

YARA DIAS PEREIRA

Análise comparativa entre imagens de satélites LANDSAT-8, SENTINEL-2 e CBERS para a identificação de barragens de usos múltiplos utilizando o NDWI no município de Várzea Grande/MT.

Trabalho de Conclusão de Curso no Formato de Nota Técnica, apresentado ao Curso de Especialização em Segurança de Barragem para usos Múltiplos como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Fernanda Puga Santos
Coorientador: Dr. Edivaldo José da Silva Junior

Salvador
2024

Análise comparativa entre imagens de satélites LANDSAT-8, SENTINEL-2 e CBERS para a identificação de barragens de usos múltiplos utilizando o índice NDWI no município de Várzea Grande/MT.

Yara Dias Pereira

Resumo

O texto discute o uso do sensoriamento remoto para identificar barragens de múltiplos usos no município de Várzea Grande/MT. O objetivo é desenvolver uma metodologia para mapear essas barragens em todo o estado. O estudo utiliza imagens de satélite de três missões: Landsat 8, Sentinel-2 e CBERS-4A. O Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI) é aplicado para identificar áreas com água. Os resultados são comparados com dados de referência obtidos por meio de análise visual no Google Earth Pro. A imagem Landsat 8 apresentou o melhor desempenho, com 32,47% de verdadeiros positivos e 6,97% de falsos negativos. A imagem Sentinel-2 teve 8,41% de verdadeiros positivos e 0,49% de falsos negativos.

A imagem CBERS-4A teve 34% de verdadeiros positivos e 65% de falsos negativos.

Os resultados indicam que o NDWI pode ser uma ferramenta útil para identificar barragens de múltiplos usos, mas precisa ser aprimorado para reduzir o número de falsos positivos. O estudo também destaca a importância de considerar fatores como a presença de rios e áreas urbanas ao interpretar os resultados. O estudo demonstra o potencial do sensoriamento remoto para mapear barragens de múltiplos usos. Mais pesquisas são necessárias para aprimorar a metodologia e torná-la mais robusta para aplicações em larga escala.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, assinatura espectral, NDWI, barragens de usos múltiplos

Abstract

The text discusses the use of remote sensing to identify multiple-use dams in the municipality of Várzea Grande/MT. The objective is to develop a methodology to map these dams throughout the state.

The study uses satellite images from three missions: Landsat 8, Sentinel-2 and CBERS-4A. The Normalized Difference Water Index (NDWI) is applied to identify areas with water. The results are compared with reference data obtained through visual analysis in Google Earth Pro.

The Landsat 8 image presented the best performance, with 32.47% true positives and 6.97% false negatives.

The Sentinel-2 image had 8.41% true positives and 0.49% false negatives.

The CBERS-4A image had 34% true positives and 65% false negatives.

The results indicate that NDWI can be a useful tool for identifying multi-use dams, but needs to be improved to reduce the number of false positives. The study also highlights the importance of considering factors such as the presence of rivers and urban areas when interpreting results.

The study demonstrates the potential of remote sensing to map multiple-use dams. More research is needed to improve the methodology and make it more robust for large-scale applications.

Keywords: Remote sensing, spectral signature, NDWI, multi-use dams

1 INTRODUÇÃO

1.1 Barragens de usos múltiplos

As barragens de usos múltiplos são estruturas hidráulicas projetadas para fornecer uma variedade de benefícios para a sociedade, bem como abastecimento humano, irrigação agrícola, piscicultura, uso industrial, recreação, conservação da biodiversidade, regulação do clima, etc. A gestão sustentável da água torna-se um desafio crítico para equilibrar a necessidade humana com a conservação dos ecossistemas aquáticos e a garantia de um futuro sustentável.

Em 2010 foi sancionada a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB – Lei 12.334/2010 e suas atualizações), a qual define as atribuições de cada agente envolvido.

Em face à legislação, atribuiu-se as obrigações regulatórias e fiscalizatórias relativas as barragens de usos múltiplos localizadas em corpos d'água de domínio estadual ao órgão ambiental estadual (SEMA/MT).

As barragens reguladas e fiscalizadas pela SEMA/MT são majoritariamente barragens de pequeno porte, construídas com terra, com uso predominantemente para irrigação e aquicultura, localizadas em propriedades rurais, com altura menor do que 15 m, volume menor do que 3 hm³.

No estado de Mato Grosso, em uma estimativa visual de quantificar o número de barragens existentes, projetou-se que o Estado possui um valor superior a cem mil barragens, porém, devido ao grande limite territorial e corpo técnico escasso, não foi possível um dado conclusivo.

Outro fato também é que após a estiagem severa que ocorreu no ano de 2021, houve um aumento significativo de construção de barragens de usos múltiplos no Estado, em sua grande maioria, construídas sem projetos, sem estudos mínimos necessários para avaliar os impactos gerados pela implantação destas estruturas.

1.2 Objetivo

Diante deste cenário, este trabalho tem por objetivo mapear reservatórios mediante um projeto piloto no município de Várzea Grande/MT, aplicando técnicas de sensoriamento remoto em 3 (três) diferentes projetos de imagens de satélite (Landsat, Sentinel e CBERS), tencionando gerar uma metodologia para que posteriormente seja possível de ser replicada em toda extensão territorial do Estado visando subsidiar o planejamento e gerenciamento de ações a serem tomadas para a identificação destas pequenas barragens.

Neste contexto, para conseguir efetuar uma gestão das águas em reservatórios, faz-se necessário primeiramente identificar onde encontram-se esses barramentos. Um grande aliado para esta tarefa é o uso do sensoriamento remoto.

Foram selecionados 3 projetos, Landsat, Sentinel e CBERS, todos de aquisição gratuita

1.3 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é definido como *"a ciência e a arte de obter informações sobre objetos, áreas ou fenômenos através da análise de dados adquiridos por um dispositivo que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação"* (Lillesand et al., 2015).

A fonte principal de energia magnética para o sensoriamento remoto é o sol. O sol é um corpo negro que irradia energia eletromagnética em todos os seus comprimentos de onda, essa energia provinda do sol é chamada de fluxo radiante.

A atmosfera da Terra é uma barreira natural para passagem de determinados comprimentos de radiações eletromagnéticas, e para ser opaca em determinadas regiões do espectro eletromagnético, essas são chamadas bandas de absorção. Da mesma forma, existem regiões do espectro que são capazes de penetrar na atmosfera terrestre, que são as janelas atmosféricas. dessa forma, o sensoriamento remoto trabalha com as janelas atmosféricas, ou seja, com as regiões do espectro eletromagnético em que a REM chega à superfície terrestre. Ao chegar na superfície terrestre, mesmo que com alguma distorção causada pela atmosfera a REM interage com os alvos, podendo ser em sua totalidade ou em partes Refletida, Absorvida ou até mesmo Transmitida.

É possível descrever um padrão na refletância de um alvo para as diferentes regiões do espectro eletromagnético, ou seja, alvos que são semelhantes irão apresentar um mesmo padrão de reflectância e absortância dos vários comprimentos de onda da radiação incidente.

1.4 Assinatura espectral

A assinatura espectral é uma resposta padrão de quais regiões do visível de do infravermelho serão mais refletidas e em qual proporção, e qualquer alvo similar terá resposta muito parecida com a resposta padrão, essa interação medida em diferentes faixas do espectro eletromagnético possibilita identificar o material.

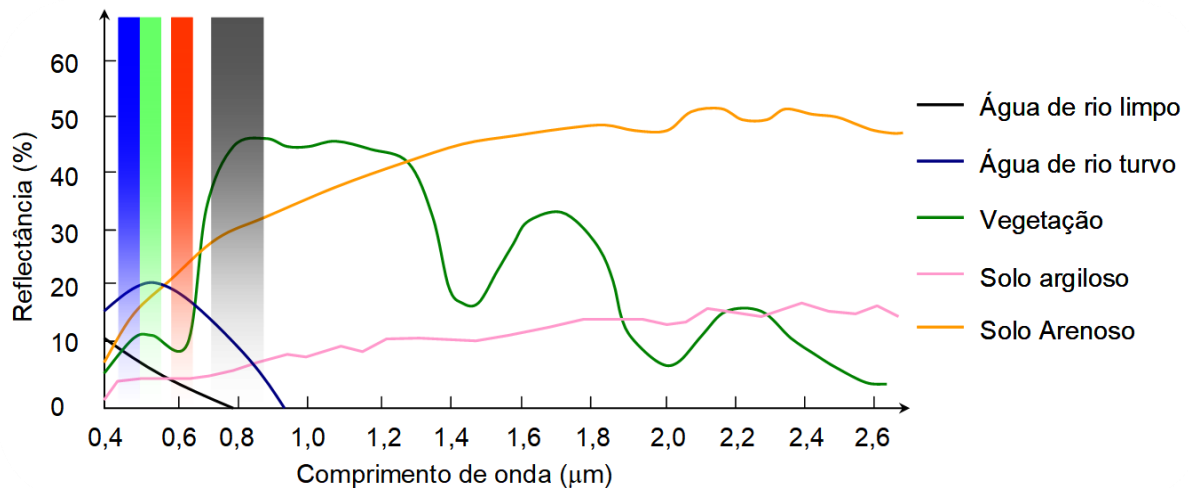


Figura 1 – Assinatura Espectral dos Alvos segundo Florenzano (2007)

Segundo Florenzano (2007), este padrão da Figura 1 é definido por um gráfico denominado “assinatura espectral”, onde no eixo X temos o comprimento de onda (m) que vão determinar o tipo de energia eletromagnética, e no Y temos o valor da Reflectância, geralmente em porcentagem, quanto mais alta a curva do gráfico, maior a refletância do alvo para aquele comprimento de onda. Quando temos curvas mais baixas, temos pouca refletância e muita absortância.

1.5 Assinatura espectral da água

Uma das possíveis utilizações do sensoriamento remoto é utilizar para identificar pequenos reservatórios de água, para tanto, é necessário entender como a energia incidente sobre os corpos de água se comporta. Ao considerar a energia refletida pela água registrada pelo sensor, é preciso ter em mente que esse valor é a soma resultante de quatro pontos de refletância: Radiância da Superfície da Água (LS), Radiância do Espalhamento Atmosférico (LE), Radiância Volumétrica da Subsuperfície (LV) e a Radiância de Fundo do Corpo d’água (LF). Sendo assim, a refletância total da água (LT) será a soma de todas estas radiâncias. ($LT=LE+LS+LV+LF$).

É possível separar a radiância que vem da superfície com a radiância que vem do corpo d’água, e muitas vezes é necessário fazer uma correção atmosférica para eliminar o ruído causado pelo espalhamento atmosférico.

A água possui características espectrais únicas que a distingue de outros materiais da superfície terrestre. No espectro visível (região entre 400 – 600 nm), a água absorve fortemente a luz vermelha e azul, enquanto reflete a luz verde. Já no infravermelho próximo (NIR, região

entre 700 – 1300 nm), a água apresenta alta absorção, enquanto no infravermelho térmico (TIR, região entre 1300 – 2500 nm), a água emite radiação em função da sua temperatura.

1.6 NDWI

O NDWI (Normalized Difference Water Index), ou Índice de Diferença Normalizada de Água foi proposto por McFeets (1996), é uma ferramenta valiosa na gestão da água devido sua capacidade de identificar e monitorar mudanças na distribuição e na quantidade de água em áreas geográficas específicas. O NDWI explora a diferença entre a reflectância do verde visível (região do espectro visível onde a água apresenta baixa reflectância) e a reflectância no infravermelho próximo (região onde a água apresenta alta absorção). Essa diferença é então normalizada por um termo divisor que aumenta a estabilidade do índice.

O resultado da fórmula do NDWI é valores positivos indicam presença de água e valores negativos (ou zero) para o solo e a vegetação terrestre.

Os comprimentos de onda verdes visíveis maximizam a reflectância característica da superfície da água. Os comprimentos de onda do infravermelho próximo maximizam a alta reflectância da vegetação terrestre e dos objetos do solo, minimizando ao mesmo tempo a baixa reflectância das massas de água.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo

O município de Várzea Grande / MT, criado em 1948, encontra-se na Bacia do Hidrográfica do Paraguai, Sub-Bacia do Alto Rio Paraguai dentro da unidade Alto Rio Cuiabá. Possui uma extensão territorial de 904,7 Km², sendo sua área formada por parte do território desmembrado da capital do Estado, Cuiabá, em conurbação com a mesma.

Este município foi escolhido para representar a pesquisa em um projeto piloto por seu limite municipal, apesar de não muito extenso em comparação aos demais municípios de Mato Grosso, conter uma quantidade significativa de barragens de usos múltiplos.

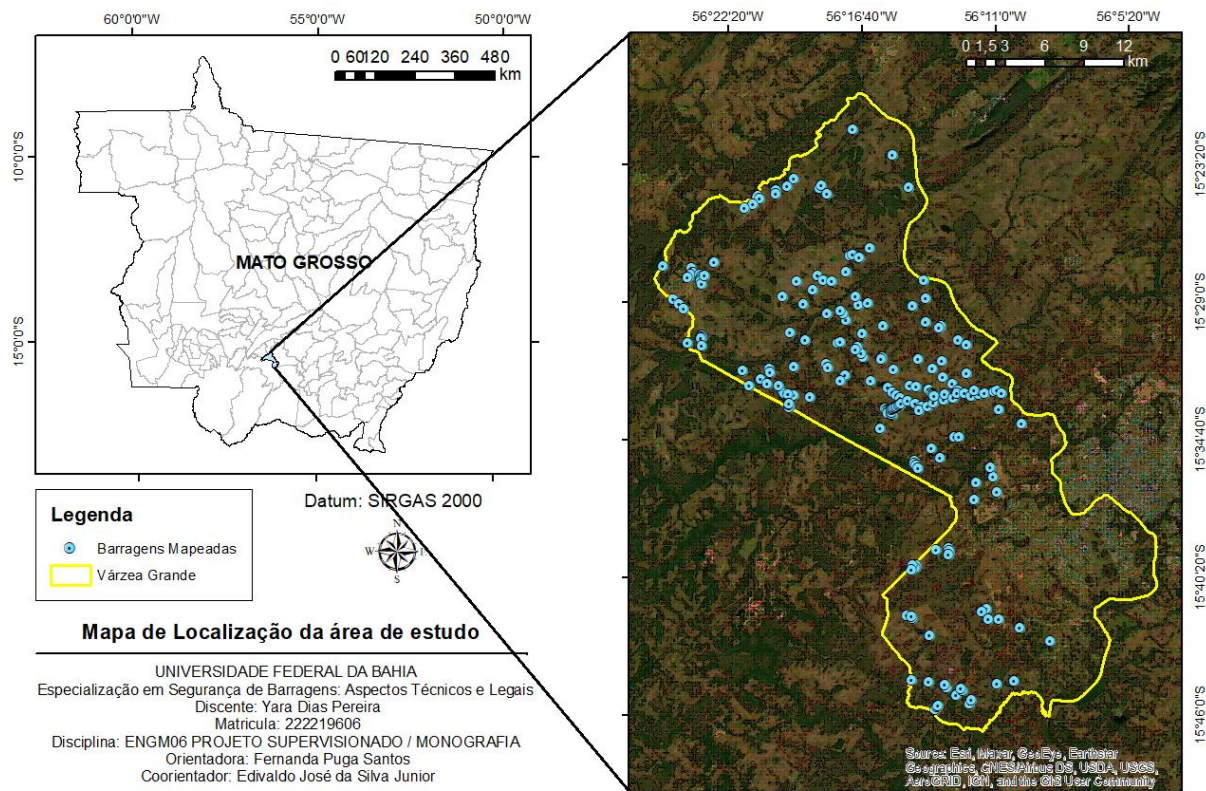


Figura 2- Mapa de Localização da área de estudo com foco nas barragens mapeadas

2.2 Dados de entrada

Para realizar este estudo, foram utilizadas imagens das séries Landsat, Sentinel e CBERS, para todas as comparações, foram utilizadas imagens do mês de agosto de 2023, período de estiagem na região. Segue um quadro com as especificações de cada missão:

Tabela 1 - Propriedades dos diferentes projetos espaciais

	LANDSAT	SENTINEL	CBERS
SATÉLITE	Landsat 8	SENTINEL-2A	CBERS-4A
LANÇAMENTO	11/02/2013	23/06/2015	20/12/2019
ÓRBITA	Circular	polar, heliossíncrona	heliossíncrona
ALTITUDE	705 km	786 km	628,6 Km
REVISITA	16 dias	5 dias	31 dias
Sensores	OLI e TIRS	SAR e MSI	MUX, WFI e WPM
Resolução Espacial	30m	10m	55m

Fonte: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/satelites>

Concernente ao Landsat 8, foram utilizadas duas cenas da data de 22 de agosto de 2023, ID LC82260712023241LGN00 e LC92270712023240LGN00, adquiridas por meio do catálogo de imagens disponível no site <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Quanto à missão Sentinel, foram utilizadas duas cenas da data de 29 de agosto de 2023, com ID de S2B_MSIL2A_20230829T135709_N0509_R067_T21LWC_20230829T195443 e S2B_MSIL2A_20230829T135709_N0509_R067_T21LWD_20230829T195443.SAFE diretamente do site <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>.

Para acesso às imagens do projeto CBERS, foi instalado no QGIS o complemento CBERS4A Downloader, disponibilizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), foi efetuado download da imagem CBERS4_AWFI16411720230822CB11, de 22 de agosto de 2023.

2.3 Procedimentos metodológicos

Para o processamento das imagens e comparação dos dados, foram utilizados o software QGIS Versão 3.20.1 e o software Google Earth Pro.

As imagens foram todas reprojetaadas no software QGIS para o sistema de referência SIRGAS 2000 e coordenadas UTM zona 21S (EPSG:31981)

Para os projetos Landsat e Sentinel foram necessárias 02 (duas) cenas para efetivar a cobertura da área de estudo. Desta forma, foi necessário realizar uma junção destas imagens por meio da criação de um mosaico, assim como o recorte do mosaico pela área de interesse.

Posteriormente, aplicou-se a fórmula do NDWI. O cálculo do índice NDWI foi realizado pela ferramenta de calculadora raster, conforme McFeeters (1996), a fórmula para o NDWI tem o aspecto:

$$\text{NDWI} = (\text{Green} - \text{NIR}) / (\text{Green} + \text{NIR})$$

De acordo com cada missão, as bandas utilizadas para o cálculo do NDWI foram:

Tabela 2 - Bandas Green e Nir de cada projeto com seus respectivos comprimentos de onda

	LANDSAT	SENTINEL	CBERS
Green	B3 (0,53 - 0,59 μm)	B3 (0,56 μm)	B14 (0,52 - 0,59 μm)
NIR	B5 (0,85 - 0,88 μm)	B8 (0,842 μm)	B16 (0,77 - 0,89 μm)

A imagem raster gerada pelo cálculo NDWI é nativamente renderizada em Banda Simples Cinza, sendo necessária a alteração da propriedade simbologia para banda simples falsa-cor. Neste estudo foram utilizadas as configurações de modo quartil com 6 classes.

Todas as classes que não correspondem à água foram retiradas, e, por meio da ferramenta SIG, foi realizada a extração dos polígonos de todas identificações de água encontradas nas imagens, gerando então um arquivo no formato vetor.

A partir deste vetor gerado, foi possível então exportar para utilizar esses dados no software Google Earth Pro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em varredura visual pela imagem no Google Earth Pro do município de Várzea Grande/MT, foram detectadas 198 barragens (Figura 2). Este dado foi utilizado como base e assumido como *verdade de campo* para confrontar os polígonos extraídos de cada projeto.

No produto da extração de dados por NDWI do projeto Landsat 8, foram extraídos 502 (quinhentos e dois) polígonos. Dos 502 polígonos identificados como barragens pelo NDWI nas imagens Landsat 8, 163 correspondiam às localizações mapeadas com a análise visual, o que corresponde a um percentual de 32,47% de verdadeiros positivos, ou seja, polígonos que foram classificados como barragens e que de fato eram barragens. Seguindo a mesma analogia, 67,52% dos polígonos foram falsos positivos (áreas classificadas como barragem e que não eram barragens). Finalizando, 35 barragens não foram encontradas pelo índice gerado, resultando em uma porcentagem de 6,97% de falsos negativos (áreas que não foram classificadas como barragem, mas deveriam ter sido). Na Figura 3 é possível ver o resultado da metodologia utilizada para a imagem LandSat 8.

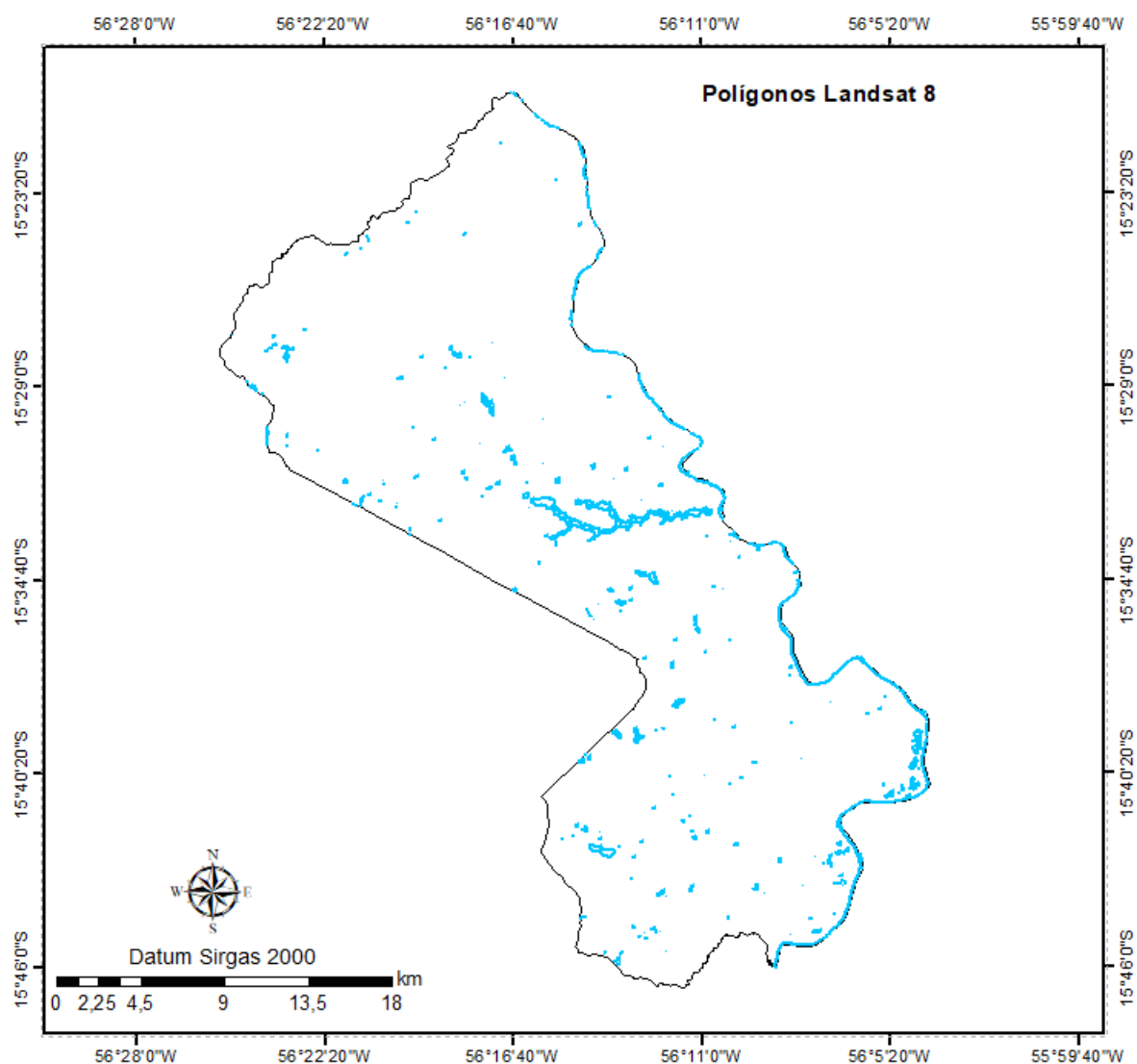


Figura 3 - Resultados obtidos pela imagem Landsat 8

Já no projeto Sentinel 2, o número de polígonos gerados foi de 2.223 (dois mil duzentos e vinte e três), obteve um percentual de 8,41% de verdadeiros positivos (187 áreas mapeadas como barragem que efetivamente são barragens), com um percentual de falso positivo de 91,58% (com 2.036 áreas delimitadas não condizentes com barragens). Dentre as áreas que se tratam de barragens estipuladas como verdade de campo porém não foram detectadas, houve um percentual de 0,49% (falso negativo), totalizando em 11 barragens não detectadas.

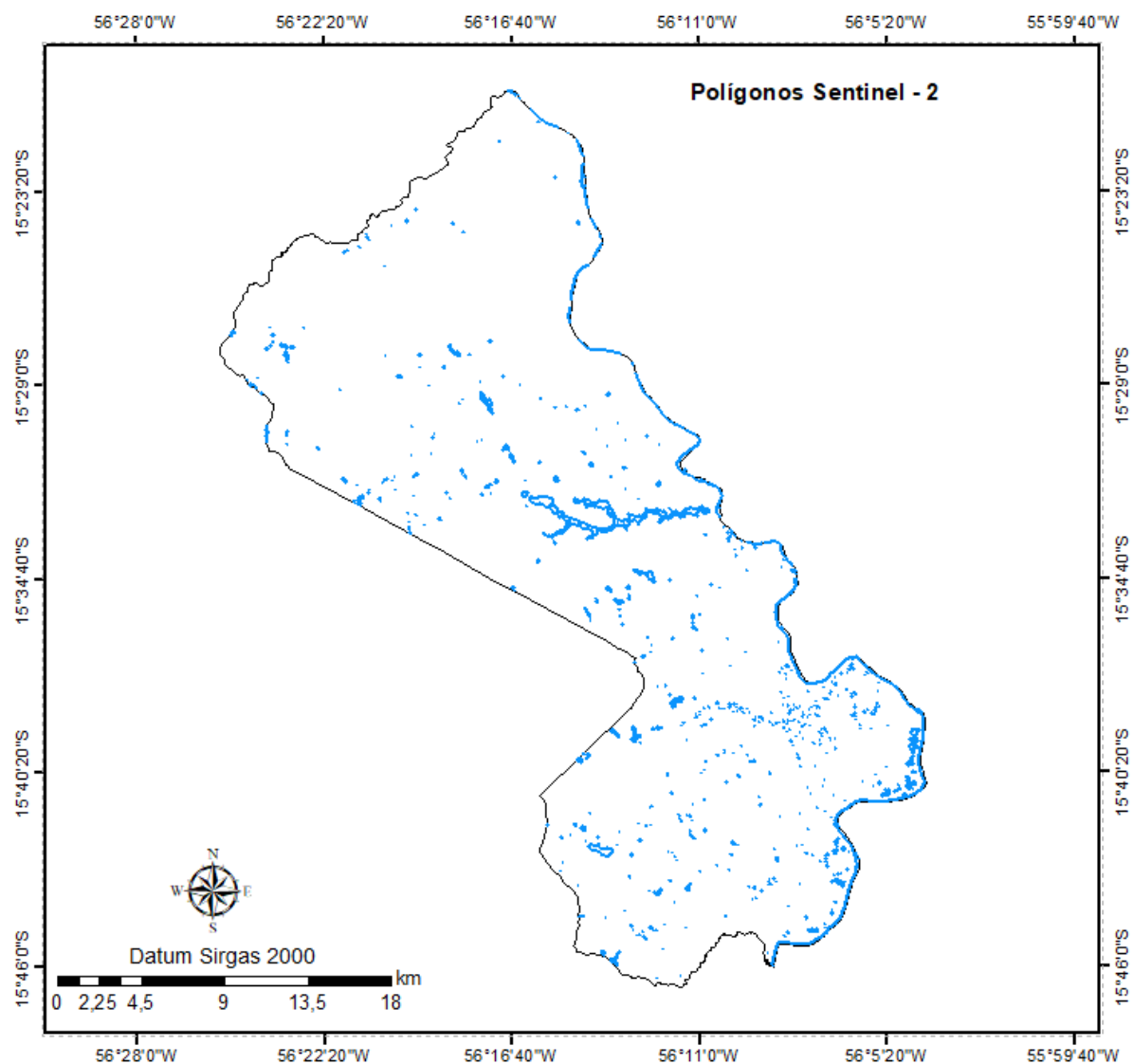


Figura 4- Resultados obtidos pela imagem Sentinel -2

O projeto CBERS foi o que gerou menor número de polígonos, um total de 200 áreas de possíveis barragens. Destas áreas, 68 mostraram-se compatíveis com barragens, performando um total de 34% de verdadeiros positivos. Quanto aos falsos positivos, obteve um percentual de 66% (132 polígonos), e não detectou um total de 130 barragens (65% de falsos negativos).

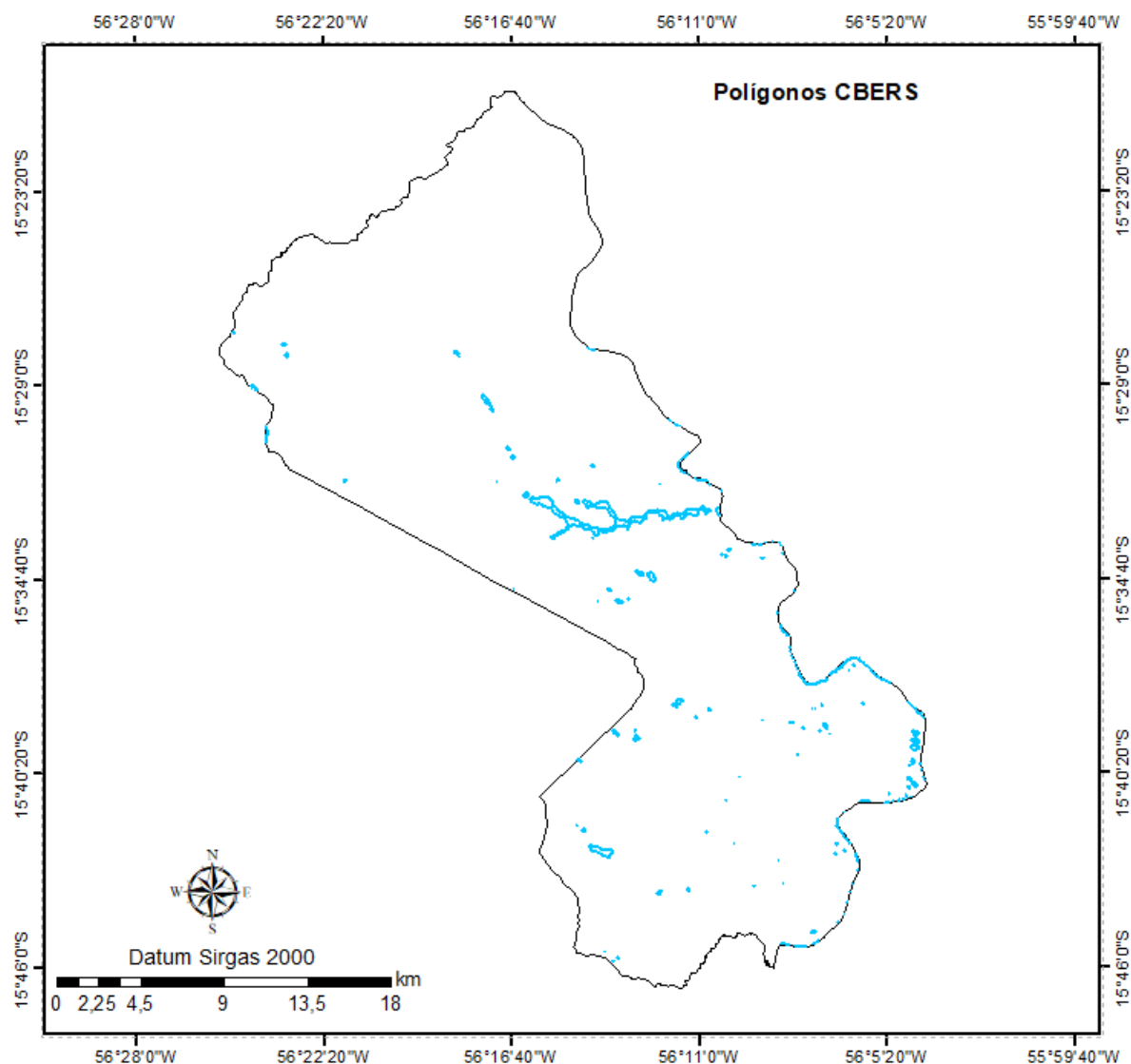


Figura 5- Resultados obtidos pela imagem CBERS

Segue um quadro resumo dos resultados obtidos e das contagens visuais sobre cada projeto em relação ao uso do índice NDWI para detecção de barragens de água:

Tabela 3 - Dados extraídos por tratamento dos dados com utilização do índice NDWI de cada projeto

	LANDSAT 8	SENTINEL	CBERS
POLÍGONOS GERADOS	502	2223	200
VERDADEIROS POSITIVOS	163 (32,47%)	187 (8,4%)	68 (34%)
FALSOS NEGATIVOS	35 (6,97%)	11 (0,49%)	130 (65%)
FALSOS POSITIVOS	339 (67,53%)	2036 (91,58%)	132 (66%)

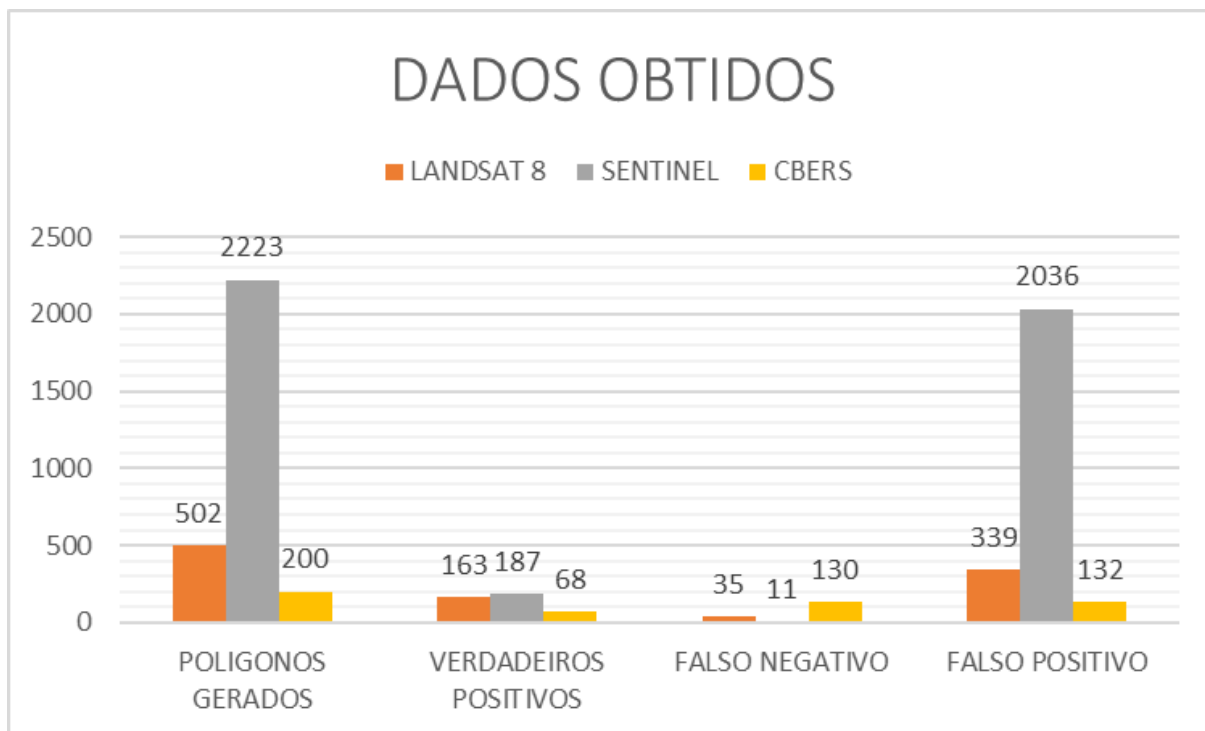


Gráfico 1 - Dados obtidos

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na detecção visual, foi possível notar que, devido ao município alvo do projeto piloto ter limites definidos por hidrografia, as imagens geraram muitos polígonos nos contornos do rio, o que acabou aumentando excessivamente o número de polígonos não condizentes com barragens (falsos positivos).

Outro fator de geração de polígonos equivocados foi a existência de área urbana no local de estudo. É possível notar um aglomerado de polígonos equivocados nessa região.

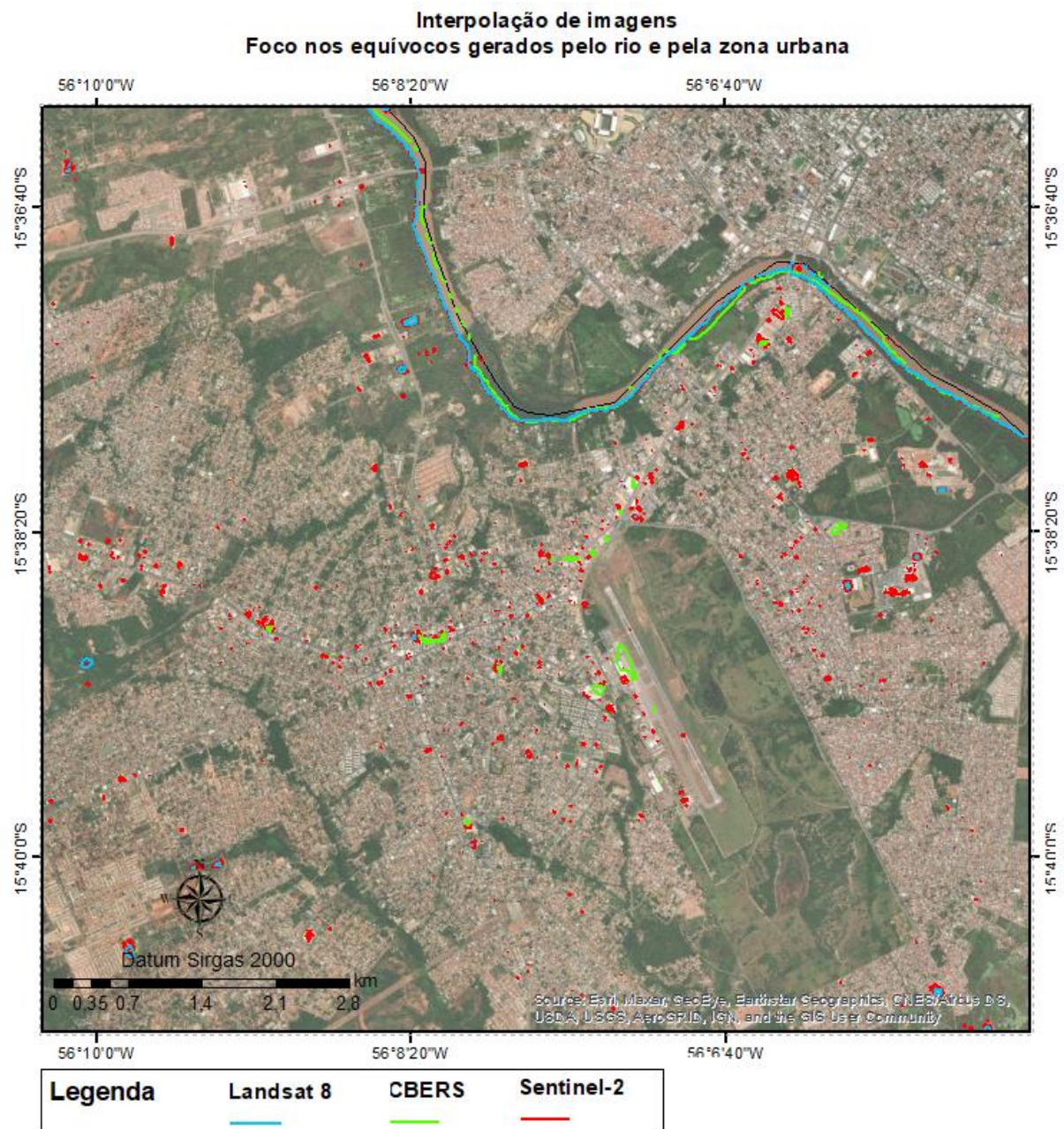


Figura 6 - Interpolação dos resultados dos 3 projetos (Landsat 8, Sentinel 2 e CBERS) com foco no local de maior incidência de polígonos extraídos não condizentes com estrutura de barramentos

Este projeto piloto visou a experimentação de meios para aprimorar a identificação de barramentos, com intuito de apontar ferramentas para ser utilizado posteriormente pelo órgão regulador do Estado.

De acordo com os resultados obtidos, entendemos que ainda existem óbices para utilização apenas da extração automática de polígonos visando a detecção de barragens de usos múltiplos, porém, um processamento mais aprimorado, retirando as áreas de rios e de área urbana, reduziria exponencialmente os erros, o que possivelmente tornaria a ferramenta mais

eficaz e passível de utilização para identificação de barragens de usos múltiplos em perímetros maiores.

REFERÊNCIAS

COPERNICUS. Copernicus Data Space Browser. 2023. Disponível em: <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>. Acesso em: 29 fevereiro de 2024.

EMBRAPA. Satélites de Monitoramento. Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/satelites>. Acesso em: 29 fevereiro de 2024.

ESRI PORTUGAL. Sentinel-2: Uma nova era para a observação da Terra. [Esri Portugal], 2023. Disponível em: <https://www.esri-portugal.pt/pt-pt/artigos/sentinel>. Acesso em: 29 de fevereiro de 2024.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Iniciação em Sensoriamento Remoto. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

Gao, B. C. (1996). NDWI — A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257-266.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Câmera CBERS-4A. São José dos Campos, SP: INPE, 2023. Disponível em: <http://www.cbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php>. Acesso em: 29 de fevereiro de 2024.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Brasília, 2010.

Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.

McFeeters, S. K. (1996). The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425-1432.

U.S. Geological Survey. (2023). Landsat 8 Collection 2 Tier 1 Surface Reflectance. EarthExplorer. <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 29 fevereiro de 2024.