



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Análise de parâmetros da qualidade da água no lago Descoberto no Distrito Federal, por meio de imagens do satélite Sentinel –2B

Ivo Augusto Lopes Magalhães¹, Ana Carolina Pereira de Souza², Ricardo Tezini Minoti³, Lenora Nunes Ludolf Gomes⁴

¹Engenheiro Ambiental, Doutorando em Geografia pela Universidade de Brasília, (UnB), CEP: 70910-000, Brasília, (DF), Brasil, Tel.: (+55 38) 98831-3917, ivosmagalhaes@gmail.com (autor correspondente) ²Engenheira Ambiental pela Universidade de Brasília, (UnB), CEP: 70910-000, Brasília, (DF), Brasil, Tel.: (+5561) 99172-8527, anacarolinapsouza@gmail.com. ³Professor Adjunto da Universidade de Brasília, (UnB), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, CEP: 70910-000, Brasília, (DF), Brasil, Tel.: (+5561) 9222-4242, rminoti@unb.br. ⁴Professora Adjunta da Universidade de Brasília, (UnB), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, CEP: 70910-000, Brasília, (DF), Brasil, Tel.: (+5561) 3107-5531, lenoragomes@gmail.com.

Artigo recebido em 05/11/2021 e aceito em 12/04/2022

RESUMO

O propósito deste estudo foi analisar os parâmetros de qualidade de água no reservatório do lago Descoberto, no Distrito Federal por meio de imagens Sentinel-2 para o ano de 2018. Utilizou-se os dados da CAESB diagnosticados nos meses de abril e maio, acerca da qualidade da água no reservatório para comparar com as imagens disponibilizadas pelo satélite Sentinel -2. Selecionou-se as bandas com as faixas espectrais mais adequadas para a análise de cada parâmetro da água no reservatório e todas as técnicas de geoprocessamento foram aplicadas no *software* ArcGIS 10.5. De posse das imagens processadas utilizou-se os resultados para se estabelecer uma escala de classificação para monitoramento dos parâmetros de qualidade hídrica. A proximidade espectral dos valores de nível de cinza para as bandas do satélite Sentinel-2 nos meses amostrados comprovou que não houve uma mudança brusca ou até mesmo eutrofização no lago do Descoberto no período temporal analisado. A aplicação das técnicas de sensoriamento remoto para auxílio e análise de parâmetros da qualidade da água apresentaram resultados coerentes, demonstrando ter aplicabilidade para estudos de monitoramento de transparência, clorofila-a e turbidez no reservatório e corpos hídricos.

Palavras-chave: Qualidade da água; reservatório; sensoriamento remoto.

Analysis of parameters of water quality in the Descoberto lake in the Federal District, through images of the Sentinel -2B satellite

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the water quality parameters in the Descoberto lake reservoir, in the Federal District, using Sentinel-2 images for the year 2018. CAESB data diagnosed in April and May, about of the water quality in the reservoir to compare with the images provided by the Sentinel -2 satellite. The bands with the most appropriate spectral bands were selected for the analysis of each water parameter in the reservoir and all geoprocessing techniques were applied in the ArcGIS 10.5 software. In possession of the processed images, the results were used to establish a classification scale for monitoring the water quality parameters. The spectral proximity of the gray level values for the bands of the Sentinel-2 satellites in the sampled months proved that there was no sudden change or even eutrophication in the Descoberto lake in the analyzed period. The application of remote sensing techniques to aid and analyze water quality parameters showed coherent results, demonstrating their applicability for monitoring studies of transparency, chlorophyll-a and turbidity in the reservoir and water bodies.

Keywords: Water quality; reservoir; remote sensing.

Introdução

A água que se encontra facilmente disponível em lagos e rios representa menos de 0,3% de toda a água doce do planeta. Sendo um recurso essencial ela é imprescindível ao

metabolismo e desenvolvimento das atividades humanas (VON SPERLING, 2005).

A humanidade é reconhecida por exercer fortes pressões sobre o ambiente em prol do desenvolvimento econômico e social em respostas às demandas por recursos (SOARES e FERREIRA, 2017). Porém, essas ações estão

muitas vezes vinculadas a impactos negativos nos recursos naturais e no meio ambiente. Mediante esses fatores, a Organização Mundial de Saúde - OMS, referenciou que não se pode separar a qualidade da água da saúde da população. Deste modo, existe uma preocupação crescente sobre estudos relacionados as características físico-químicas e biológicas da água destinada ao abastecimento público.

Segundo o SNIS (2016), somente 58% da população urbana brasileira recebe atendimento por redes de esgoto, e apenas 42,7% do esgoto gerado recebe tratamento. Esses dados revelam a precariedade do serviço de esgotamento sanitário no Brasil, visto que, a poluição que afeta rios e lagos nas proximidades dos centros urbanos é em muitos casos resultado desse déficit no saneamento que impacta diretamente a quantidade e a qualidade da água e os seus usos, tais como: abastecimento de água, lazer, irrigação, manutenção das comunidades biológicas, dentre outros.

Conforme Xavier, (2005) os nutrientes lançados nos corpos hídricos, quando disponíveis em excesso, favorecem o aumento da produtividade primária, acarretando a deterioração da qualidade das águas, assim como, a falta de manejo adequado na agricultura, a urbanização intensa e sem planejamento e a redução da cobertura vegetal.

De acordo com Barbosa et al., (2021) diversos fatores ambientais fazem juz para a necessidade de estudos consistentes para os corpos hídricos. Referente a quantidade e a qualidade, se torna cada vez mais urgente, tendo em conta a importância do lago Descoberto como manancial para o abastecimento público, pois este é o maior sistema de abastecimento do Distrito Federal – DF, atendendo cerca de 60 % da população local, se torna indispensável o seu estudo dado a sua importância para a região.

Os problemas encontrados na bacia do Descoberto estão intimamente ligados à ocupação intensiva, diversificada e desordenada, incluindo atividades agrícolas, pecuária e extrativismo mineral. Considerando o cenário da disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos no DF, o monitoramento da qualidade da água se mostra uma ferramenta indispensável, por ser um conjunto de práticas que visam acompanhar alterações nas características físicas, químicas e biológicas do corpo hídrico, decorrentes de atividades antrópicas e de fenômenos naturais (CAESB e CNEC, 1985).

As práticas relacionadas ao monitoramento de qualidade de água incluem a coleta de dados e de amostras de água em locais pré-estabelecidos, realizadas em intervalos de tempo regulares, de modo a gerar informações que possam ser utilizadas para definir as condições da qualidade da água (NUNES, 2021).

Outra técnica para monitoramento de corpos hídricos é realizada por meio de imagens de sensoriamento remoto (FURTADO et al., 2016). Sendo uma tecnologia comprovada para análise espacial, podendo ser empregada para pesquisas de vegetação Silva et al., (2020), solos e rochas Mendes et al., (2020), ocupação urbana Rocha Neto, (2021) e o estudo da água Sousa et al., (2021).

O seu uso na gestão de reservatórios é baseado no fato de que consequências da eutrofização estão associadas com a mudança nas propriedades ópticas da massa hídrica, podendo ser identificadas por meio de técnicas de processamento digital de imagens (PIZANI et al., 2021).

Na perspectiva de analisar os parâmetros da qualidade da água obtidos por meio de coleta in loco em conjunto com as imagens orbitais de sensoriamento remoto testou-se a hipótese de que as técnicas de sensoriamento remoto por meio das imagens do satélite Sentinel 2B-MSI podem gerar resultados precisos para os parâmetros de índices de qualidade da água.

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo analisar os parâmetros de qualidade de água no reservatório do lago Descoberto, situado no estado do Distrito Federal por meio de imagens do satélite Sentinel 2B-MSI.

Material e métodos

Área de estudo

O Distrito Federal está situado no Planalto Central do Brasil, com uma área aproximada de 5.814 km², limitado a norte pelo paralelo 15° 30'S, a sul pelo paralelo 16°03', a leste pelo rio Preto e a oeste pelo rio Descoberto (MARTINS, 2004). O reservatório do lago Descoberto, localiza-se no extremo oeste do Distrito Federal (Figura 01), o ambiente nessa área encontra-se preservado, tanto com relação a aspectos do meio quanto do uso antrópico.

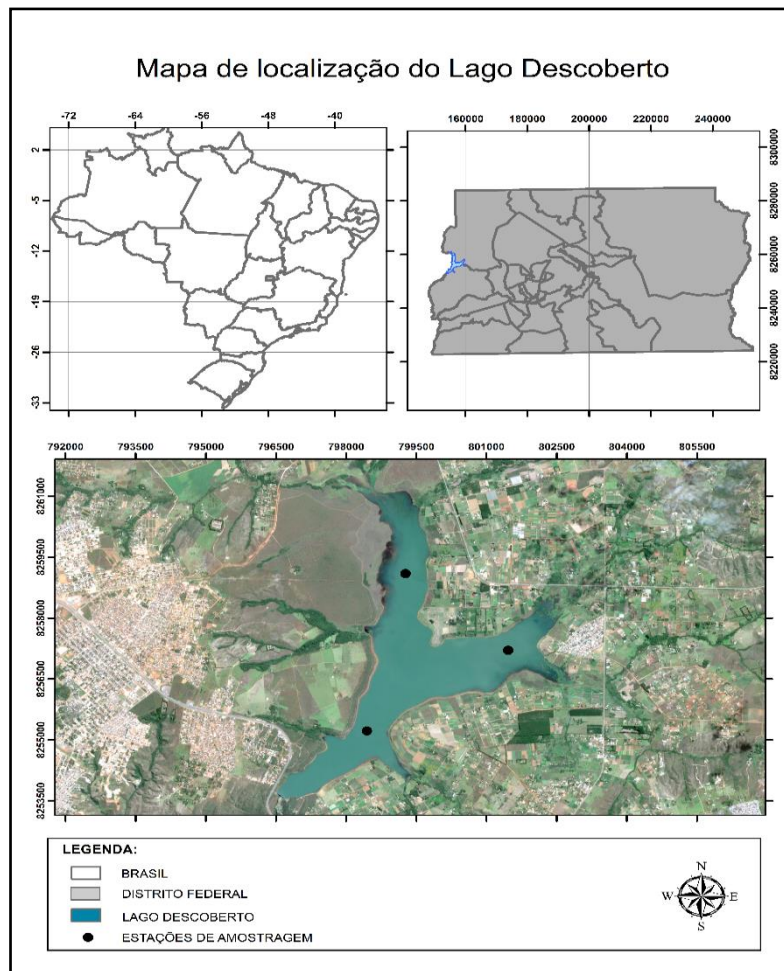


Figura 1. Mapa de Localização geográfica do lago Descoberto no Distrito Federal.

O posicionamento geográfico do DF, juntamente com sua altitude, faz com que a região se torne um dos divisores naturais de águas de 3 das principais bacias hidrográficas do Brasil: a bacia do Paraná, a bacia hidrográfica do São Francisco e Tocantins (CARMO, 2001).

A bacia do Descoberto está inserida na bacia do Paraná, possui uma área de 895,9 km², o que representa aproximadamente 15,4 % da área total do DF. Os principais rios dessa bacia são: o rio Descoberto e o rio Melchior (RIBEIRO, 2001).

A barragem do rio Descoberto foi concluída em novembro de 1973 e teve como principal propulsor para sua construção a alteração das perspectivas acerca do abastecimento de água que, na época, era realizado apenas pelos sistemas

Clima

O clima na região do DF é caracterizado pela existência de duas épocas bem definidas: A época seca, que corresponde também ao período frio, compreendido entre os meses de maio e setembro e pujante em junho e julho, que corresponde a um índice de precipitação que pode ser nulo e apresentando temperaturas médias que

do Torto e de Santa Maria (CAESB e CNEC, 1985).

O rio Descoberto, que dá origem ao reservatório, é represado após ter recebido sete afluentes que nascem no DF e um afluente que nasce no estado de Goiás. O lago Descoberto é o principal reservatório de abastecimento público de água do DF, fornecendo aproximadamente 60% da água e suprimindo várias regiões administrativas do Distrito Federal.

Outros usos da água na região, além do abastecimento público, são: diluição de efluentes de esgoto sanitário, lançamento de águas pluviais e atividades agropecuárias (MMA, 1998).

podem variar de 16 a 18 °C; e a época chuvosa, que coincide com período quente do ano, prolonga-se de outubro a abril, sendo que geralmente a maior concentração de chuva é alcançada no mês de dezembro, período que ocorre cerca de 80% do total anual de chuvas (CAMPOS, 2004).

Uso e ocupação da Terra

Conforme mapeado por Nunes e Roig (2015), a ocupação do uso da terra próximo à nascente do rio Descoberto, à altura do córrego do Capão da Onça, é composta por atividades rurais, além do reflorestamento com Pinus e Eucaliptos, os impactos gerados por essas atividades não resultam comprovadamente em impactos expressivos no meio ambiente.

Entretanto, a montante do lago Descoberto nota-se a existência de loteamentos rurais destinados à agricultura intensiva, desenvolvimento de suinocultura e criações de gado, além da ocupação por agricultura familiar principalmente no cultivo de hortifrutigranjeiros.

À jusante da barragem do Descoberto, as atividades antrópicas que possuem maior expressão são as ocupações urbanas e as atividades industriais. Na altura do córrego Taguatinga, encontra-se a região mais populosa e povoada do DF: as cidades satélites de Ceilândia e Taguatinga e, mais adiante no curso da água, a cidade de Samambaia.

Uso da Água

Segundo o relatório da qualidade da água elaborado pela CAESB (2017b), o abastecimento de água do DF é efetuado atualmente por cinco subsistemas produtores com capacidade total para fornecer até 9441 L/s abastecendo 99,06% da população.

O subsistema produtor do Descoberto possui captações em quatro pontos: Descoberto, Crispim I e II, Engenho das Lajes e mananciais subterrâneos.

O subsistema é responsável por abastecer as seguintes localidades: Taguatinga, Ceilândia, Samambaia, Água Quente, Riacho Fundo, CAUB, Riacho Fundo II, Recanto das Emas, Resid. Palmeiras, Águas Claras, Arniqueira, Santa Maria, Engenho das Lajes, Núcleo Bandeirante, Park Way, Candangolândia, Gama, Sítio do Gama, Novo Gama, Guará, Vicente Pires, reforço no

abastecimento de Brasília, Lago Sul, Jardim Botânico, Cruzeiro, Estrutural, Cidade do Automóvel, Sudoeste/Octogonal e SIA.

Tornando-se o maior sistema de abastecimento de água da CAESB e atendendo cerca de 60% da população do DF.

Segundo o relatório da qualidade da água elaborado pela CAESB (2017b), o abastecimento de água do DF é efetuado atualmente por cinco subsistemas produtores com capacidade total para fornecer até 9441 L/s abastecendo 99,06% da população.

O subsistema produtor do Descoberto possui captações em quatro pontos: Descoberto, Crispim I e II, Engenho das Lajes e mananciais subterrâneos.

O subsistema é responsável por abastecer as seguintes localidades: Taguatinga, Ceilândia, Samambaia, Água Quente, Riacho Fundo, CAUB, Riacho Fundo II, Recanto das Emas, Resid. Palmeiras, Águas Claras, Arniqueira, Santa Maria, Engenho das Lajes, Núcleo Bandeirante, Park Way, Candangolândia, Gama, Sítio do Gama, Novo Gama, Guará, Vicente Pires, reforço no abastecimento de Brasília, Lago Sul, Jardim Botânico, Cruzeiro, Estrutural, Cidade do Automóvel, Sudoeste/Octogonal e SIA. Tornando-se o maior sistema de abastecimento de água da CAESB e atendendo cerca de 60% da população do DF.

Monitoramento da qualidade da Água

Para o monitoramento dos parâmetros a serem utilizados na avaliação da qualidade da água do manancial, foram escolhidas 3 estações de amostragem representativas do lago Descoberto.

Os locais escolhidos estão representados na Figura 02, de modo que, a Estação 1 se encontra nas proximidades da barragem (ponto de captação da Estação de Tratamento de Águas - ETA), a Estação 2 anterior ao Braço do Rodeador e do Rio das Pedras e a Estação 3 no Braço Descoberto.

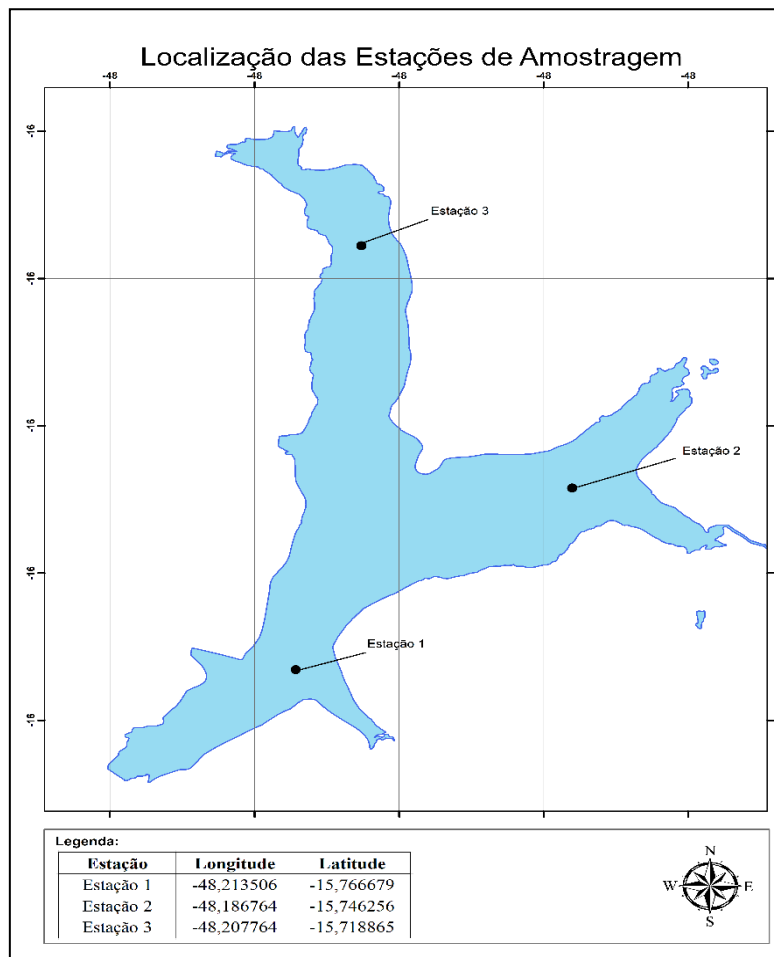


Figura 2. Localização espacial das estações de amostragem no Lago Descoberto.

Geoprocessamento

Neste estudo utilizou-se os dados de campo obtidos pelo monitoramento das três estações de amostragens estabelecidas anteriormente nos meses de abril e maio. Em cada uma das estações foram examinadas três variáveis, sendo elas: transparência da água, turbidez e clorofila-a. Com esses dados foi feita a relação dos dados coletados em campo com os dados de sensoriamento remoto obtidos nas imagens do satélite Sentinel-2 (ESA, 2018).

Essas variáveis de qualidade da água foram selecionadas por apresentarem alterações na coloração da água, podendo ser identificáveis em sensoriamento remoto.

Metodologia semelhante com uso de técnicas de sensoriamento remoto aplicada neste estudo foi relatada também na pesquisa de (VILELA, 2010).

Satélite Sentinel - 2

O satélite Sentinel-2 faz parte da missão da European Space Agency – ESA, desenvolvido no quadro do programa da União Europeia

Copernicus, foi lançado no dia 23 de junho de 2015 e atualmente está em operação.

Os dados adquiridos, a cobertura da missão e a alta frequência de visitas, possibilitam a geração de geoinformação em escalas locais, regionais, nacionais e internacionais (SEGL et al., 2015).

Atualmente, há disponibilidade de imagens multiespectrais ópticas gratuitas de sensoriamento remoto orbital de média resolução espacial. Nesse contexto, é possível destacar o sensor MSI/Sentinel-2 que apresenta potencial de aplicação em questões ambientais, incluindo análise da qualidade da água. Para este trabalho foram utilizadas imagens do sensor MSI/Sentinel-2 dos meses de abril e maio de 2018.

A imagem do sensor é disponibilizada pela ESA no endereço eletrônico: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>. Para a manipulação e processamento digital dessas imagens, foi utilizado o software ArcGis 10.4, a descrição dos dados do sensor MSI/Sentinel-2 com as respectivas bandas do espectrais são apresentados na Tabela 01.

Tabela 1. Descrições dos dados das imagens MSI/Sentinel-2.

Nº da banda	Nome da banda	Comprimento de onda central (nm)	Resolução (m)
B01	Aerossol	443	60
B02	Azul	490	10
B03	Visível verde	560	10
B04	Visível vermelho	665	10
B05	Vermelho	705	20
B06	Vermelho	740	20
B07	Vermelho	783	20
B08	Infravermelho próximo	842	10
B08A	Vermelho	865	20
B09	Vapor de água	945	60
B10	Cirrus	1375	60
B11	Infravermelho médio	1610	20
B12	Infravermelho médio	2190	20

Fonte: ESA (2018).

Processamento digital de imagens – PDI

No sentido de buscar uma correlação com as coletas de campo, as imagens utilizadas foram escolhidas pela maior proximidade com a data em que as coletas ocorreram, deste modo, para a coleta ocorrida no dia 19 de abril a imagem correspondente foi a de 23 de abril e, para a coleta de 24 de maio, a imagem foi de 23 de maio.

As imagens foram adquiridas por banda espectral, sendo 13 bandas por imagem, podendo ser combinadas ou analisadas individualmente. Para a análise dos parâmetros estabelecidos foram utilizadas as bandas: 2, 3 e 4. A banda 2, corresponde à faixa espectral da cor azul, sendo utilizada para a análise da transparência da água.

A banda 3, corresponde à cor verde, foi utilizada para analisar a concentração de clorofila-a. A banda 4, corresponde à cor vermelha, foi utilizada para analisar a turbidez presente no reservatório. Dessa forma, após a aquisição destas faixas espectrais, iniciou-se a fase de processamento.

O início do PDI consistiu na padronização das projeções. Foi utilizada a projeção Universal

Além disto, as datas de coletas de amostras em campo e da varredura realizada pelo satélite não são coincidentes. Por isso, a concentração de informações, sobre o parâmetro, em um único pixel

Transverse de Mercator - UTM, e o Datum WGS-84. Em todas as bandas foi gerada uma nova imagem contendo apenas a área do reservatório objeto de estudo, um procedimento importante para a realização de processos de classificação e ajuste de contraste na área de interesse.

As coordenadas UTM coletadas em campo foram transferidas para as imagens, localizando as estações de amostragem. Assim, cada estação de amostragem corresponde a um pixel da imagem.

Para cada estação de amostragem, em todas as bandas, foram aferidos os valores de nível de cinza de cada pixel. Nesse contexto, cada intensidade de cinza é valorada como um índice numérico, cada imagem do Sentinel-2 possui 65536 níveis diferentes.

Visando à diminuição de erros de precisão, foram extraídos os valores para níveis de cinza nos 8 pixels vizinhos as estações de amostragem (Figura 3). Esse procedimento teve o objetivo de evitar vies, relacionadas aos níveis de cinza, em uma única célula, fator que poderia levar a concentrações muito discrepantes dos parâmetros de qualidade analisados entre células vizinhas, pode ser prejudicial por não considerar a possível dispersão.



Figura 3. Ilustração de análise de resposta espectral por meio dos valores registrados nos pixels.

Nesse sentido, para os valores de níveis de cinza extraídos desses 9 pixels, optou-se por retirar a média aritmética, obtendo um único valor que foi usado na correlação com os parâmetros de qualidade da água analisados.

Com os resultados obtidos estabeleceu-se uma escala de classificação de imagens que foi utilizada para monitorar alterações na transparência da água, presença de clorofila e turbidez no reservatório.

Para realizar a classificação, Vilela (2010) criou conjuntos de valores de níveis de cinza, no entanto, em seu trabalho foram utilizadas imagens do satélite Landsat. O Landsat possui 256 níveis de

cinza, enquanto as imagens do Sentinel-2 possuem 65536 níveis.

Nesse sentido, foi realizada correlação entre os intervalos de Vilela (2010) e os dessa pesquisa, a forma utilizada foi aplicação de regra de três, a fim de obter intervalos com significância semelhante.

A escala para este estudo possui os seguintes intervalos: 0 a 12800; 12801 a 26112; 26113 a 39424; 39425 a 52480 e 52481 a 65536 englobando todos os valores possíveis para níveis de cinza das imagens.

Resultados e discussão

Os valores digitais extraídos das imagens estão representados nas Tabelas 02, 03, 04, 05, 06 e 07. Essas tabelas foram separadas por data e

banda espectral de acordo com os pontos coletados em campo.

Tabela 2. Níveis de Cinza na banda 2 em Abril de 2018.

Imagem SENTINEL 2 - Abril de 2018 - Banda 02 Valores Digitais nos Pontos Georreferenciados										
Estação de Amostragem	Nível Digital no Ponto	Nível de Cinza nas células vizinhas								Média
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	
Estação 1	151	152	148	147	140	145	149	150	150	148,0
Estação 2	141	137	134	140	152	141	143	145	139	141,3
Estação 3	109	109	110	112	104	108	109	113	104	108,6

Tabela 3: Níveis de Cinza na banda 2 em Abril de 2018.

Imagem SENTINEL 2 - Abril de 2018 - Banda 03 Valores Digitais nos Pontos Georreferenciados										
Estação de Amostragem	Nível Digital no Ponto	Nível de Cinza nas células vizinhas								Média
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	
Estação 1	150	152	148	147	140	145	149	150	150	147,8
Estação 2	139	137	134	140	152	141	143	145	139	141,1
Estação 3	109	102	100	109	108	112	109	109	107	107,2

Tabela 4: Níveis de Cinza na banda 4 em Abril de 2018.

Imagem SENTINEL 2 - Abril de 2018 - Banda 04 Valores Digitais nos Pontos Georreferenciados										
Estação de Amostragem	Nível Digital no Ponto	Nível de Cinza nas células vizinhas								Média
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	
Estação 1	151	152	148	147	140	145	149	150	150	148,0
Estação 2	141	137	134	140	152	141	143	145	139	141,3
Estação 3	110	102	100	109	108	112	112	109	107	107,6

Tabela 05: Níveis de Cinza na banda 2 em Maio de 2018.

Imagem SENTINEL 2 - Maio de 2018 - Banda 02 Valores Digitais nos Pontos Georreferenciados										
Estação de Amostragem	Nível Digital no Ponto	Nível de Cinza nas células vizinhas								Média
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	
Estação 1	154	167	152	154	160	170	154	144	143	155,3
Estação 2	159	152	160	183	150	156	147	147	146	155,5
Estação 3	114	109	96	103	113	112	120	114	113	110,4

Tabela 06: Níveis de Cinza na banda 3 em Maio de 2018.

Imagem SENTINEL 2 - Maio de 2018 - Banda 03 Valores Digitais nos Pontos Georreferenciados										
Estação de Amostragem	Nível Digital no Ponto	Nível de Cinza nas células vizinhas								Média
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	
Estação 1	152	153	154	153	153	152	153	152	149	152,3
Estação 2	160	158	160	164	162	153	160	159	161	159,6
Estação 3	113	110	109	111	115	114	118	123	117	114,4

Tabela 07: Níveis de Cinza na banda 4 em Maio de 2018.

Imagem SENTINEL 2 - Maio de 2018 - Banda 04 Valores Digitais nos Pontos Georreferenciados										
Estação de Amostragem	Nível Digital no Ponto	Nível de Cinza nas células vizinhas								Média
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	
Estação 1	77	83	79	77	81	73	72	78	84	78,2
Estação 2	98	100	100	98	96	97	97	97	97	97,7
Estação 3	67	62	55	61	61	63	63	62	58	61,3

Para cada um dos parâmetros a serem analisados, obteve-se a correspondência de umas das 3 bandas espectrais localizadas na região do visível do sensor Sentinel-2, assim, foi desenvolvida uma escala de absorção de radiação eletromagnética em níveis de cinza que representa

um significado diferente para cada banda analisada.

Com base na escala de absorção proposta por Vilela (2010) para o satélite Landsat, a escala de absorção de Radiação Eletromagnética – REM, foi composta por 5 graduações que variam de

acordo com os valores de níveis de cinza, como demonstrado na Figura 04.

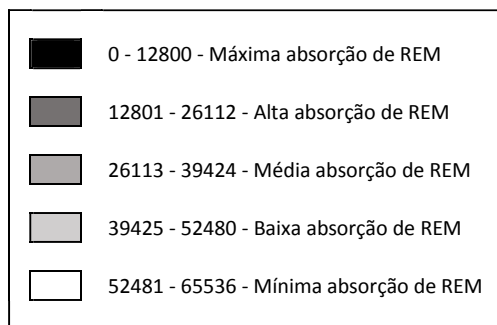


Figura 4. Níveis de cinza e escala de absorção de Radiação Eletromagnética.

A utilização dessa classificação permite que partindo de uma análise de diversas imagens do mesmo reservatório, em curto espaço de tempo, seja possível identificar alterações na qualidade da água e pontuar os locais mais críticos que colaboram para processos de eutrofização e aumento da turbidez.

Os resultados foram divididos em três sessões que indicam os parâmetros analisados, relacionados com as respectivas bandas espectrais estudadas.

Transparência

Os resultados para transparência da água com os valores digitais da banda correspondente, constatou-se que à medida que aumenta a transparência, aumenta a absorção de REM e, contudo, a diminuição da transparência da água, aumenta a reflexão de REM. Nesse sentido, os menores níveis de cinza correspondem às maiores transparências e às maiores absorções de REM.

Ambas as imagens, referentes ao mês de abril e maio, mostraram-se uniformes, devido à boa qualidade da água, com valores de nível de cinza próximos para os diferentes pontos.

O mês de abril apresentou as maiores absorções nas três estações correspondendo a maior transparência na água, segundo o método. No entanto, para os resultados amostrais as maiores profundidades relativas à transparência ocorreram no mês de maio.

A Estação 3, localizada no braço do Descoberto, apresentou as maiores absorções para os dois períodos, representando uma maior transparência da água, conforme apresentado na Figura 05, em que as barras correspondem as médias dos valores digitais extraídos das imagens (níveis de cinza) e os marcadores correspondem aos valores obtidos na análise amostral do parâmetro em questão.

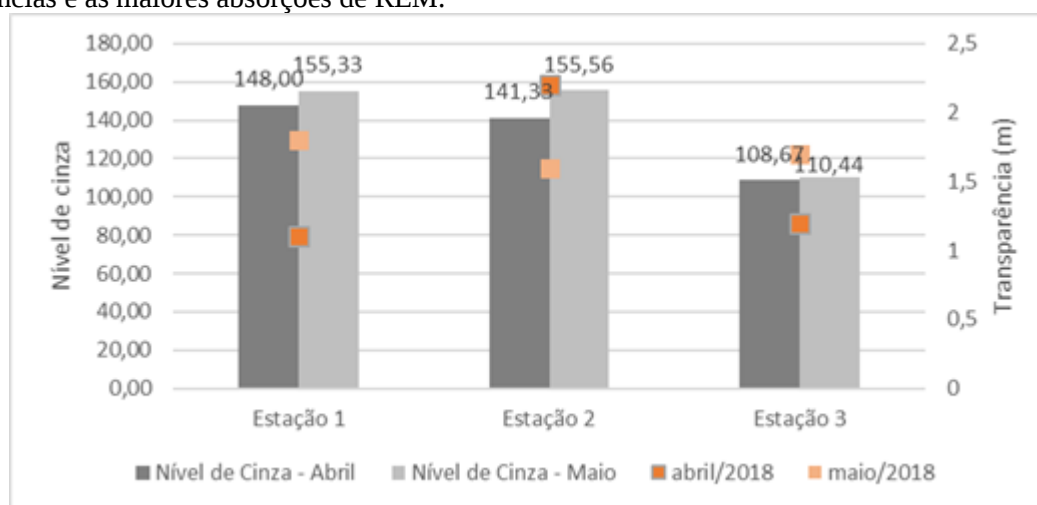


Figura 5. Relação entre os níveis de cinza para a banda azul e o parâmetro transparência monitorado.

Salienta-se que as imagens analisadas não são da mesma data das análises de campo, justificando possíveis discrepâncias entre os valores.

De acordo com as faixas de nível de cinza, o modelo foi aplicado em imagens do reservatório, na banda azul que, nesse caso, foi utilizada para a estimativa da transparência da água.

O objetivo era de analisar espacialmente o corpo hídrico a fim de, caso houvesse variância entre os valores de transparência, esses fossem demonstrados por meio de geoprocessamento das imagens.

Como reportado por Vilela (2010), a faixa espectral dessa banda possui menores comprimentos de onda e devido a isso está mais sujeita a alterações em função da atmosfera.

Nesse sentido, sua análise é indicada para complementação do trabalho de monitoramento, permitindo uma visualização distribuída da transparência na área superficial do reservatório.

Aplicando a escala de absorção de Radiação Eletromagnética, as áreas que indicam maior absorção de REM são possivelmente locais em que a água está mais limpa, mais isenta de sólidos suspensos e, portanto, com maior transparência.

No caso do reservatório do Descoberto, todos os pontos nos dois meses de análise foram enquadrados na mesma classificação, definida no intervalo de 0 a 12800 níveis de cinza, como as regiões com máxima transparência na água, como ilustrado na Figura 06.

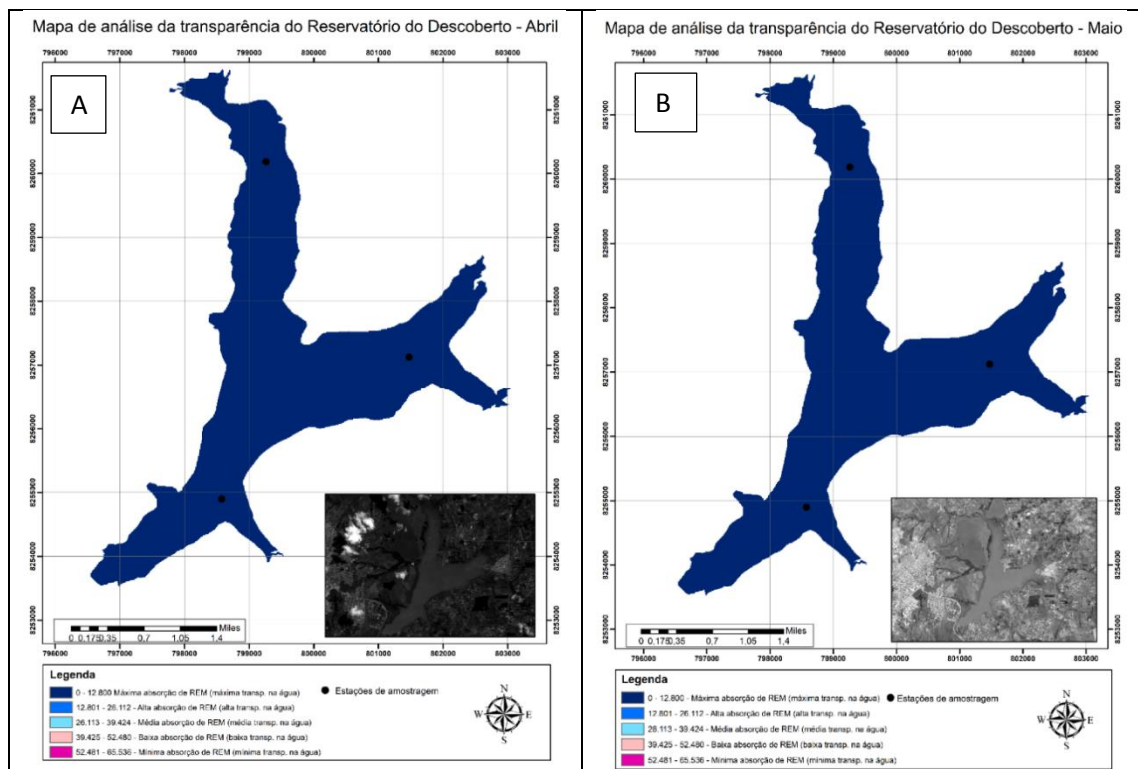


Figura 6 A e B: Absorção de REM na banda azul na imagem Sentinel-2 de 23/04/2018 e 23/05/2018 no Reservatório do Descoberto DF/GO.

Clorofila-A

A clorofila-a é um pigmento encontrado em todos os grupos de vegetais e outros organismos autótrofos e é frequentemente utilizada como indicadora da biomassa fitoplanctônica em ambientes aquáticos, ou seja, um indicador do crescimento de algas e cianobactérias devido ao enriquecimento por nutrientes.

Sua quantificação é importante em termos de qualidade da água para avaliar o grau de eutrofização de um ambiente, sendo a presença de

algas indiretamente medida pela concentração de clorofila, em microgramas por litro, da amostra de água.

A banda 3 do sensor Sentinel-2, corresponde à faixa espectral da cor verde e apresenta boa penetração em corpos de água, sendo refletida onde há presença de pigmentos de tons esverdeados, o que a torna viável para detectar a presença de algas e organismos vegetais em ambientes aquáticos. Assim, elevada reflexão equivale a uma concentração elevada de clorofila em determinado setor do reservatório.

Os resultados encontrados nas campanhas de amostragem foram relacionados com o valor dos níveis de cinza das imagens que correspondem às datas das coletas. No entanto, para a clorofila-a somente uma análise amostral foi realizada no mês de maio, com dois pontos de coleta.

Os resultados para concentração de clorofila-a foram realizados com acidificação, pois esses desconsideram o pigmento em processo de

degradação no momento da coleta e análise. Os valores encontrados no mês de maio para as Estações 1 e 3 não tiveram variações para concentração de clorofila, detectando baixas concentrações, com valores nulos ou bem próximos de zero. A Figura 07 ilustra a relação entre níveis de cinza para a banda verde e o parâmetro concentração de clorofila.

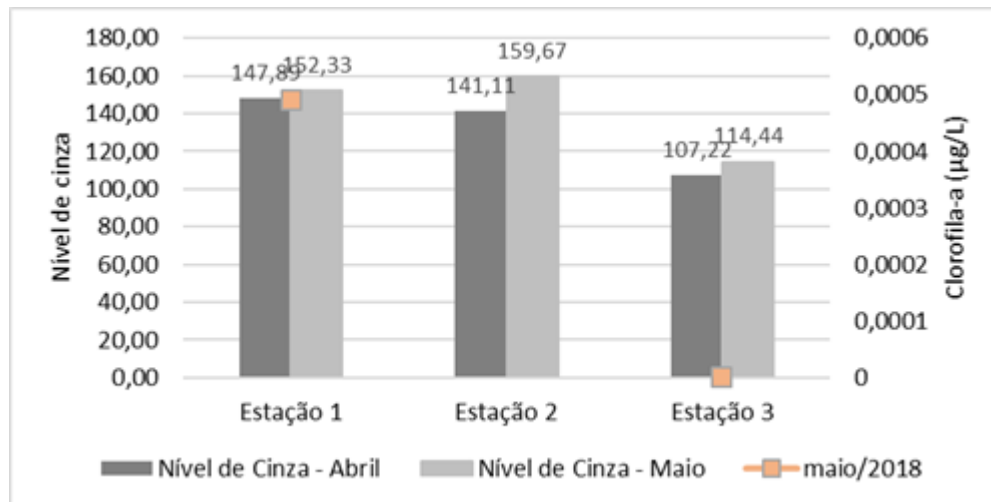


Figura 7. Relação entre os níveis de cinza para a banda verde e o parâmetro clorofila-a monitorado.

Nos dois meses analisados, os menores níveis de cinza foram encontrados na Estação 3 e o resultado amostral de maio corrobora a subjeção de que esta estação possui menor concentração de clorofila-a, no período analisado.

Já as Estações 1 e 2 apresentam resultados similares em relação a análise por sensoriamento remoto, com valores mais altos, mas ainda representando baixas taxas de reflexão e por conseguintes baixas concentrações de clorofila-a.

Com base nas faixas de níveis de cinza de absorção de Radiação Eletromagnética, o modelo foi aplicado nas imagens dos meses de abril e maio na banda verde, que atua como indicadora de pigmentos de clorofila presentes na água, como ilustrado nas Figuras 08.

Tendo em conta que quando a concentração de clorofila aumenta, a reflexão nesta faixa espectral também aumenta, ou seja, há um aumento dos níveis de cinza correlacionada. Cicerelli e Galo, (2015) corroboram com este

estudo ao observar o aumento dos valores de radiação refletida em função da maior presença de clorofila-a, em águas interiores com baixa movimentação de correntezas.

Magalhães et al., (2014) também mensuraram um alto valor de clorofila a e b por meio de imagens ópticas do satélite Landsat no município de Itapemirim, ES em corpos hídricos eutrofizados e com presença de algas.

Souza Júnior et al., (2021) ao analisar a inferência sobre a perda histórica da qualidade da água de um açude urbano no município de Cajazeiras, PB utilizando técnicas de sensoriamento remoto, obtiveram como resultado uma correlação muito forte entre a banda verde e o IET_{SA} com ($R^2 = 0,927$), além de uma correlação forte, porém também não desprezível, correlação entre o mesmo índice e a banda vermelha com ($R^2 = 0,753$).

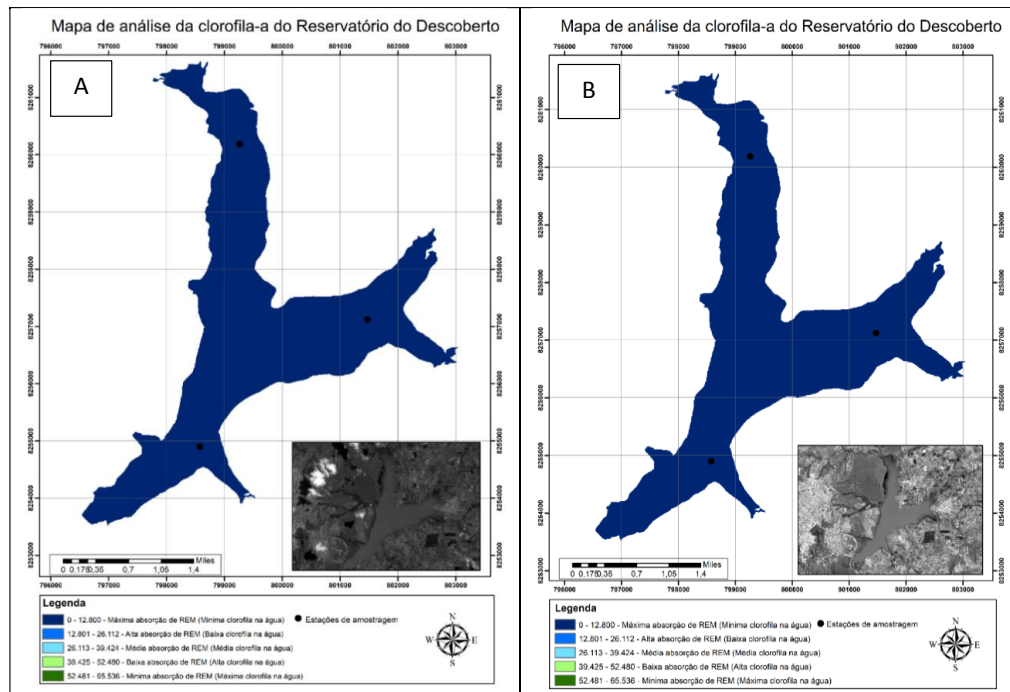


Figura 8 A e B: Absorção de REM na banda verde em na imagem Sentinel-2 de 23/04/2018 e 23/05/2018 no Reservatório do Descoberto DF/GO.

O reservatório do Descoberto apresentou nos dois meses de análise enquadramento na mesma classificação, definida no intervalo de 0 a 12800 níveis de cinza, como as regiões com mínima concentração de clorofila-a na água.

Os resultados demonstram que nesse período ocorreu máxima absorção de REM, que indica pouca presença de pigmentos de clorofila. Magalhães e Xavier, (2018) corroboram com este estudo ao mensurar e analisar os valores de clorofila a e turbidez em corpos hídricos por meio de imagens Ópticas do satélite Landsat –TM5 no

município de Itapemirim no sul do estado do Espírito Santo.

Cao et al., (2021) ao analisar oito parâmetros de qualidade da água no rio Haihe em Tianjin, China por meio de dados de sensoriamento remoto hiperespectral obtiveram boa correlação linear do coeficiente de Pearson para os parâmetros analisados em conjunto com as bandas hiperespectrais. Dessa maneira, comprovaram que uma maior resolução espectral e temporal das imagens de sensoriamento remoto para análise de qualidade da água geram mais precisão e constância no monitoramento de corpos hídricos.

Turbidez

A turbidez da água, que em campo foi medida por sonda multiparamétrica, é um parâmetro que indica a presença de sedimentos, sólidos e outras substâncias em suspensão na água.

A banda 4 do sensor Sentinel-2 corresponde à faixa espectral da cor vermelha. Nessa faixa ocorre refletância de alvos com as cores em tons entre o amarelo e o vermelho, o que a torna mais indicada para medidas de turbidez, pois os sedimentos e os sólidos em suspensão, presentes em ambientes aquáticos, apresentam, na maioria das vezes, esses tons de coloração. Nesse sentido, quanto maior for a absorção de REM, menor será a turbidez.

Assim como ocorreu com os outros parâmetros, os resultados encontrados nas duas

campanhas de amostragem foram relacionados com o valor dos níveis de cinza das imagens que correspondem às datas das coletas.

Com exceção do resultado da Estação 1 no mês de abril, os resultados tiveram comportamento uniforme, com a turbidez aumentando em direção ao braço do Descoberto, próximo a essa estação ocorrem floração de macrófitas, fator que pode acarretar aumento na turbidez.

Os índices de turbidez em todas as campanhas foram baixos. Esse resultado deve-se a análise ter sido realizada fora do período chuvoso, no qual ocorre maior transporte de sedimentos que elevam os valores de turbidez. Os resultados comentados estão apresentados na Figura 09.

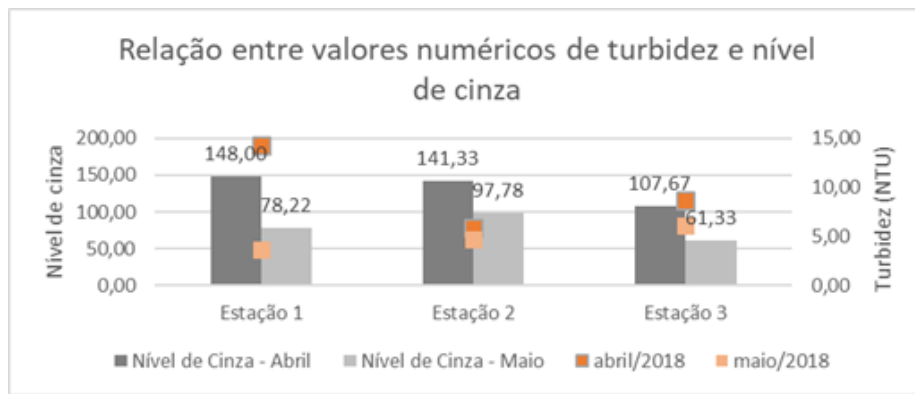


Figura 9. Relação entre os níveis de cinza para a banda vermelho e o parâmetro turbidez.

As taxas de reflexão (aumento dos níveis de cinza) acompanham o aumento da turbidez e a radiação eletromagnética é absorvida em locais sem a presença de sedimentos e sólidos em suspensão.

Nas imagens analisadas, a variação de níveis de cinza foi alta entre os meses, apresentando maior turbidez no mês de abril, já nos resultados amostrais, a discrepância entre os resultados foi pequena, mas os valores mais elevados de turbidez se encontram também no mês de abril.

Aplicando a escala de absorção de Radiação Eletromagnética na classificação das imagens na banda vermelho, ilustrado na Figura 10 demonstra que nesse período ocorreu intensa absorção de REM, o que comprova uma boa qualidade da água, indicando a baixa concentração de sedimentos em suspensão.

Assim como para os outros parâmetros, o reservatório do Descoberto apresentou nos dois

meses de análise enquadramento na mesma classificação, definida no intervalo de 0 a 12800 níveis de cinza, com a mínima turbidez na água.

Sent et al., (2021) realizou um estudo de doze parâmetros de IQA com as imagens do satélite Sentinel -2 no estuário Sado em Portugal. Os autores obtiveram como resultados mais satisfatório na análise da turbidez as bandas espectrais do vermelho para uma determinada região em análise e a banda espectral infravermelho de ondas curtas para outra região distinta. Entretanto, ressalva-se que a presença de vegetação suspensa na água, como macrófitas pode alterar os resultados e as curvas de espectrais para a análise da turbidez na banda espectral do infravermelho de ondas curtas.

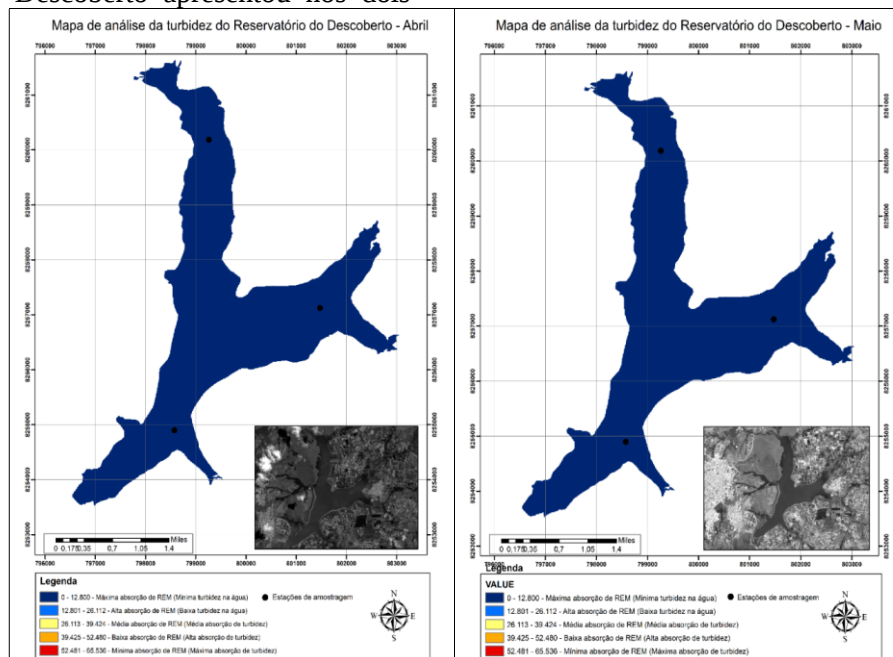


Figura 10 A e B: Absorção de REM na banda vermelho na imagem Sentinel-2 de 23/04/2018 e 23/05/2018 no Reservatório do Descoberto DF/GO.

Conclusão

Tendo como premissa o objetivo inicial do trabalho de promover a análise da dinâmica do ambiente aquático do lago Descoberto por meio de imagens Sentinel – 2, pode-se concluir que:

A aplicação das técnicas de sensoriamento remoto para auxílio e análise de parâmetros da qualidade da água apresentaram resultados coerentes, demonstrando ter aplicabilidade para estudos de monitoramento de reservatório e corpos hídricos.

As imagens orbitais do satélite Sentinel-2 referentes ao mês de abril e maio comprovaram a uniformidade para os parâmetros de qualidade da água analisados, dessa maneira, mensurando uma baixa quantidade de prováveis contaminantes ou poluentes no corpo hídrico do reservatório.

A proximidade espectral dos valores de nível de cinza para as bandas do satélite Sentinel-2 nos meses amostrados comprovou que não houve uma mudança brusca ou até mesmo eutrofização no lago do Descoberto no período temporal analisado.

Quanto mais irregulares os formatos, maior foi o total de bordas dos fragmentos. Quanto maior a área, menor foi a influência do efeito de borda. Assim, para que fragmentos sujeitos a um maior efeito de borda tenham sua biodiversidade protegida, é fundamental aumentar suas áreas ou promover a sua interligação por meio de corredores ecológicos.

A metodologia utilizada por meio de técnicas de Sistemas de Informações Geográficas e sensoriamento remoto mostraram-se eficiente, produzindo de forma automatizada, informações sobre as dimensões e distribuições espaciais na paisagem.

Referências

- Barbosa, C.C.; Gomes, L N.L.; Minoti, R.T, 2021. A modelling approach to simulate Chlorophyta and Cyanobacteria biomasses based on historical data of a Brazilian urban reservoir. *Revista Ambiente e Agua*. 16, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2713>
- CAESB e CNEC. Companhia de Saneamento do Distrito Federal e Consorcio Nacional de Engenheiros Consultores S.A, 1985. Plano de proteção do lago Descoberto. Relatório Final-Tomo 01. Brasília-DF.
- CAESB. Companhia de Saneamento do Distrito Federal, 2016. Relatório da Qualidade da Água Distribuída pela CAESB. Brasília, DF.
- Campos, J.E.G, 2004. Hidrogeologia do distrito Federal: subsídios para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. *Revista Brasileira de Geociências* 34, 41- 48.
- Cao, Q.; Yu, G.; Sun, S.; Dou, Y.; Li, H.; Qiao, Z, 2021, Monitoring Water Quality of the Haihe River Based on Ground-Based Hyperspectral Remote Sensing *Water*, 14, 1-13. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14010022>
- Carmo, M.S. (2001). Geoquímica de águas e sedimentos de correntes da bacia hidrográfica do rio Descoberto – Brasília-DF, Dissertação (Mestrado em Geociências) – UnB. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/26354?locale=fr> Acesso em: 01 jul. 2018.
- Cicerelli, R.E.; Galo, M.L.B.T, 2015. Sensoriamento remoto multifonte aplicado na detecção do fitoplâncton em águas interiores. *Revista brasileira engenharia agrícola e ambiental* 19, 259-265. DOI: [org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p259-265](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p259-265)
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária, 2004. Evolução Geomorfológica do Distrito Federal. Planaltina.
- ESA. European Space Agency (2018). Disponível em: https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2. Acesso em: 17 mai. 2018.
- Furtado, L.F.A.; Silva, T S.F.; Novo, E.M L.M, 2016. Dual-season and full-polarimetric C band SAR assessment for vegetation mapping in the Amazon várzea wetlands. *Remote Sensing of Environment* 174, 212-222. DOI: [org/10.1016/j.rse.2015.12.013](https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.013)
- Magalhães, I.A.L.; Xavier, A.C, 2018. Caracterização e Avaliação das Respostas Espectrais de Alvos no município de Itapemirim, ES, por meio de Sensoriamento Remoto Orbital. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 11, 1010-1025. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.3.p1010-1025>
- Magalhães, I.A.L.; Xavier, A.C.; Santos, A.R, 2014. Caracterização da dinâmica espectro temporal florestal e da cana-de-açúcar no município de Itapemirim, ES. *Revista Geosul*. 28, 183-210. DOI: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2013v28n56p183>
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004. Evolução Geomorfológica do Distrito Federal. Brasília, DF.
- Martins, E.S, 2004. Evolução geomorfológica do Distrito Federal. Documentos, Planaltina, DF, 12, 1-57.

- Mendes, J.W.; França, M L R.; Damasceno, B.M, 2020. Análise de impactos associados à enchente em São Luiz do Paraitinga (2009-2010): uma construção da pesquisa científica na educação básica. Caderno de estudos geoambientais 11, 1-16.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, 1998. Plano de Gestão Ambiental: Área de Proteção Ambiental Federal da Bacia do Rio Descoberto DF/GO. Brasília, DF.
- Nunes, G.A. (2021). Monitoramento ambiental por meio da ciência cidadã em cavernas de Unidades de Conservação do Estado de São Paulo, Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – USP. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-17052021-165155/en.php> Acesso em: 05abr 2022.
- Nunes, J.F.; Roig, H L, 2015. Land use and land occupation analysis and mapping of the Alto Descoberto hydrographic basin, df/go, using a fuzzy rule-based automatic classification. Revista Árvore. 39, 25-36. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000100003>
- Pizani, F.M.C.; Pereira, M. P. R.; Silva, M. M.; Elmiro, M.A.T, 2021. Técnicas de sensoriamento remoto para análise temporal do espelho d'água da Lagoa Grande na cidade de Sete Lagoas – MG. Revista Geografias. 29, 1-22. DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-549X.2021.25893>
- Ribeiro, M.O. (2001). Estudo da poluição e autodepuração nos rios Melchior e Descoberto, na bacia do Descoberto-DF/GO, com auxílio de modelos matemáticos de simulação de qualidade da água, para estudos de seu comportamento atual e futuro. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - UnB. Disponível em: <http://ptarh.unb.br/dissertacoes/> Acesso em:16 Abr. 2018.
- Rocha Neto, O. (2021). Análise temporal do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica da microrregião de Irecê-BA. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – UEPB. Disponível em: <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/3828> Acesso em: 05 abr. 2022.
- Silva, W.B.; Bezerra, J.M.; Feitosa, A.P.; Silva, P.C.M.; Rêgo, A. T. A, 2020. Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi – RN. Anuário do Instituto de Geociências 43, 397-407. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2020_1_397_407
- Segl, K.; Guanter, L.; Gascon, F.; Kuester, T.; Rogass, C.; Mielke, C, 2015. An end-to-end modeling tool for the simulation of Sentinel-2 image products. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 53, 5560-5571. DOI: 10.1109 / TGRS.2015.2424992
- Sent, G.; Biguino, B.; Favereto, L.; Cruz, J.; Sá, C.; Dogliotti, A.I.; Palma, C.; Brotas, V.; Brito, A.C, 2021. Deriving Water Quality Parameters Using Sentinel-2 Imagery: A Case Study in the Sado Estuary, Portugal. Remote sensing 13, 1-27. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13051043>
- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2016. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos –Brasília, DF.
- Soares, E.M. Ferreira, R.L, 2017. Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade13, 1-27.
- Sousa, K.A.; Espindola, G.M.; Silva, C.E, 2021. Qualidade da água e sensoriamento remoto: análise bibliométrica da produção científica mundial. Brazilian Journal of Development 7, 577-590. DOI: 10.34117/bjdv7n1-040
- Souza Júnior, T.G.; Meireles, A.C.M.; Oliveira, C.W.; Paula Filho, F.J.; Menezes, J.M.C.; Silva Neto, B, 2021. Inferência sobre a perda histórica da qualidade da água de um açude urbano utilizando o sensoriamento remoto. Revista Brasileira de Geografia Física, 14, 3138-3155. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p3138-3355>
- Vilela, M.A. (2010). Metodologia para monitoramento da qualidade da água de reservatório utilizando sensoriamento remoto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFU. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14144/1/MetodologiaMonitoramentoQualidade.pdf> Acesso em: 12 mai. 2018.
- Von Sperling, M. (2005). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. Belo Horizonte:v. Editora UFMG, 3. ed.
- Xavier, C.F. (2005). Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba – Paraná. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – UFPR. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/58508> Acesso em: 23 jan. 2018.