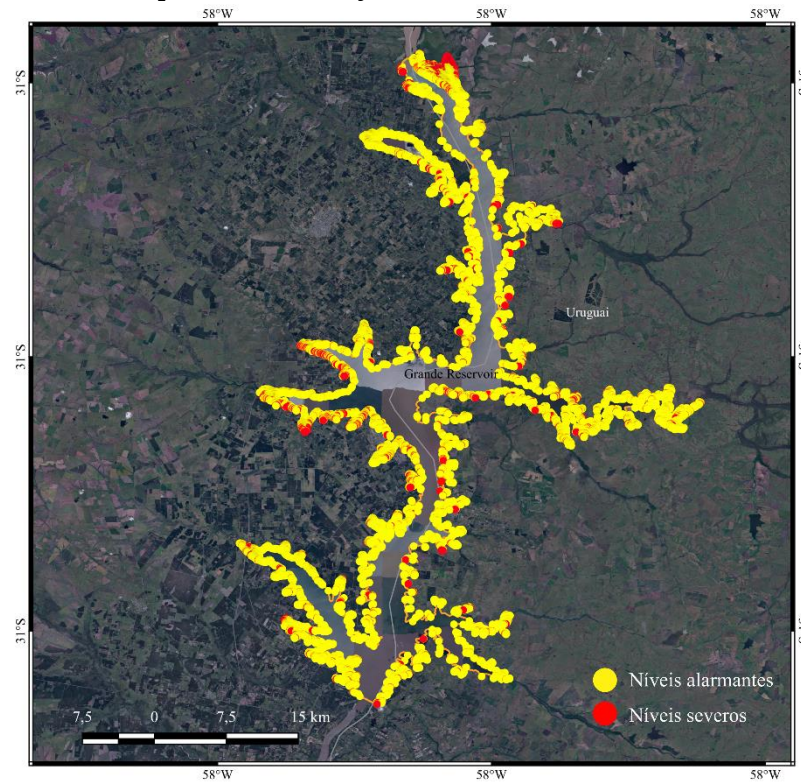
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AR – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Guri.



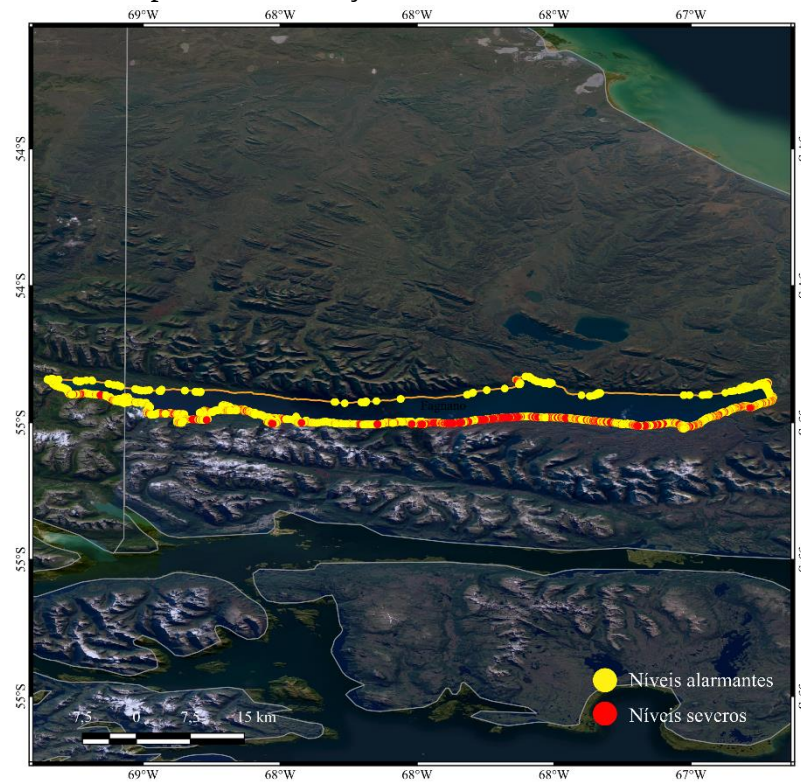
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AS – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Grande.



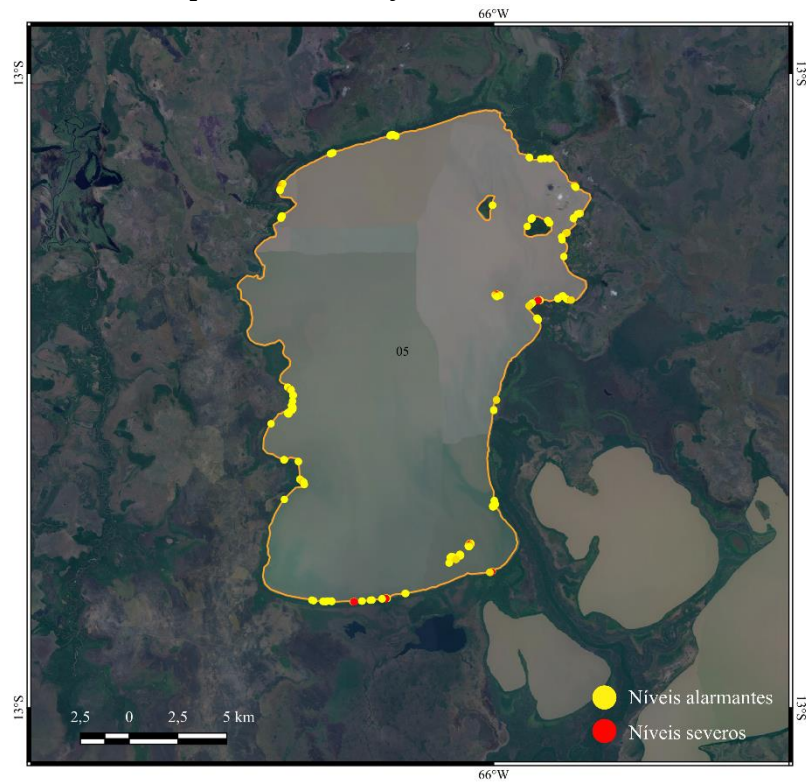
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AT – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Fagnano.



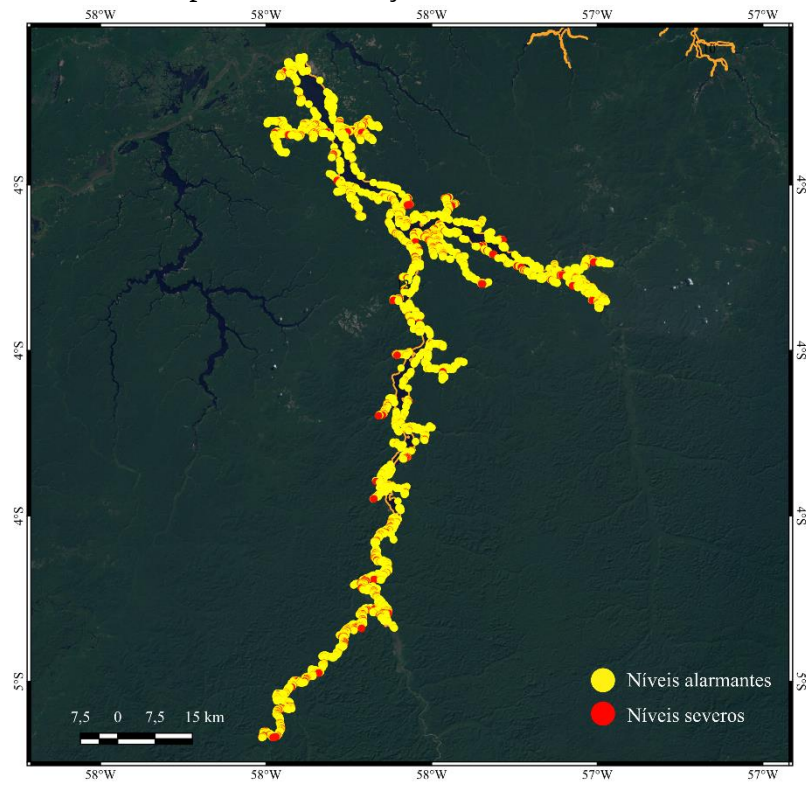
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AU – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório 05.



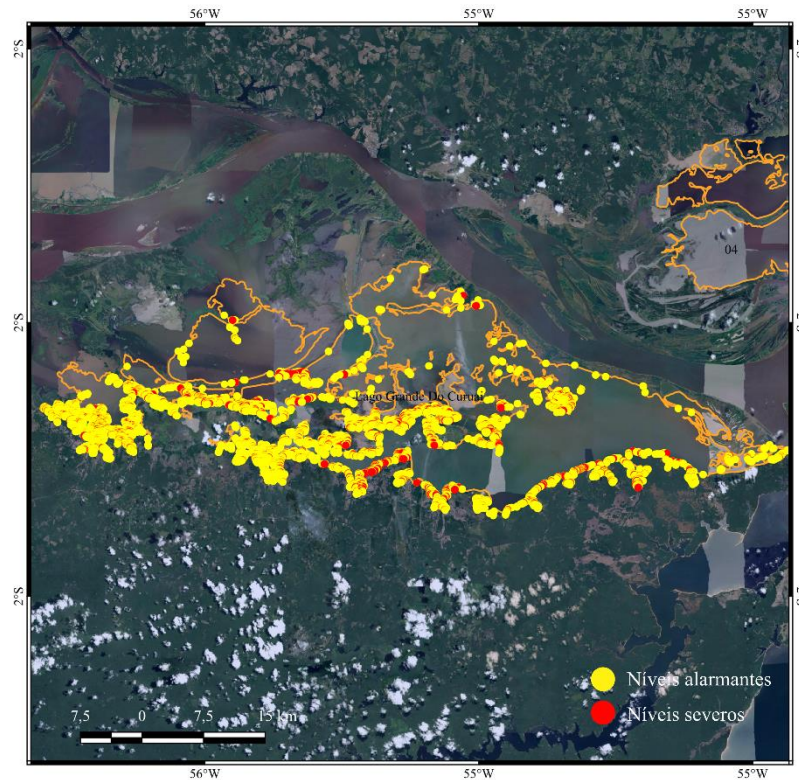
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AV – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório 12.



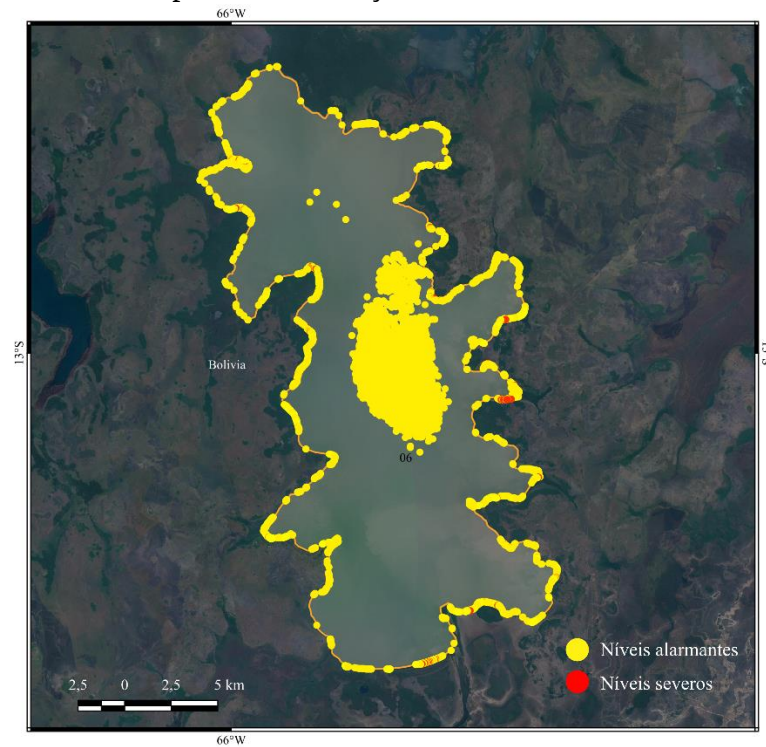
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AW – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório Grande de Curuai.



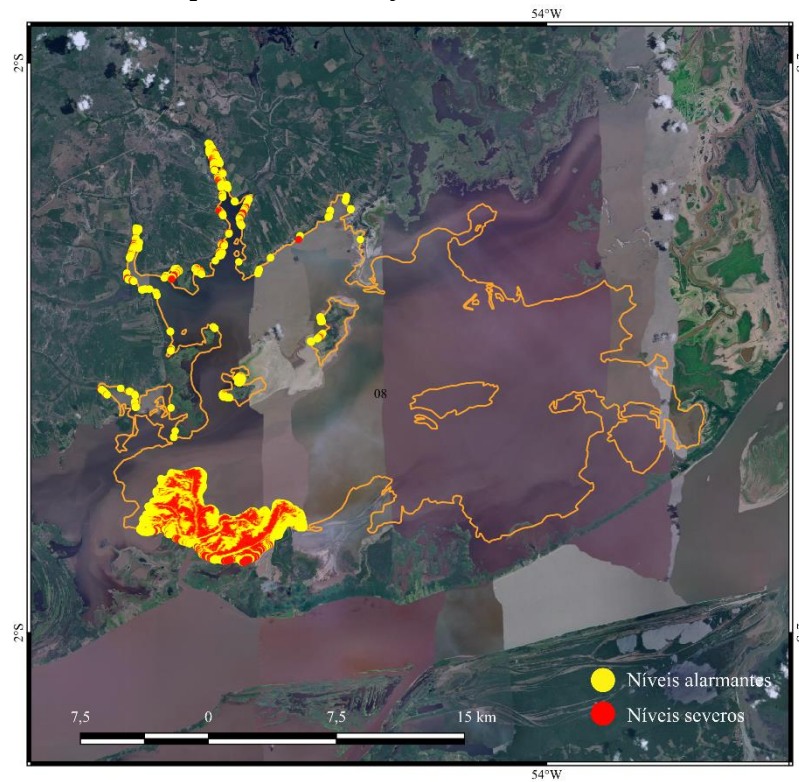
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AX – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório 06.



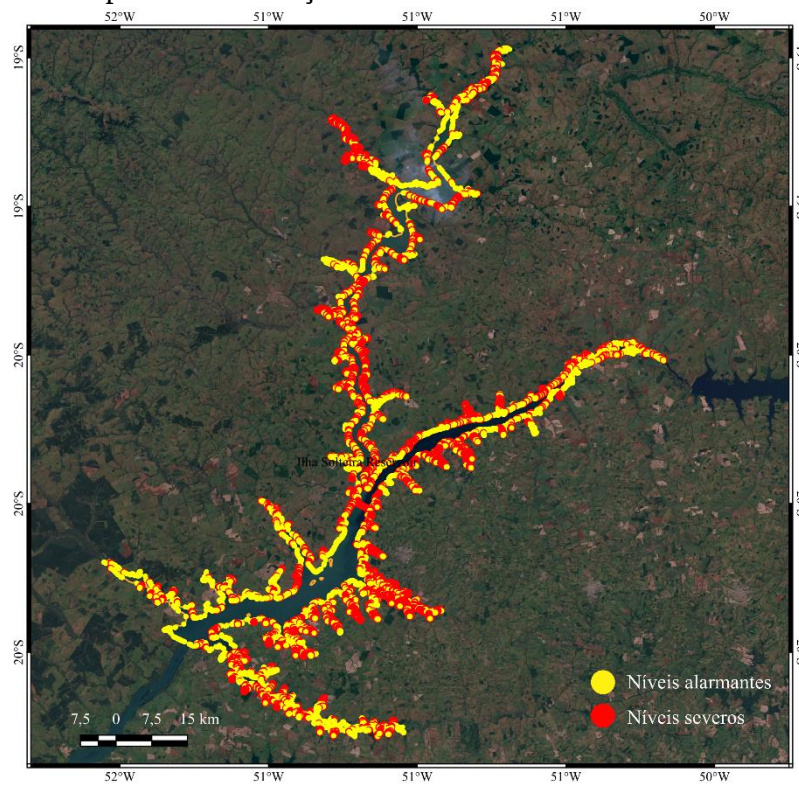
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AY – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório 08.



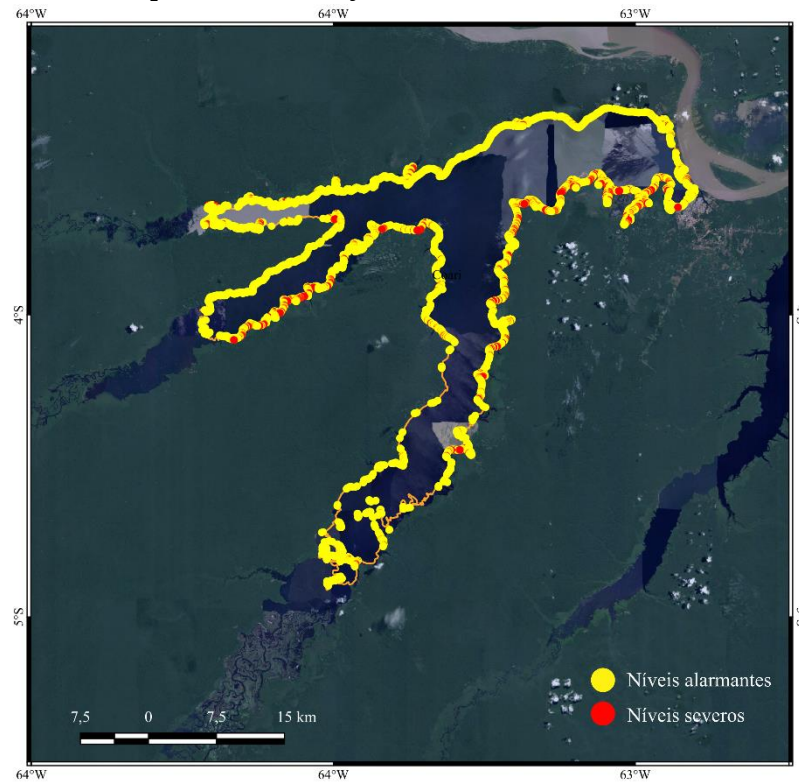
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE AZ – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Ilha Solteira.



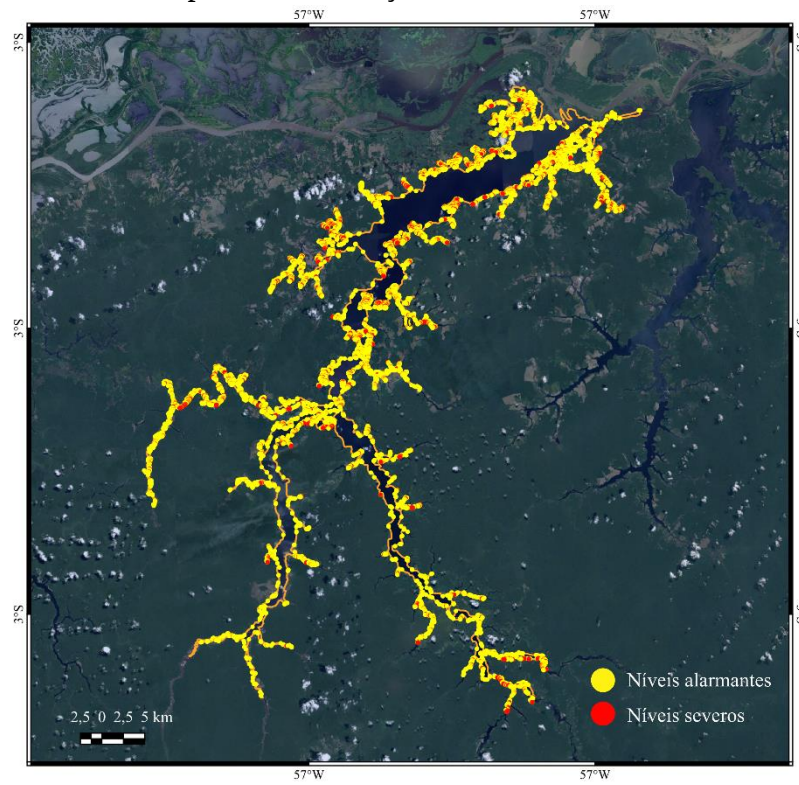
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE BA – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório de Coari.



Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE BB – Mapa de classificação de índices elevados: Reservatório 10.



Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE BC – Tabela de informações por reservatórios.

Nome do reservatório	País	Continente	Lâmina d'água (m²)	Volume (m³)	Riqueza de espécie
Argentino	Argentina	South America	1319,94	219900,00	16
Cardiel	Argentina	South America	349,05	6357,52	14
Chiquita	Argentina	South America	6132,89	14483,00	
Chocon Reservoir	Argentina	South America	711,51	22000,00	17
Colhue Huapi	Argentina	South America	623,21	1620,00	13
Grande Reservoir	Argentina	South America	533,46	5500,00	95
Llancanelo	Argentina	South America	405,85	1488,57	19
Los Barreales	Argentina	South America	395,81	2780,00	16
Musters	Argentina	South America	410,52	5642,34	15
Nahuel Huapi	Argentina	South America	528,44	82513,55	28
Salinas Grandes	Argentina	South America	1033,67	310,10	73
Viedma	Argentina	South America	1193,37	119337,00	
05	Bolívia	South America	307,92	2414,11	120
06	Bolívia	South America	325,01	1808,82	121
Lago Coipasa	Bolívia	South America	886,54	797,89	33
Poopo	Bolívia	South America	2247,91	3415,00	38
Salar de Uyuni	Bolívia	South America	278,42	2059,45	39
Titicaca	Bolívia	South America	8002,51	893000,00	68
04	Brasil	South America	301,73	485,41	195
08	Brasil	South America	408,63	1598,19	184
10	Brasil	South America	321,62	6507,32	195

11	Brasil	South America	318,57	9290,11	
12	Brasil	South America	388,07	14661,79	208
34	Brasil	South America	348,81	6150,00	109
Água Vermelha Reservoir	Brasil	South America	507,07	11100,00	117
Baia do Caxiuana	Brasil	South America	582,22	2037,78	150
Balbina Reservoir	Brasil	South America	2304,63	17533,00	216
Coari	Brasil	South America	642,00	12840,04	217
Furnas	Brasil	South America	928,08	22950,00	141
Grajau	Brasil	South America	311,16	5060,00	
Iepe	Brasil	South America	407,17	10540,00	74
Ilha Solteira Reservoir	Brasil	South America	1077,23	21170,00	166
Itaipu	Brasil	South America	1156,44	29000,00	137
Itaparica Reservoir	Brasil	South America	687,51	10800,00	312
Lago Caraçani	Brasil	South America	365,67	4042,94	215
Lago das Brisas	Brasil	South America	333,17	17000,00	81
Lago de Serra das Almas	Brasil	South America	922,61	54400,00	151
Lago Grande Do Curuai	Brasil	South America	944,75	4400,00	193
Lago Urvã	Brasil	South America	357,76	1849,10	189
Lagoa Mangueira	Brasil	South America	763,41	1984,86	
Mirim	Brasil	South America	3899,70	23398,20	90
Peixoto	Brasil	South America	250,10	4040,00	123
Porto Primavera Reservoir	Brasil	South America	1204,99	20000,00	
Promissao Reservoir	Brasil	South America	511,18	7408,00	156

Represa de Jurumirim	Brasil	South America	373,64	7008,00	75
Represa de Xavantes	Brasil	South America	341,19	8795,00	77
Sao Simao Reservoir	Brasil	South America	583,59	12540,00	113
Sobradinho Reservoir	Brasil	South America	2614,96	34100,00	73
Tres Irmaos Reservoir	Brasil	South America	591,71	13450,00	148
Tres Marias Reservoir	Brasil	South America	799,76	21000,00	109
Tucurui Reservoir	Brasil	South America	2349,17	49536,00	160
Buenos Aires	Chile	South America	1763,81	705524,00	17
Cochrane	Chile	South America	298,95	30421,84	15
Fagnano	Chile	South America	586,39	41000,00	17
Llanquihue	Chile	South America	861,27	158600,00	20
Presidente Rios	Chile	South America	293,51	22813,47	5
Ranco	Chile	South America	426,60	34371,01	25
San Martin	Chile	South America	1009,95	68676,60	14
Zapatoza	Colômbia	South America	286,55	1097,25	120
Aperea Reservoir	Paraguay	South America	1111,23	21000,00	104
Lago del Rio Yguazú	Paraguay	South America	403,80	8400,00	78
Brokopondo Reservoir	Suriname	South America	1066,75	22700,00	168
Lago Ricon Delbonete	Uruguay	South America	718,48	8800,00	44
Guri Reservoir	Venezuela	South America	3661,10	135000,00	175
Valencia	Venezuela	South America	370,00	11932,07	150