

SENSORIAMENTO REMOTO NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS INTERIORES: PERSPECTIVAS DE APLICAÇÕES NO RESERVATÓRIO DE FURNAS

Diogo Olivetti ¹, diogo.olivetti@unifal-mg.edu.br;
Marcelo de Oliveira Latuf ², marcelo.latuf@unifal-mg.edu.br;

RESUMO

O sensoriamento remoto já é uma técnica consolidada como auxílio no monitoramento de qualidade de águas interiores, principalmente para alguns parâmetros que são ópticamente ativos. Diversos tipos de plataformas, seja orbital, aerotransportadas ou *in situ* foram e vem sendo aplicados nessa temática, cada um com seus respectivos potenciais e limitações. Diante dessa complexidade e possibilidade de aplicações, este trabalho teve como objetivo, ainda que resumidamente, trazer o estado da arte do tema para o evento de modo a contextualizar a comunidade acadêmica do Sul de Minas Gerais e ainda trazer possibilidade de ampliar as aplicações no reservatório de Furnas. Recurso este tão importante para a região e que vem passando por intensos processos de degradação da qualidade da água, marcado por alta presença de matéria orgânica e nutrientes, fitoplâncton e sedimentos. Todos estes poluentes são opticamente ativos, assim possíveis de serem monitorados por sensoriamento remoto. De modo mais detalhado, o presente trabalho apresenta as plataformas ideais, seja de satélite, de drones ou *in situ*, para o monitoramento em Furnas, sobre diferentes possíveis cenários.

Palavras-chave: Águas continentais; Satélites; Drones; Espectroradiômetro; Componentes Opticamente Ativos.

INTRODUÇÃO

Águas interiores é o termo que representa os recursos hídricos superficiais do continente terrestre, tais como lagos, lagoas, reservatórios e rios, que representam uma ampla diversidade de formas, tamanhos e de propriedades físicas, químicas e ópticas (OGASHAWARA et al., 2017).

O Sensoriamento Remoto é uma tradicional ferramenta que vem auxiliando o monitoramento convencional de qualidade de águas interiores há décadas. Iniciado na década de 1980, consolidado na década de 2000 e multiplicado na década 2010, é uma técnica que vem

crescendo expressivamente, de modo cada vez mais eficaz, nas diversas plataformas disponíveis (CHEN et al., 2025).

Incontestavelmente, as plataformas orbitais são as mais aplicadas nesta temática. As razões são diversas, cabe destaque a alta cobertura espacial dos sensores que capaz de imagear extensos corpos hídricos. Seu uso vem sendo ampliado ao longo das últimas décadas, principalmente pelo desenvolvimento de novos sensores, cada vez mais específicos para aplicabilidade, que, em maioria, são disponíveis gratuitamente (GIARDINO et al., 2019).

As plataformas *in situ* são compreendidas por radiômetros ou espectroradiômetros portáteis que são utilizados em amostragens de campo. Sua resolução espacial é limitada aos pontos de amostragem, assim como no monitoramento convencional. Entretanto, tem a vantagem de proporcionar altíssima resolução espectral e espacial, sendo assim, excelentes ferramentas de calibração e validação das demais plataformas de sensoriamento remoto (GHOLIZADEH et al., 2016).

As plataformas aerotransportadas são intermediárias as duas previamente citadas, sendo assim, tem vantagem de complementar lacunas diante de sua alta resolução espacial e temporal, porém mais conveniente para menores áreas. As plataformas aerotripuladas marcaram época neste século com diversas aplicações de sucesso em monitoramento detalhado em corpos hídricos continentais. No entanto, demanda altíssimo custo e acaba sendo limitada para projetos de grande recurso. Já, nas últimas duas décadas, o desenvolvimento de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA ou Drones) em conjunto com câmeras de pequeno porte impulsionou significativamente a aplicação de plataforma aerotransportada (YAO et al., 2019). Apesar de muitos desafios, seu uso já é uma realidade no monitoramento de qualidade de águas interiores (SIBANDA et al., 2022; OLIVETTI et al., 2025).

Este trabalho teve como objetivo de apresentar, de forma didática, esse contexto de monitoramento de qualidade da água. Para tanto, uma revisão bibliográfica será apresentada nos próximos tópicos. Por fim o trabalho busca contextualizar o estado da arte com futuras possibilidades de aplicação no reservatório de Furnas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho em essência, tem uma abordagem metodológica baseada em revisão de literatura. Assim, pesquisas foram feitas nos portais de periódicos CAPES - WEB of SCIENCE,

Scopus, Science-direct e Google Scholar com as palavras-chaves: *remote sensing, water quality, inland water*.

Ainda que a essência do trabalho seja a revisão de literatura, cabe aqui destacar os experimentos com plataformas distintas que os autores vem trabalhando nas últimas décadas.

REFERENCIAL TEÓRICO

Fundamentalmente, o monitoramento de qualidade de águas interiores por sensoriamento remoto é feito pelas propriedades ópticas da água. As propriedades ópticas inerentes dependem apenas dos componentes presentes na água e não são interferidas pelo campo de luz disponível. Antagonicamente, as propriedades ópticas aparentes são influenciadas pela estrutura geométrica direcional do campo de luz (MOBLEY, 1994). Dentro desta última classe, a reflectância é a propriedade óptica mais aplicada nessa temática.

De modo complementar, é importante ressaltar que as propriedades da água são utilizadas em modelos bio-ópticos no monitoramento em questão. Esses modelos buscam compreender a relação entre as propriedades ópticas com parâmetros de qualidade da água. Segundo a terminologia de Ogashawara (2017), existem cinco classes de modelos Bio-ópticos: empíricos, semiempíricos, semianalíticos, quase-analíticos e analíticos.

Os principais parâmetros de qualidade da água monitorados são os componentes opticamente ativos (COAs), aqueles que interagem com a radiação eletromagnética e interferem nas propriedades ópticas da água. São eles:

- **Concentração de sólidos Suspensão (CSS):** total em massa de partículas, inorgânicas e orgânicas, suspensas medidas por volume de água (MATHEWS, 2011). Importante indicador de qualidade da água, uma vez que é relacionado com transporte de sedimentos e com a claridade da água, que pode reduzir o fluxo da radiação eletromagnética na coluna da água e assim impactar o ecossistema aquático. Ademais podem transportar nutrientes e contaminantes, cuja fonte pode ser alóctone ou autóctone (GIARDINO et al., 2017).
- **Fitoplâncton:** é um grupo que inclui centenas de espécies de microalgas de tamanhos que variam de 0,2 a 1000 μm e de formas variadas. Em águas continentais, é um eficiente traçador do nível trófico. Ademais, a proliferação de fitoplâncton com a presença de cianobactérias e de outras espécies de algas que produzem toxinas pode

causar riscos à biota aquática e até mesmo à saúde pública (MATTHEWS, 2017). A Clorofila-*a* (Chl-*a*) é o parâmetro mais comum para esse fim, pois se trata de um pigmento fotossintético encontrado na maioria das espécies de fitoplâncton. Num passado mais recente, vem se ampliando o monitoramento de cianobactéria que tem uma relação com a ficocianina é um parâmetro mais direto, e não generalista quanto a Chl-*a*.

- **Matéria Orgânica Colorida Dissolvida - CDOM:** é um compartimento opticamente ativo mais próximo do Carbono Orgânico Dissolvido (COD), (KUTSER et al. 2017; BARBOSA, 2019). A CDOM é uma mistura dissolvida de moléculas orgânicas resultante de decomposição de fauna e flora e de rejeitos terrestres (alóctone) e da atividade biológica existente na coluna d'água (autóctone). O interesse no monitoramento da CDOM teve um aumento significativo, diante do crescente interesse em identificar o papel dos corpos hídricos no ciclo do carbono (KUTSER et al. 2017).

Embora os COAs sejam consolidados no estado da arte, é válido ressaltar que pesquisas vêm sendo desenvolvidas no intuito de monitorar parâmetros que não são ópticamente ativos, ainda em fase de consolidação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CSS

Os valores de refletância em águas contendo CSS são complexos e altamente dependentes das características específicas do corpo d'água, uma vez que é influenciado diferentemente dependendo do tamanho do grão da partícula e do tipo de mineral. Diante dessas complexidades, desenvolver uma equação universal para estimar o CSS continua sendo uma tarefa desafiadora (KIRK et al., 2011).

A refletância na faixa do infravermelho próximo (NIR) é influenciada principalmente pela retroespalhamento do CSS, já que o processo de absorção de luz por outros COAs geralmente está ausente nesses comprimentos de onda (RUDDICK et al., 2006). Diversos estudos têm demonstrados alta correlação entre CSS e NIR, principalmente por plataformas *in situ* e aerotransportadas. Entretanto, é válido ressaltar algumas peculiaridades, como os casos de baixíssimas e altíssimas concentrações. Em concentrações extremas é mais viável o uso de

razão de bandas entre o NIR e vermelho, já em concentrações mínimas é recomendável o uso de razão de bandas no verde e vermelho (OLIVETTI et al., 2025).

Fitoplâncton

Oposto ao CSS, o monitoramento de fitoplâncton demanda bandas mais estreitas, sobretudo na faixa do vermelho e do red-edge (faixa limite entre o vermelho e NIR) em águas interiores. A presença de Chl-*a* causa efeitos de absorção na faixa de 660 a 690 nm e alto espelhamento, que gera alta reflectância, no red-edge (700 a 730 nm). Para cianobactéria o processo é semelhante, a única diferença é que o efeito de absorção ocorre na faixa de 600 a 630 nm. Assim, razão de bandas que cobrem essas faixas específicas tem sido eficientes para monitorar Chl-*a* e cianobactéria. No entanto, exigem uma resolução espectral mais refinada dos sensores, como bandas estreitas nessas faixas espectrais (OLIVETTI et al., 2023).

CDOM

A estimativa da CDOM por meio do sensoriamento remoto é mais complexa de todos os COAs, uma vez que apenas absorve a radiação eletromagnética, o que dificulta sua detecção espectral direta com a reflectância, assim não há associação direta com nenhum comprimento de onda (BREZONIK et al., 2015). Sua principal característica espectral relaciona-se ao decaimento da absorção com o aumento do comprimento de onda na região do azul (KUTSER et al., 2017). Diversos algoritmos vêm sendo propostos para aprimorar a acurácia da estimativa da CDOM, no entanto, a maioria utiliza bandas nas faixas de 440 a 460 nm, 550 a 510 nm e 650 a 670 nm (ZHU et al., 2014).

Satélite

Diversas aplicações vêm sendo feitas desde a década de 1980 no monitoramento de qualidade de águas interiores. Mesmo que no início os satélites não eram desenvolvidos para esta finalidade, inúmeros trabalhos foram eficientes para monitorar os COAs. Na literatura há vasta disponibilidade de aplicações de diversos satélites (MATHEWS 2011), sendo eles gratuitos (ex.: séries Landsat) ou pagos (ex.: Worldview), de cobertura global (ex.: séries

sentinel) ou apenas experimentais em certas áreas (ex.: Hyperion), de baixa (ex: MODIS) e alta resolução espacial (ex.: SPOT 5). Existem trabalhos que fazem um “overview” sobre os estudos de satélite, destaca-se aqui o de Olmanson et al. (2015), que acrescenta seus potenciais e limitações para monitoramento em grande corpos hídricos, e de Martins et al. (2019) que acrescenta uma perspectiva de futuros satélites a serem lançados.

Embora tenha-se iniciado com a efetividade dos satélites em tal aplicação, não pode negligenciar que as imagens são passíveis de pré-processamento, principalmente por correções atmosféricas. Há também uma ampla diversidade de métodos de correção atmosférica, exemplos de aplicação e validação. Na literatura, como uma visão ampla do assunto, recomenda-se os estudos de Ansari et al. (2025) e Pan et al. (2022). Cabe destacar aqui que em algumas faixas espectrais ocorre maior dificuldade na prescrição da correção, como na faixa do azul e do NIR. Esta última, já mencionada anteriormente, que tem melhor correlação com CSS, com pequenas ressalvas. Portanto, há uma certa dificuldade em explorar toda a potencialidade em monitorar CSS com imagens de satélite. O monitoramento de CDOM também passa por dificuldade em relação a correções atmosféricas, uma vez que utiliza muito faixas do azul.

O fitoplankton é componente que menos é afetado pelas dificuldades de correções atmosféricas, uma vez que as bandas comumente utilizadas são mais robustamente corrigidas. Outro marco importante é o desenvolvimento de satélites, como o Sentinel MSI, que foram programados com bandas específicas que cobrem os efeitos de absorção e espalhamento da Chl-*a* e da cianobactéria.

In Situ

Reforça-se que as plataformas *in situ* são compreendidas por radiômetros e espectroradiômetros portáteis. Uma vez que fornecem alta resolução espectral e espacial, com a consequente precisão de medição de dados radiométricos, é uma excelente ferramenta para criar, calibrar e validar novos modelos Bio-ópticos. Além de possibilidade de validar os dados radiométricos obtidos por plataformas orbitais e aerotransportadas.

Sabendo da eficiência de precisão destas plataformas, é necessário enfatizar que as medições *in situ* devem seguir protocolos rígidos, principalmente na relação de posição dos sensores com os ângulos solares zenital e azimutal. O protocolo mais utilizado é o de Mobley (1999), que mede a reflectância de sensoriamento remoto (R_{rs}). Por muitos anos esse protocolo

era padronizado, porém, num passado recente, testes vêm sendo feitos para uma de suas variáveis, a p , que tradicionalmente usava-se o valor de 0,028 mas agora diferentes valores vêm sendo testados (HARMEL, 2022).

Drones

Principalmente a partir da última década, o desenvolvimento de drones integrados com câmeras de pequeno potencializaram e consolidaram uma nova plataforma de sensoriamento remoto que pode complementar lacunas entre as plataformas orbitais e *in situ*. Além das soluções de alta resolução espacial, temporal e espectral, a depender da câmera, aerolevantamentos feitos com drones tem superado as limitações de precisão de dados radiométricos, por correções atmosféricas. Assim, a CSS tem sido monitorado com êxito por drones uma vez que as bandas do NIR são radiometricamente precisas (OLIVETTI et. al., 2020). O fitoplâncton, Chl-*a* e cianobactéria, também tem sido robustamente monitorado, como no trabalho de Olivetti et al. (2023) e diversos outros estudos. Enfim, já é uma realidade o monitoramento de qualidade da água por Drone, até mesmo com a presença de artigos de revisão (KISLIK et al., 2018).

Embora os aspectos positivos do parágrafo anterior, salienta-se que essa nova plataforma não é isenta de limitações, mesmo quando comparado com imagens de satélite, como área de cobertura, maior instabilidade e complexidade no processamento das imagens. Em corpos hídricos, adiciona-se as limitações de efeitos de reflectância especular e ainda a dificuldade de gerar ortomosaicos em áreas homogêneas. Frente a essas duas limitações, estudos já vêm sendo feitos no intuito de superá-las (OLIVETTI et al., 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS: PERSPECTIVAS PARA O MONITORAMENTO NO RESERVATÓRIO DE FURNAS

Este relevante recurso hídrico tem enfrentado impactos ambientais consideráveis, desde sua criação na década de 1960. A ausência de infraestrutura de saneamento básico em algumas localidades tem resultado no lançamento direto de esgoto não tratado no reservatório (LEITE, 2020). Adicionalmente, concentrações de metais pesados acima dos limites estabelecidos pela legislação brasileira foram identificadas em um pequeno canal urbano

afluente do reservatório (CAVALCANTI, et al., 2013). Furnas também é um dos principais locais de produção de piscicultura, a produção descontrolada pode resultar no acúmulo excessivo de nutrientes, levando à proliferação descontrolada de algas e macrófitas, e consequentemente, criando condições propícias para a eutrofização (PINHEIRO, 2019).

Monitorar a qualidade da água desse reservatório é de extrema importância e, como já visto, o sensoriamento remoto pode complementar bem essa tarefa. Estudos nessa temática já vêm sendo feito em Furnas, como nos trabalhos de Pereira et al (2023) que identificaram com eficiência, por meio de imagens de satélite, a alta carga de algas no braço do rio Sapucaí. Ampliar esses estudos para todo o reservatório é essencial, para isso os parágrafos posteriores e a tabela 1 tem o objetivo de propor diretrizes de monitoramento em Furnas a partir das plataformas orbitais, aerotransportadas e *in situ*.

Tabela 1: Recomendações de plataformas ideais para o monitoramento de qualidade da água no reservatório de Furnas

Plataforma	Considerações	Recomendações
Satélite	Ideal para cobrir toda a área do reservatório, além da possibilidade de entender o comportamento histórico qualidade da água de Furnas nos últimos 40 anos, diante do registro histórico dos sensores.	Satélite Sentinel 2 A e B Séries Landsat para registro histórico. Correções atmosféricas: ACOLITE, MODTRAN, 6S, iCOR, FLAASH dentre outros.
Drones	Ideal para cobrir com mais detalhe áreas estratégicas do reservatório, tal como as áreas de confluência com rios tributários e tanques de piscicultura que são bastante presentes em Furnas.	Drone com câmeras com bandas no NIR e 600-630 nm, 660-680nm e 700-730 nm. Protocolos de <i>Sun Glint</i> .
<i>In situ</i>	Ideal para criar modelos Bio-ópticos adaptados para o corpo hídrico em questão e para calibrar e validar imagens de plataformas orbitais e aerotransportadas.	Radiômetro RAMSES com o protocolo de Mobley (1999). Sondas multiparamétricas

Satélites: O reservatório de Furnas é um dos maiores corpos hídricos do estado de Minas

Gerais e do país. Para seu monitoramento completo é preciso de imagens de satélite de alta cobertura espacial. Satélites “oceânicos” como o MODIS possuem esta característica, capaz de cobrir toda a área do reservatório em uma única cena, ainda com resolução temporal de dois dias, porém, não possuem as bandas específicas para monitorar fitoplankton em águas interiores e não possuem resolução espacial (250 m de pixel) para detalhamento. Disponível, gratuitamente, as imagens dos Satélite Sentinel 2 MSI são as mais indicadas, uma vez que tem alta resolução espacial (até 10 m), temporal (até 5 dias) e cobrem toda a área do reservatório, mesmo que em cenas diferentes. Imagens do Sentinel são registradas desde 2015, em caso da necessidade de um registro histórico mais longo, recomenda-se as séries dos satélites Landsat. Em todos os casos é preciso considerar o uso de correções atmosféricas.

Drones: Essa nova plataforma, sem dúvidas, é a que pode proporcionar maior detalhamento sobre a dinâmica dos COAs no reservatório. No entanto, não tem escala apropriada para cobrir todo o reservatório de Furnas. Recomenda-se, assim, o uso de drones em regiões estratégicas do reservatório, tal como as entradas dos rios tributários que costumam vir com alta carga de sedimentos, ainda mais pelo cenário de alto desmatamento e perda de solos por erosão hídrica em suas bacias tributárias. Outros pontos estratégicos são manchas de fitoplankton já observadas no reservatório e tanques de piscicultura que são bastante presentes. Contudo, é importante considerar as adversidades de efeitos de reflectância especular e construções de ortomosaicos em áreas homogêneas. Recomenda-se o uso de protocolos pré-definidos para evitar ou superar essas adversidades.

In situ: No contexto de Furnas, as plataformas *in situ* podem ser utilizadas para medições radiométricas mais precisas, podendo propiciar a criação de modelos Bio-ópticos empíricos, específicos para área, e a calibração e validação de dados radiométricos obtidos pelas plataformas orbitais e aerotransportadas. O modelo RAMSES é bastante aplicado seguindo o protocolo de medição criado por Mobley (1999), contudo é importante considerar os novos valores de p que vem sendo testados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSARI, M.; KNUBDY, A.; AMANI, M.; SAWADA, M. Retrieving Inland Water Quality Parameters via Satellite Remote Sensing: Sensor Evaluation, Atmospheric Correction, and Machine Learning Approaches. **Remote Sensing**, 17, 10, 2025.

BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. L. M.; MARTINS, V. S. **Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos, Princípios e Aplicações**. 1ª ed. INPE, 2019.

BREZONIK, P. L. et al. Factors affecting the measurement of CDOM by remote sensing of optically complex inland waters. **Remote Sensing of Environment**, v. 157, p. 199–215, 2015.

CAVALCANTI, P. P. et al. Contamination from an affluent of Furnas reservoir by trace metals. **Brazilian Journal of Biology, São Carlos**, v. 74, n. 4, p. 877-885, Nov. 2014.

CHEN, L.; LIU, L.; LIU, S.; SHI, Z.; SHI, C. The Application of Remote Sensing Technology in Inland Water Quality Monitoring and Water Environment Science: Recent Progress and Perspectives. **Remote Sensing**, 17, 4, 2025.

GIARDINO, C. et al. **Bio-optical Modeling of Total Suspended Solids**. Chapter 5. In: MISHRA, D. R.; OGASHAWARA, I; GITELSON, A. A. Bio-optical Modeling and Remote Sensing of Inland Waters. 1st Edition, Eslsevier, 2017.

GIARDINO, C.; BRANDO, V. E.; GEGER, P.; et al. Imaging Spectrometry of Inland and Coastal Waters: State of the Art, Achievements and Perspectives. **Surveys in Geophysics**, v. 40, n. 3, p. 401–429, 2019. Springer Netherlands. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10712-018-9476-0>>

GHOLIZADEH, M. H.; MELESSE, A. M.; REDDI, L. A Comprehensive Review on Water Quality Parameters Estimation Using Remote Sensing Techniques. **Sensors**, v. 16, n. 8, 1298, p. 1-43, 2016.

HARMEL, T. Apparent surface-to-sky radiance ratio of natural waters including polarization and aerosol effects: implications for above water radiometry. **Frontiers in Remote Sensing**, 4:1307976, 2023.

KIRK, J. T. O. **Light and photosynthesis in aquatic ecosystems**. 3rd ed. New York: Cambridge University Press, 2011.

KUTSER, T. et al. **Bio-optical Modeling of Colored Dissolved Organic Matter**. Chapter 4. In: MISHRA, D. R.; OGASHAWARA, I; GITELSON, A. A. Bio-optical Modeling and Remote Sensing of Inland Waters. 1st Edition, Eslsevier, 2017.

LEITE, A. C. C. **Qualidade da água e uso e cobertura do solo em bacias contribuintes do Lago de Furnas (MG): implicações na balneabilidade**. Dissertação: Mestrado, UFMG, 2020.

MARTINS, V. S. **Sistemas Orbitais Para Monitoramento de Ambientes Aquáticos**. Capítulo 6. In: BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. L. M.; MARTINS, V. S. Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos, Princípios e Aplicações. 1ª ed. INPE, 2019.

MATTHEWS, M. W. A current review of empirical procedures of remote sensing in inland and near-coastal transitional waters. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 21, p. 6855–6899, 2011.

MATTHEWS, M. W. **Bio-optical Modeling of Phytoplankton Chlorophyll-a**. Chapter 6. In: MISHRA, D. R.; OGASHAWARA, I; GITELSON, A. A. Bio-optical Modeling and Remote Sensing of Inland Waters. 1st Edition, Eslsevier, 2017.

MOBLEY, C. D. **Light and water Radiative transfer in natural waters**. Academic Press. 1994, 593p.

MOBLEY, C. D. Estimation of the remote-sensing reflectance from above-surface measurements. **Applied optics**, v. 38, n. 36, p. 7442–7455, 1999.

OGASHAWARA, I; MISHRA, D. R.; GITELSON, A. A. **Remote Sensing of Inland Waters: Background and Current State-of-the-art**. Chapter 1. In: MISHRA, D. R.; OGASHAWARA, I; GITELSON, A. A. Bio-optical Modeling and Remote Sensing of Inland Waters. 1st Edition, Eslsevier, 2017.

OLIVETTI, D.; ROIG, H. L.; MARTINEZ, J-M; BORGES, H. D; FERREIRA, A.; CASARI R.; SALLES L.; MALTA, E. Low-Cost Unmanned Aerial Multispectral Imagery for Siltation Monitoring in Reservoirs. **Remote Sensing**, v. 12, n. 11. 2020.

OLIVETTI, D.; CICERELLI, R.; MARTINEZ, J.-M.; ALMEIDA, T.; CASARI, R.; BORGES, H.; ROIG, H. Comparing Unmanned Aerial Multispectral and Hyperspectral Imagery for Harmful Algal Bloom Monitoring in Artificial Ponds Used for Fish Farming. **Drones**, 7, 410, 2023.

OLIVETTI, D.; ROIG, H. L.; MARTINEZ, J.-M.; FERREIRA, A. M. R; MARINHO, R. R.; MINCATO, R. L.; MARTINS, E. S. P. R. Inland Water Quality Monitoring Using Airborne Small Cameras: Enhancing Suspended Sediment Retrieval and Mitigating Sun Glint Effects. **Drones**, 9, 3, 2025.

OLIVETTI, D.; ROIG, H. L.; MARTINEZ, J.-M. USO DE PLATAFORMA AEROTRANSPOTADA POR DRONES NO MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUAS INTERIORES – REALIDADE, DESAFIOS E PERSPECTIVAS. In: ANAIS DO XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2025, Salvador. **Anais eletrônicos...**, Galoá, 2025. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2025/trabalhos/uso-de-plataforma-aerotranspotada-por-drones-no-monitoramento-de-qualidade-de-ag?lang=pt-br>> Acesso em: 05 Set. 2025.

OLIVETTI, D.; SANTOS, C. A.; SOARES, A. O.; BRAGA, A. P. B. Uso de Modelo Hidrológico Para Definição de Áreas Prioritárias de Reflorestamento no entorno de um Reservatório de Crise Hídrica. XV Simpósio Brasileiro de Geomorfologia: **Anais**. Natal (RN), 2025.

OLMANSON, L. G.; BREZONIK, P. L.; BAUER, M. E. Remote Sensing for Regional Lake Water Quality Assesment: Capabilities and Limitations of Current and Upcoming Satellite Systems. In: YOUNOS, T; PARECE, T. E. **Advances in Watershed Science and Assessment, The Handbook of Environmental Chemistry**. Switzerland, Springer International Publishing, v. 33, p. 111–140, 2015.

PAN, Y.; BÉLANGER, S.; HOUT, Y. Evaluation of Atmospheric Correction Algorithms over Lakes for High-Resolution Multispectral Imagery: Implications of Adjacency Effect. **Remote Sensing**, 14, 13, 2022.

PEREIRA, R. C.; LATUF, M. O.; CANAVEZ, P. L.; PAMPLIN, P. A. Z.; MARTINS, G. F. L.; SILVA, P. R. S.; BERALDO, D. C.; DE, M. D. A. S. Diagnóstico preliminar da eutrofização no reservatório de Furnas no entorno de Alfenas / MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 20. (SBSR), 2023, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2023. p. e156482. Internet. ISBN 978-65-89159-04-9. IBI: <8JMKD3MGP6W34M/4936K7E>. Disponível em: <<http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP6W34M/4936K7E>>.

PINHEIRO, P. L. **Uso Do Solo E Suas Relações Com a Qualidade Da Água Em Locais De Implantação De Parques Aquícolas no Reservatório De Furnas (MG)**. Dissertação: Mestrado, UFSJ p. 96, 2019.

RUDDICK, K.G.; DE CAUWER, V.; PARK, Y.-J.; MOORE, G. Seaborne measurements of near infrared water-leaving reflectance: The similarity spectrum for turbid waters. **Limnol. Oceanogr.** 51, 1167–1179, 2006.

SIBANDA, M.; MUTANGA, O.; CHIMONYO, V. G. P.; et al. Correction: Sibanda et al. Application of Drone Technologies in Surface Water Resources Monitoring and Assessment: A Systematic Review of Progress, Challenges, and Opportunities in the Global South (Drones 2021, 5, 84). **Drones**, v. 6, n. 5, p. 1–21, 2022.

YAO, H.; Qin, R.; Chen, X. Unmanned Aerial Vehicle for Remote Sensing Applications - A Review. **Remote Sensing**, 11, 1–22, 2019

ZHU, W. et al. An assessment of remote sensing algorithms for colored dissolved organic matter in complex freshwater environments. **Remote Sensing of Environment**, v. 140, p. 766–778, 2014.