



Estado do Paraná

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

**ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA DO SENSORIAMENTO REMOTO DE MACRÓFITAS
AQUÁTICAS EM RESERVATÓRIOS**

MÁLAGA MONTEIRO BASTOS DE FARIA SOUTTO-MAYOR DA MOTTA

Toledo – Paraná – Brasil

2024



Estado do Paraná

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCA

**ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA DO SENSORIAMENTO REMOTO DE MACRÓFITAS
AQUÁTICAS EM RESERVATÓRIOS**

MÁLAGA MONTEIRO BASTOS DE FARIA SOUTTO-MAYOR DA MOTTA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste/Campus Toledo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Gilmar Baumgartner

JANEIRO/2024

Toledo – PR

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO	7
3 MATERIAIS E MÉTODOS	10
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
5 CONCLUSÃO	15
REFERÊNCIAS	15

RESUMO

MOTTA, M. B. DE F. S. M. DA. ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA DO SENSORIAMENTO REMOTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM RESERVATÓRIOS

O principal objetivo deste estudo foi efetuar a análise cienciométrica do uso do sensoriamento remoto na avaliação das macrófitas aquáticas em reservatórios. Para esta análise, foram pesquisados artigos científicos publicados em meio eletrônico. A pesquisa teve-se aos bancos de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e SCOPUS. As palavras-chave que conduziram o estudo foram: macrófitas; sensoriamento remoto; reservatório. Foram adotados como critérios de inclusão: (i) artigos científicos completos, publicados em português, inglês e espanhol; (ii) artigos científicos que contivessem as palavras-chaves. Os critérios de exclusão foram: (i) artigos científicos incompletos, publicados em outros idiomas, diferentes do português, inglês e espanhol; (ii) artigos científicos que não contivessem as 3 palavras-chave. A escassez de estudos sobre o sensoriamento remoto das macrófitas em reservatórios, nas bases de dados consultadas, fez com que a pesquisa fosse ampliada, abrangendo a palavra-chave: plantas aquáticas. Foram encontrados 20 artigos científicos, todavia no momento da seleção para a análise cienciométrica optou-se por doze artigos publicados entre 1999 e 2020, com o hiato entre os anos 2000 e 2007. Como resultado observou-se que todos os artigos constantes desta análise usaram como método de monitoramento de plantas aquáticas o sensoriamento remoto, sendo que 75% deles buscavam monitorar o crescimento e as características (principalmente as espécies) das macrófitas, com o fim de elaborar estratégias para conter o crescimento exagerado da planta que, por conseguinte pode comprometer a qualidade da água ou as práticas da pesca e navegação. Um estudo também usou o monitoramento para identificar a profundidade das macrófitas submersas e 16% dos artigos se limitaram a descrever as características das metodologias existentes para monitorar este tipo de vegetação. Com a pouca quantidade de artigos específicos, e tendo em vista a especificidade do comportamento de macrófitas aquáticas em reservatórios, ficou evidente a necessidade de produção de mais estudos que busquem ser mais assertivos nas avaliações.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Macrófitas. Reservatório. Análise cienciométrica.

ABSTRACT

MOTTA, M. B. DE F. S. M. DA. SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF REMOTE SENSING OF AQUATIC MACROPHYTES IN RESERVOIRS

The main objective of this study was to carry out a scientometric analysis of the use of remote sensing to determine aquatic macrophytes in reservoirs. For this review, scientific articles published in electronic media were researched. The search was limited to the Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), Scientific Electronic Library Online (SCIELO) and SCOPUS databases. The keywords used in the study were: macrophytes; remote sensing; reservoir. The inclusion criterion was: (i) complete scientific articles published in Portuguese, English and Spanish; (ii) scientific articles containing the keywords. The exclusion criteria were: (i) incomplete scientific articles, published in languages other than Portuguese, English and Spanish; (ii) scientific articles that did not contain the 3 keywords. The scarcity of studies on remote sensing of macrophytes in reservoirs in the databases consulted led to the search being expanded to include the keyword: aquatic plants. Twenty scientific articles were found, but at the time of selection for the scientometric analysis, twelve articles published between 1999 and 2020 were chosen, with a gap between 2000 and 2007. As a result, all the articles in this analysis used remote sensing as a method of monitoring aquatic plants, 75% of which sought to monitor the growth and characteristics (mainly the species) of macrophytes in order to develop strategies to contain excessive plant growth, which could therefore compromise water quality or fishing and navigation practices. One study also used monitoring to identify the depth of submerged macrophytes and 16% of the articles limited themselves to describing the characteristics of existing methodologies for monitoring this type of vegetation. With the small number of specific articles, and in view of the specific nature of the behavior of aquatic macrophytes in reservoirs, there is a clear need to produce more studies that focus on more assertive measurements.

Keywords: Remote sensing. Macrophytes. Reservoir. Scientometric analysis.

1 INTRODUÇÃO

As transformações do meio ambiente decorrentes da exploração antrópica dos recursos naturais trazem o desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos, criando o ambiente favorável para o desenvolvimento de macrófitas aquáticas. A presença desta vegetação sugere a ocorrência de agentes poluidores na água, o que denota que quando a quantidade desta planta é excessiva, sua proliferação, além de causar eutrofização dos corpos d'água, tende também a diminuir o uso potencial de um reservatório, comprometendo a navegação, a pesca e a prática de esportes náuticos (MARTINS et al., 2009).

No entanto, as macrófitas são um dos principais componentes dos ambientes de água doce, sendo que contribuem para ampliar os padrões de biodiversidade, sobretudo no que tange à riqueza de espécies e à composição das comunidades (ROCHA et al., 2019).

Literalmente, o termo macrófita significa grande planta (macro = grande; fita = planta), o que suscita que elas são vegetais aquáticos, visíveis a olho nu, podendo estar total ou parcialmente submersos ou, flutuantes. Estas plantas contêm fotossintetizantes ativos permanentemente, o que denota que desempenham papéis fundamentais na estrutura, bem como na função dos ecossistemas (TAO et al., 2015).

De acordo com Rocha et al. (2019), diversos fatores contribuem para o impacto das macrófitas nas cascatas tróficas, fato que influencia fortemente as teias alimentares aquáticas por meio de mecanismos físicos, químicos e biológicos. Thomaz et al. (2008), explicam que o efeito da arquitetura das macrófitas determina a complexidade do habitat de animais planctônicos e bentônicos, sendo que as formas submersas promovem interações tróficas que beneficiam todo o ecossistema, considerando-se que a sua cobertura contribui para aumentar a transparência da água, já que reduz a ressuspensão do material do fundo.

Rocha et al. (2019), acrescentam que as macrófitas “promovem efeitos top-down pela redução do pastejo dos peixes no zooplâncton, e efeitos bottom-

up pela redução da disponibilidade de nutrientes na coluna d'água e consequentemente controle do crescimento do fitoplâncton”.

Sob esta perspectiva, percebe-se a necessidade da adoção de ferramentas que permitam conhecer o panorama geral da ocupação e dispersão das macrófitas, bem como a identificação do maior número possível de espécies. Dentre estas ferramentas, o sensoriamento remoto vem se mostrando eficaz na espacialização populacional das macrófitas aquáticas (MESQUITA, 2013). Tao et al. (2015), esclarecem que as pesquisas são importantes “para o avanço da ecologia aquática teórica e aplicada e uma etapa essencial para o manejo, planejamento e restauração de ambientes”. Neste contexto, nos últimos anos vêm sendo construída uma ampla gama de indicadores para medir e mapear os resultados obtidos nas atividades científicas e tecnológicas que envolvem esta área de estudo. A pesquisa cienciométrica tem se mostrado uma ferramenta crítica, capaz de identificar lacunas e estratégias para o desenvolvimento da ciência (ROCHA et al., 2019).

Vale destacar a dificuldade no presente estudo de encontrar trabalhos científicos sobre o tema, o que suscita a necessidade da realização de mais estudos, o que, por conseguinte torna esta pesquisa uma oportunidade de contribuir para a ampliação da literatura que abarca a temática. Logo, o principal objetivo deste estudo foi analisar cienciometricamente a utilização do sensoriamento remoto para a avaliação da distribuição e mensuração de áreas com macrófitas aquáticas.

2 REVISÃO

As macrófitas aquáticas são importantes para o meio ambiente, pois contribuem para a ciclagem e estocagem de nutrientes, propiciam a permanência de organismos aquáticos que auxiliam na oxigenação da água e alteram a estrutura espacial dos ecossistemas aquáticos (THOMAZ e ESTEVES, 2011). Muito embora seja um elemento natural importante para a manutenção ambiental, sua presença, prejudica a produção de energia elétrica, pois a capacidade de deslocamento que esse tipo de vegetação tem, pode levar à

obstrução dos equipamentos, uma vez que, flutuando na água, podem se acumular nas turbinas, causando o entupimento das mesmas (ROCHA e MARTINS, 2011).

A vegetação aquática passa a ser considerada como daninha quando seu crescimento acentuado causa problemas para a utilização dos ecossistemas, como navegação, pesca, esportes náuticos, entre outros, surgindo a necessidade de aplicação de métodos de controle ou manejo (MARTINS, et al., 2009).

Muitos são os fatores que afetam a colonização dos reservatórios e estes estão ligados à estrutura dos habitats, cuja heterogeneidade pode ser reduzida ou incrementada após a formação do novo ambiente. Devido ao padrão de flutuação dos níveis de água impostos pelo reservatório, a velocidade da água torna-se menor nestes ambientes e os sedimentos em suspensão, resultam em menor penetração da luz e perda de nutrientes da coluna d'água (CAVENAGHI et al., 2003). A velocidade da água, profundidade, turbidez, concentrações de nutrientes e nível d'água, estão dentre os principais fatores que alteram o habitat das macrófitas aquáticas (THOMAZ e ESTEVES, 2011).

Quando adotamos como parâmetros os problemas causados em reservatórios, a proliferação exagerada dessas plantas acarreta efeitos deletérios, de ordem econômica, estética e ecológica na dependência dos usos desses ambientes lacustres artificiais, quais sejam para geração de energia elétrica, abastecimento público, recreação e lazer, controle de cheias e cultivo de organismos (POMPÊO, 2017). Este mesmo autor ainda ressalta que os bancos de macrófitas aquáticas crescendo sobre as margens ou imediatamente sobre ou sob os primeiros metros da massa de água são, para muitos, um grande transtorno, pois interferem na vida do homem, dificultando, por exemplo, o acesso ao corpo de água.

Em função disso algumas espécies de macrófitas têm seu desenvolvimento favorecido, formando extensas populações, reduzindo assim a turbulência da água, e, como consequência, ocasionando a perda das trocas gasosas entre a água e o ar, além disso, esse crescimento excessivo causa impactos negativos no ambiente, como por exemplo, na operacionalidade de usinas hidrelétricas devido a obstrução de suas turbinas, bem como, a saúde das populações residentes. Assim, tem-se a necessidade do emprego de

métodos para o monitoramento das macrófitas aquáticas quanto a área de ocorrência e sua dinâmica temporal (DA ROSA et al, 2018).

Dessa forma, as comunidades infestantes observadas nos reservatórios de hidrelétricas podem ser bastante diferentes, o que determina a necessidade de adoção de medidas de manejo específicas. Sendo assim, o levantamento das espécies mais frequentes nos reservatórios de hidrelétricas pode auxiliar, tanto na tomada de decisões sobre medidas de manejo, quanto no direcionamento de estudos específicos para cada ambiente (MARTINS, D. et al, 2009). O que torna o levantamento das espécies mais recorrentes nestes reservatórios de grande importância, pois juntamente com os dados de dispersão e ocupação, é que tomadas de decisão referentes ao manejo serão baseadas. A identificação das espécies de plantas aquáticas em um corpo d'água é uma etapa crítica em planos de manejo, uma vez que espécies diferentes respondem de forma diferente a uma determinada ação de controle (TANAKA et al, 2002).

Partindo disto, levantamentos sobre o comportamento destas espécies são de suma importância e precisam ser conduzidos a fim de produzirem dados mais precisos possíveis. Para tanto, é necessário o emprego de ferramentas que possibilitem obter um panorama geral da ocupação e dispersão das macrófitas, bem como a identificação do maior número de espécies possíveis. É relevante ressaltar que o Sensoriamento Remoto se apresenta como uma ferramenta eficaz na espacialização populacional das macrófitas aquáticas (MESQUITA, 2013).

Atualmente, o geoprocessamento de imagens de satélites abertos é uma ferramenta capaz de elucidar alguns pontos no acompanhamento de macrófitas aquáticas, no entanto, é preciso se atentar ao fato de que os processos não são totalmente seguros, vista a dificuldade inerente à levantamentos aquáticos e suas especificidades (SILVA, 1996).

A superfície líquida, diferentemente da sólida como solo e vegetação, por exemplo, sofre com o fluxo de radiação incidente não refletido, proveniente de sua absorção ou transmissão, sendo que, nos comprimentos de ondas visíveis utilizados para mensuração, pouca luz é absorvida, uma fração menor é absorvida ou transmitida, resultando em um forte contraste entre a água e os limites de terra, mas pouca diferença quando analisados elementos submersos (MOREIRA, 2001).

Neste sentido, houveram vários estudos buscando estabelecer a correlação entre a qualidade da água em reservatórios em decorrência de resposta espectral de imagens geradas pelos primeiros sensores orbitais MSS (MultiSpectral Scanner) do satélite Landsat, entretanto, como destaca Novo (1992, p. 308), existem limitações de resolução espectral para análises aquáticas pois a superfície líquida não permite que os componentes óticos sejam identificados com a clareza necessária e constantemente as concentrações de clorofila são confundidas com material orgânico em suspensão. O autor ressalta ainda que, mesmo com o advento de sensores mais modernos e com maior resolução como o TM (Thematic Mapper), a distinção de componentes individuais em meio líquido ainda é um desafio.

Seguindo esta linha, Jensen (2009), enfatiza que, “quando a concentração de clorofila aumenta na coluna d’água, há um significativo decréscimo na quantidade relativa de energia refletida nos comprimentos de onda do azul e do vermelho, mas um aumento na refletância do comprimento de onda do verde”. Em contrapartida, a presença de sólidos suspensos como material orgânico, geram respostas semelhantes no coeficiente de absorção da água, dificultando a correta identificação dos componentes (GALO et. al, 2000).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo consiste em uma revisão de literatura com caráter descritivo, e sob esta perspectiva, Richardson (2017, p. 71), elucida que “[...] os estudos de natureza descritiva propõem-se investigar o “que é”, ou seja, a descobrir as características de um fenômeno como tal”.

Os dados que fundamentaram o estudo foram coletados por meio da análise cienciométrica. Marconi e Lakatos (2021, p. 179), defendem que o objetivo desta pesquisa é “colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado, sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos, por alguma forma, quer publicada, quer gravadas”.

Assim, foram consultados artigos científicos publicados no meio eletrônico. A pesquisa ateu-se aos bancos de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), Scientific Electronic Library Online (SCIELO), e SCOPUS. As palavras-chave que conduziram o estudo foram: macrófitas; sensoriamento remoto; reservatório. Foram adotados como critérios de inclusão: (i) artigos científicos completos, publicados em português, inglês e espanhol; (ii) artigos científicos que contivessem as 3 palavras-chaves. Os critérios de exclusão foram (i) artigos científicos incompletos, publicados em outros idiomas, diferentes do português, inglês e espanhol; (ii) artigos científicos que não contivessem as 3 palavras-chave.

Destaca-se que devido à escassez de artigos científicos que contivessem as palavras-chave (Sensoriamento remoto. Macrófitas. Reservatório), a pesquisa foi ampliada, adicionando-se também: plantas aquáticas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escassez de estudos sobre o sensoriamento remoto das macrófitas, nas bases de dados consultadas, fez com que a pesquisa fosse ampliada, perfazendo um total de 20 artigos científicos, todavia no momento da seleção para a análise cienciométrica optou-se por doze artigos publicados entre 1999 e 2020, com o hiato entre os anos 2000 e 2007.

Assim, se buscou de forma breve a cienciométrica do sensoriamento remoto para o monitoramento da macrófitas. A pesquisa mais antiga identificada nos bancos de dados consultados data de 1999 e foi realizada nos Estados Unidos, por Everett et al. (1999). Esta investigação recaiu sobre a utilização do sensoriamento remoto para detectar e mapear duas espécies de macrófitas (EVERETT et al, 1999). Os pesquisadores puderam por meio do sensoriamento e da análise computadorizada das imagens coletadas quantificar as infestações de aguapé e hydrilla, com uma precisão geral de 87,7%. Com o incremento do GPS, as imagens de vídeo possibilitaram conhecer também as coordenadas de latitude/longitude das infestações (EVERETT et al, 1999).

O estudo realizado por Silva et al. (2008), investigou a eficácia do sensoriamento remoto para monitorar e avaliar as macrófitas, considerando-se a dificuldade para o levantamento de informações sobre esta planta aquática que, em excesso pode comprometer o ecossistema e a qualidade da água. Os autores salientam que, além do monitoramento do crescimento desse tipo de vegetação, o sensoriamento remoto permite identificar, muitas características da planta, por meio de medições de reflectância, como a composição de espécies, a estrutura da vegetação, a biomassa e os seus parâmetros fisiológicos (SILVA, et al., 2008).

Vale destacar que o estudo realizado por Tian et al, em 2010, nos Estados Unidos, embora se trate do sensoriamento remoto hiperespectral (in situ) e multiespectral (imagens por satélite Konos), enquanto tecnologia, o monitoramento não se ateve as macrófitas, uma vez que a ideia era diferenciá-las das algas filamentosas, quanto à composição, extensão e densidade, com vistas a investigar a água. Além disso, o foco do estudo recaiu sobre a qualidade das imagens disponibilizadas pelos dois tipos de sensoriamento, concluindo que os processos são eficazes para as práticas de manejo com o fim de controlar o crescimento destas plantas aquáticas (TIAN, et al., 2010).

Rotta et al. (2012), investigaram o crescimento das macrófitas submersas no rio Uberaba, em Minas Gerais, para isso foi utilizado o sensoriamento remoto hidroacústico (ecobatímetro). As informações obtidas também detectaram a profundidade, altura média das plantas, porcentagem da cobertura vegetal e posição, o que possibilitou rever as práticas de manejo.

A pesquisa realizada por Ward et al. (2012), investigou a eficácia do sensoriamento remoto para monitorar a dinâmica sazonal de inundação, turbidez e cobertura de vegetação aquática para uma bacia hidrográfica de savana do norte da Austrália. Ressalta-se que este estudo não foi direcionado para as macrófitas, todavia como esta vegetação foi detectada pelo sensoriamento devido ao aumento de turbidez da água, vale o registro.

O estudo elaborado por Oyama et al. (2014), foi fundamentado em medições espectrais in situ e análises dos dados obtidos pelo sensoriamento remoto por satélite, que tiveram como fim distinguir as florações de cianobactérias e as macrófitas aquáticas, com vistas a ajudar na navegação de

navios nos rios e lagos do Japão e da Indonésia. Os pesquisadores constataram que o método utilizado foi eficaz para distinguir entre as duas espécies.

A mesma falta de especificidade foi encontrada no estudo realizado por Visser et al. (2015), que investigou o uso do sensoriamento remoto para conhecer e mapear a profundidade de submersão da vegetação aquática em riachos rasos no Reino Unido, incluindo as macrófitas. Os pesquisadores observaram que para cada espécie (incluindo as macrófitas), a proporção de certos comprimentos de onda foi fortemente associada à profundidade.

O estudo realizado por Jia et al. (2016), nos lagos do rio Yangtze, na China, buscou por meio do sensoriamento remoto conter o crescimento exagerado das macrófitas, uma vez que tal crescimento tem comprometido a prática da pesca nos lagos. Para tanto, foi realizado o sensoriamento durante o período entre 1975 e 2012, que evidenciou que as macrófitas cresciam gradativamente no lago inferior e que houve diferença (embora sempre crescente), de um ano para o outro, sendo que a variação do nível da água estava relacionada ao crescimento da vegetação. Nesta perspectiva, os pesquisadores recomendaram “manter os níveis de água do Lago Inferior acima de pelo menos 11,6 m e melhor em 12 m, corte de brotos em junho e julho, com posterior remoção de brotos no outono” (JIA et al., 2016, p. 12).

A pesquisa elaborada por Villa et al. (2017), mapeou as características morfológicas das macrófitas por meio do sensoriamento remoto, deste modo o estudo também buscou identificar a eficiência do sensoriamento para o monitoramento e gerenciamento desta vegetação. A pesquisa foi realizada em um lago raso da Hungria e outro na Itália. Os pesquisadores obtiveram informações sobre a variabilidade espacial e de espécies, bem como foi possível avaliar a absorção de nutrientes pelas plantas aquáticas, permitindo inclusive identificar áreas críticas onde espécies invasoras podem se tornar uma ameaça ao funcionamento do ecossistema e à prestação de serviços.

O estudo realizado por Chander et al. (2018), utilizando o sensoriamento remoto, investigou a possibilidade de monitorar e avaliar as macrófitas, num rio da Tailândia, no tocante à variabilidade espacial e identificando áreas críticas onde espécies invasoras podem trazer problemas para o rio. Os pesquisadores observaram que até 2015, as macrófitas aquáticas representavam menos de 10% da cobertura total da área, mas desde então vêm crescendo chegando a

36% em março de 2018. Tal fato tem preocupado as autoridades locais, pois a vegetação está ameaçando os reservatórios de água usada na cidade. Neste sentido, espera-se continuar com o monitoramento, ao mesmo tempo em que se buscam estratégias para reduzir as macrófitas invasoras.

Stocks et al. (2019, p. 8), investigaram o melhor método para monitorar as macrófitas em rios da Austrália, dentre eles o sensoriamento remoto. Como resultado, os pesquisadores constataram que não existe um método único que possa monitorar as macrófitas, sobre todos os seus aspectos, o que suscita que a escolha do método deverá estar ligada ao objetivo que se quer alcançar. Segundo os autores, as imagens obtidas pelo sensoriamento remoto se mostraram eficientes para monitorar as macrófitas submersas, flutuantes e emergentes. “No entanto, o monitoramento de macrófitas submersas é dependente da turbidez e a verificação do solo é necessária para a discriminação entre as espécies”.

Por fim, o estudo realizado por Bareuther, Klinge e Buerkert (2020), utilizou o sensoriamento remoto para monitorar a quantidade de macrófitas, em dois lagos situados numa das cidades mais populosas da Índia. Esta investigação surgiu da necessidade de monitorar o crescimento exagerado dessas plantas em locais nos quais é realizado o descarte indiscriminado do esgoto da cidade. Os pesquisadores constataram o aumento das macrófitas durante a estação pós-chuvosa. Além disso, foi observado que a expansão da planta decorria do aumento da eutrofização causada pela entrada contínua de águas residuais.

Todos os artigos constantes desta análise usaram como método de monitoramento de plantas aquáticas o sensoriamento remoto, sendo que 75% deles buscavam monitorar o crescimento e as características (principalmente a espécies) das macrófitas, com o fim de elaborar estratégias para conter o crescimento exagerado da planta, fato que pode comprometer a qualidade da água ou as práticas da pesca e da navegação. Um estudo também usou o sensoriamento remoto para identificar a profundidade das macrófitas submersas e 16% dos artigos se limitaram a descrever as características das metodologias existentes para monitorar este tipo de vegetação.

Vale ainda salientar que o presente estudo vai ao encontro da pesquisa realizada por Rocha et al. (2019), que identificou que a América do Sul não

produz pesquisas científicas sobre a temática discutida, fato que causou admiração nos pesquisadores, haja vista a grandiosa bacia hidrográfica presente na região. Embora se tenha percebido que os artigos pesquisados sejam realizados em variadas partes do mundo, os Estados Unidos, seguido da Austrália e da Índia foram os países que mais apresentam estudos nesta área.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destaca-se que outros estudos (além dos doze artigos usados na análise) foram utilizados para apresentar os principais conceitos e o contexto percorrido por esta análise cienciométrica, bem como para fundamentar a metodologia utilizada para a realização do estudo.

Como mencionado, a autora teve dificuldade para localizar estudos que abordassem exatamente o tema aqui discutido. Ressalta-se, neste contexto, que esta análise constatou que entre os doze artigos científicos somente um foi realizado no Brasil, mais precisamente no rio Uberaba, em Minas Gerais, o que denota a necessidade da realização de mais estudos sobre a temática.

REFERÊNCIAS

- BAREUTHER, M.; KLINGE, M.; BUERKERT, A. Spatio-temporal dynamics of algae and macrophyte cover in urban lakes: a remote sensing analysis of bellandur and varthur wetlands in bengaluru, India. **Remote Sens.**, v.12, n. 3843, 2020.
- CAVENAGHI, A. L. et al. Caracterização da qualidade da água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do rio Tietê. **Planta Daninha**, v. 21, p. 43-52, 2003.
- CHANDER, S.; POMPAPALHI, V.; GUJRATI, A.; CHAPLO, N.; PALED, U. D. Growth of invasive aquatic macrophytes over tapi river. **Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XLII, n. 55, p. 829-833, 2018.
- DA ROSA, N. C. et al. Ocorrência de Macrófitas Aquáticas no lado Brasileiro do Reservatório de Itaipu com o Uso de Imagens Sentinel-2a. **Revista Brasileira de Cartografia**, vol. 70, n. 3, julho/setembro, pp. 1113-1134, 2018.
- EVERETT, J. H.; YANG, C.; ESCOBAR, D. E.; WEBSTER, C. F.; LONARD, R. I.; DAVIS, M. R. Using remote sensing and spatial information technologies to detect and map two aquatic macrophytes. **Aquat. Plant Manage**, v. 37, p. 71-80, 1999.
- GALO, M.L.B.T.; NOVO, E. M.L.M. Normalização radiométrica de imagens: um meio de integrar dados multitemporais de Sensoriamento Remoto para monitoramento ambiental. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.1, n.12, p.67-75, 2000.
- JENSEN, J. R. (2009). Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. **Parêntese**, São José dos Campos – SP, p. 598.
- JIA, Q.; CÃO, L.; YESOU, H.; HUBER, C.; FOX, A. Combating aggressive macrophyte encroachment on a typical Yangtze River lake: lessons from a long-term remote sensing study of vegetation. **Aquat Ecol**, p. 1-13, 2016.W
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.
- MARTINS, D. et al. Levantamento da infestação de plantas aquáticas em Porto Primavera antes do enchimento final do reservatório. **Planta Daninha**, v. 27, p. 879-886, 2009.
- MESQUITA, F. D. O.; ALVES, A. D. S.; MALHEIROS, S. M. M.; SILVA, P. C. M. D.; SANTOS, W. D. O.; BATISTA, R. O. **Uso do Sensoriamento Remoto Para Avaliação da Distribuição Espacial e Quantificação de Macrófitas na Barragem Umari–Upanema, RN**. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 9, n. 2, p. 102-109, 2013.

MOREIRA, M. A. (2001). **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicações**. São José dos Campos - SP, INPE, p. 250.

NOVO, E.M.L.M. (1992). **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. n. 2. Editora Edgar Blücher São Paulo - SP, p. 308.

OYAMA, Y.; MATSUSHITA, B.; FUKUSHIMA, T. Distinguishing surface cyanobacterial blooms and aquatic macrophytes using Landsat/TM and ETM+ shortwave infrared bands. **Remote Sensing of Environment**, 2014.

POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros** - São Paulo; Instituto de Biociências da USP, p 5 – 8, 2017.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

ROCHA, C. M. C.; LIMA, D.; CUNHA, M. C. C.; ALMEIDA, J. S. Aquatic macrophytes and trophic interactions: a scientometric analyses and research perspectives. **Brasilian Journal of Biology**, v. 79, n. 4, p. 617-624, 2019.

ROCHA, D. C.; MARTINS, D. **Levantamento de plantas daninhas aquáticas no reservatório de Alagados, Ponta Grossa-PR**. *Planta Daninha*, v. 29, n. 2, p. 237-246, 2011.

ROTTA, L. H. S.; IMAI, N. N.; BATISTA, L. F. A.; BOSCHI, L. S.; GALO, M. L. B. T.; VELINI, E. T. Sensoriamento remoto hidroacústico no mapeamento de macrófitas aquáticas submersas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 229-239, 2012.
sensing. **Freshwater Biology**, v. 55, p. 1658- 1673, 2010.

SILVA, M. L. S. **Aplicações de Sensoriamento Remoto na Distinção de Espécies Vegetais Aquáticas no Reservatório de Tucuruí**. VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 385-386.

SILVA, T. S. F.; COSTA, M. P. F.; MELACK, J. M.; NOVO, E. M. L. Remote sensing of aquatic vegetation: theory and applications. **Environ Monit Assess**, v. 140: p. 131–145, 2008.

STOCKS, J. R.; RODGERS, M. P.; PERA, J. B.; GILLIGAN, D. M. Monitoring aquatic plants: an evaluation of hydroacoustic, on-site digitising and airborne remote sensing techniques. **Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst**, v. 420, a. 27, p. 1-9, 2019.

TANAKA, R. H. et al. **Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Companhia Energética de São Paulo**. *Planta Daninha*, v. 20, p. 101-111, 2002.

TAO, J.; CHE, R.; HE, D.; YAN, Y.; SUI, X.; CHEN, Y. Tendências e possíveis precauções na pesquisa da cadeia alimentar a partir de uma análise bibliométrica. **Scientometrics**, v. 105, n. 1, p. 435-444, 2015.

THOMAZ, S. M.; ESTEVES, F. de A. Comunidades de Macrófitas aquáticas. In: ESTEVES, F. A. (Coord.). **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Intercedência, v. 3, 2011. pp. 461–521, 2011.

THOMAZ, S.; DIBLLE, E. D.; EVANGELISTA, L. R.; HIGUTI, J.; BINI, L. M. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. **Freshwater Biology**, v. 53, n. 2 p. 358-367, 2008

TIAN, Y.Q.; YU, Q.; ZIMMERMAN, M.J.; FLINT, S.; WALDRON, M.C. **Differentiating aquatic plant communities in a eutrophic river using hyperspectral and multispectral remote sensing**. **Freshwater Biol.** 2010, 55, 1658–1673.

VILLA, P.; PINARDI, M.; VIKTOR, R. R.; CAÇADOR, P.; PAGNI, R. B.; BRESCIANI, M. Remote sensing of macrophyte morphological traits: Implications for the management of shallow lakes. **J. Limnol.**, v. 76, n. 1, p. 109-126, 2017.

VISSER, F.; BUIS, K.; VERSCHOREN, V.; MEIRE, P. Depth estimation of submerged aquatic vegetation in clear water streams using low-altitude optical remote sensing. **Sensores**, v. 15, p. 25287-25312, 2015.

WARD, D. P.; HAMILTON, S. K.; JARDINE, T. D.; PETTIT, N. E.; TEWS, E. K.; OLLEY, J. M.; BUN, S. M. Assessing the seasonal dynamics of inundation, turbidity, and aquatic vegetation in the Australian wet–dry tropics using optical remote sensing. **Ecohydrol**, p. 1-12, 2012.