



USO DE GEOTECNOLOGIAS REMOTAS NO MAPEAMENTO DE ÁREAS AQUÍCOLAS

USE OF REMOTE GEOTECHNOLOGIES IN MAPPING AQUACULTURE AREAS

Breno José Sousa Portela^{1*}, José Benigno Viana Portela², Everton Silva Santos³, Jucivam Ribeiro Lopes⁴ & Jadson Pinheiro Santos⁵

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará - UFC

^{2,3,5}Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

⁴Núcleo de Geotecnologia Ambiental, Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

*e-mail: breno_portela@live.com

Recebido em 29/03/2022 - Publicado em 20/07/2022

RESUMO A utilização de tecnologia remota atualmente pode ajudar no desenvolvimento de estudos considerando as peculiaridades de cada ambiente, como a atividade de piscicultura. Com a elevação da demanda por peixes nos últimos anos, tem sido observada a expansão das áreas produtivas de pisciculturas tendo como consequência uma maior ocupação territorial, na maioria das vezes, de forma desorganizada. O presente trabalho teve como objetivo mapear as áreas piscícolas no município de Santa Inês, Estado do Maranhão. Para a identificação das áreas ocupadas por pisciculturas foi utilizado o Método da Fotointerpretação e seus elementos de reconhecimento através dos seguintes softwares: *Spring*, *QGis*, *Google Earth Pro* e *Arcview*. Para validar as informações, foram realizadas visitas in loco em pisciculturas de acordo com os pontos identificados com uso dos softwares. De acordo com os dados obtidos, o município de Santa Inês – MA apresentou uma evolução na ocupação territorial das áreas piscícolas, saindo de 22,99 hectares no ano de 2003 para 46,84 hectares em 2011, 126,95 hectares em 2015 e 141,86 hectares em 2017, com maior expansão na ocupação territorial no período de 2011 a 2015 (171%), sendo que 81,25% das áreas mapeadas estão concentradas em um raio de 3 km da sede municipal. As pisciculturas no município de Santa Inês corresponderam a apenas 0,24% da área total do município. A confecção e análise de mapas temáticos da ocupação territorial da piscicultura pode auxiliar na gestão das áreas encontradas e na tomada de decisões para futuras instalações aquícolas.

Palavras-chave: estado do Maranhão, aquicultura, espacialização, georreferenciamento, piscicultura

ABSTRACT The use of remote technology can currently help in the development of studies considering the peculiarities of each environment, such as fish farming. With the increase in demand for fish in recent years, the expansion of productive areas of fish farms has been observed, resulting in greater territorial occupation, most of the time, in a disorganized way. The present work aimed to map the fish areas in the municipality of Santa Inês, Maranhão State. To identify the areas occupied by fish farms, the Photointerpretation Method and its recognition elements were used through the following software: *Spring*, *QGis*, *Google Earth Pro* and *Arcview*. To validate the information, on-site visits were carried out in fish farms according to the points identified using the software. According to the data obtained, the municipality of Santa Inês - MA showed an evolution in the territorial occupation of fish areas, from 22.99 hectares in 2003 to 46.84 hectares in 2011, 126.95 hectares in 2015 and 141.86 hectares in 2017, with greater expansion in territorial occupation in the period from 2011 to 2015 (171%), with 81.25% of the mapped areas concentrated within a radius of 3 km from the municipal headquarters. Fish farms in the municipality of Santa Inês corresponded to only 0.24% of the total area of the municipality. The preparation and analysis of thematic maps of the territorial occupation of fish farming can help in the management of the areas found and in the decision-making for future aquaculture facilities.

Key words: Maranhão State, aquaculture, spatialization, georeferencing; fish farm.

Introdução

A produção de pescado no mundo tem aumentado ano após ano com grandes incrementos provenientes da atividade de aquicultura. Em 2018 a produção global aquícola (incluindo plantas aquáticas) foi de 82,1 milhões de toneladas, o que representou cerca de 46% do total de pescado produzido no mundo (FAO, 2020). No ano de 2021, a aquicultura foi responsável por uma produção de 841 mil toneladas de peixes no Brasil, com aumento relativo de 4,7% em relação ao ano anterior que foi na base de 802.930 t (Peixe BR, 2022), acima do incremento mundial apresentado no relatório *the State of the World Fisheries and Aquaculture* - Sofia da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação – FAO (FAO, 2020).

Liderado pela produção da tilápia com 63,5% (534.005 t) do total de peixes produzidos no Brasil a partir da piscicultura, a produção nacional avançou significativamente desde meados da década de 1990, com o aumento constante do consumo de pescados no mercado interno com limitação das importações e maior inserção no comércio internacional (Schulter & Vieira-Filho, 2017). Essa rápida expansão da aquicultura no Brasil e no mundo vem de encontro a necessidade de se elevar a produção de pescado, influenciada principalmente pelo aumento da demanda por proteína animal de boa qualidade, além da estagnação da atividade pesqueira pela sobre-exploração dos estoques naturais (Siqueira, 2017). Para atender a necessidade de incremento na produção aquícola, observou-se também uma maior ocupação territorial por áreas utilizadas como ambientes de cultivo de organismos aquáticos (Nomura, 2010).

Apesar de se observar a grande expansão territorial das áreas aquícolas, não existem informações adequadas que acompanhem essa rápida expansão de modo a possibilitar um melhor gerenciamento do setor por região do território nacional (municípios e estados). Para determinar a evolução histórica das áreas de produção com objetivo de melhor gerenciar a ocupação territorial de atividades produtivas, softwares conhecidos como geotecnologias têm sido utilizados com uma maior frequência nos últimos anos. Segundo as definições propostas por Rosa (2005), esses softwares são classificados como “o agrupamento de ferramentas e técnicas que auxiliam na extração, processamento e análise de dados através de softwares de sistemas de informações geográficas, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia”.

Nesse contexto, em virtude da necessidade de se delimitar a ocupação territorial pelos múltiplos usos na ocupação do solo, o objetivo do presente trabalho foi mapear e estimar as áreas aquícolas direcionadas ao cultivo de peixes no município de Santa Inês, Maranhão.

Material e Métodos

A pesquisa inicialmente foi realizada no Núcleo Geoambiental – Nugeo, da Universidade Estadual do Maranhão - Uema, onde foi trabalhada toda a parte de identificação e delimitação das possíveis áreas aquícolas com a utilização de *softwares* (*Spring*, *QGis desktop*, *Google Earth Pro*), a partir de imagens de satélites disponíveis gratuitamente online referentes a extensão territorial do município de Santa Inês, estado do Maranhão, uma das cidades polos da piscicultura no estado (Figura 1).

Após escolha do local do estudo, as áreas aquícolas foram delimitadas com o auxílio da análise das imagens por fotointerpretação, sendo considerados os seguintes elementos: forma, cor, textura e contexto, para posteriormente se realizar uma melhor estimativa das áreas aquícolas em quatro períodos distintos: 2003, 2011, 2015 e 2017. A partir da identificação e delimitação das áreas, foram criados polígonos para compor o mapa preliminar com base na fotointerpretação, através do *software Google Earth Pro*, e os dados posteriormente analisados com auxílio do *software QGIS Desktop* versão 2.14.22 e a construção do banco de dados no *Spring* versão 4.3.3.

O banco de dados geográficos (BDG) com as informações da área de estudo foi criado através dos Planos de Informações (PIs) (2003, 2011, 2015 e 2017), com posterior confecção dos mapas temáticos inserindo informações complementares (Figuras 2a, 2b, 2c e 2d) como: limite municipal (IBGE, 2017), estradas (Dnit, 2013), solos (Embrapa, 1986), hipsometria (SRTM, 2000) e drenagem (MMA, 2012) (Figura 2).

Para confecção dos mapas, foi utilizada uma escala geográfica: 1:50.000, com o sistema de Projeção WGS84. O BDG foi definido entre as coordenadas Long. 1: W 45° 39' 27.00"; Long. 2: W 45° 13' 25.00"; Lat. 1: S 4° 7' 51.00" e Lat. 2: S 3° 33' 57.00" (Figura 2).



Figura 1. Divisão política administrativa do município de Santa Inês, estado do Maranhão (IBGE, 2017 (Adaptado do Google Earth Pro).

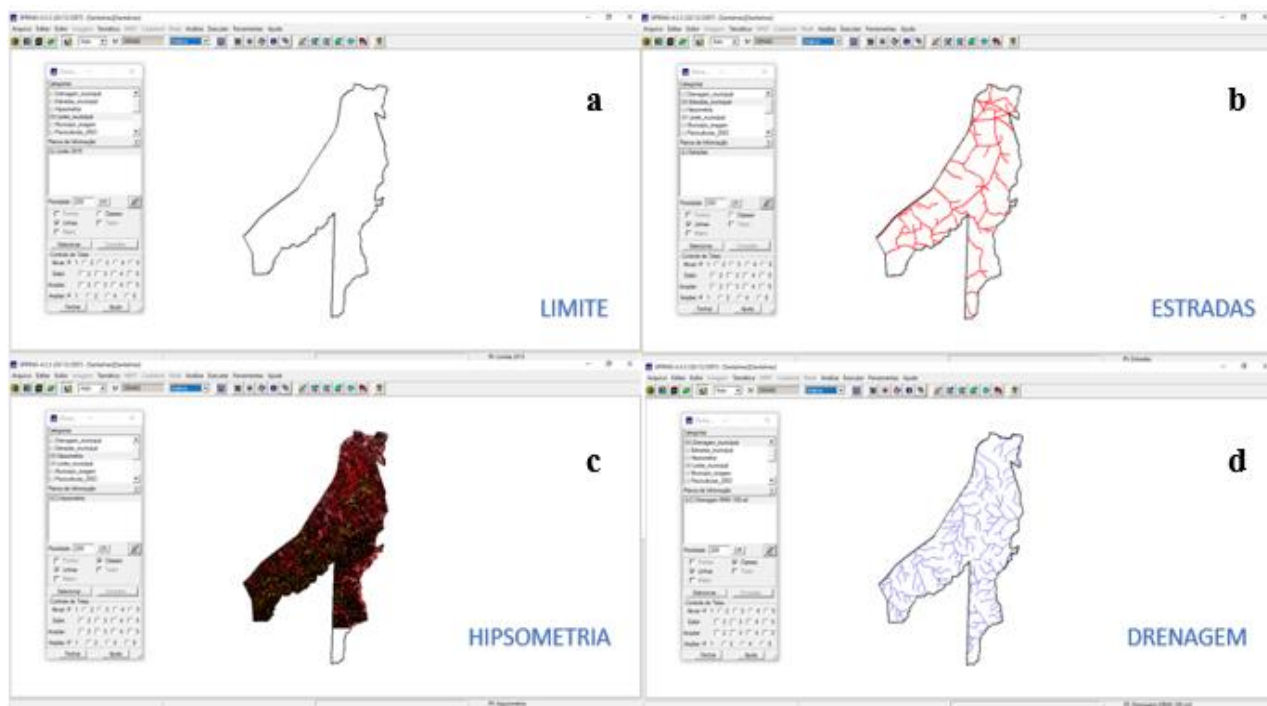


Figura 2. Bases de dados importados do município de Santa Inês, estado do Maranhão: a) limite municipal (IBGE, 2017), b) estradas (Dnit, 2013), c) hipsometria (SRTM, 2000) e d) drenagem (MMA, 2012) (Adaptados pelos autores).

A validação da metodologia foi realizada a partir da visita in loco em propriedades aquícolas selecionadas de forma aleatória com o objetivo de possibilitar uma melhor adequação dos elementos selecionados para classificar as áreas aquícolas. As coordenadas de cada uma das propriedades foram acompanhadas com uso receptor de GPS modelo “GPSmap 76CSx”, possibilitando a confirmação das análises feitas com foco nas pisciculturas do município.

Os resultados foram apresentados a partir da organização e das análises de dados, confrontando-se as informações obtidas em laboratório com a utilização de softwares de geoprocessamento e com as informações obtidas nas visitas de campo, para uma melhor caracterização das áreas piscícolas e validação da metodologia.

Resultados e Discussão

O município de Santa Inês apresentou uma evolução na ocupação territorial das áreas piscícolas, saindo de 22,99 hectares no ano de 2003 para 46,84 hectares em 2011, 126,95 hectares em 2015 e 141,86 hectares em 2017. A utilização de mapas na aquicultura tem sido trabalhada em outros estudos para avaliação da potencialidade de algumas espécies ou áreas como: mapa de potencial para a maricultura (Collaço *et al.*, 2015), definição de áreas propícias para o desenvolvimento da carcinicultura marinha em viveiros escavados, na região do baixo estuário da Lagoa dos Patos, sul do Brasil (Freitas, 2015) e potencial da aquicultura no baixo São João, estado do Rio de Janeiro (Völcke, 2008). No entanto, além de possibilitar a geração dos mapas temáticos de identificação das áreas piscícolas (Figura 3, Figura 4, Figura 5 e Figura 6), o presente estudo possibilitou também a visualização da evolução das áreas piscícolas, cujo estudo pode ser considerado pioneiro no estado do Maranhão.

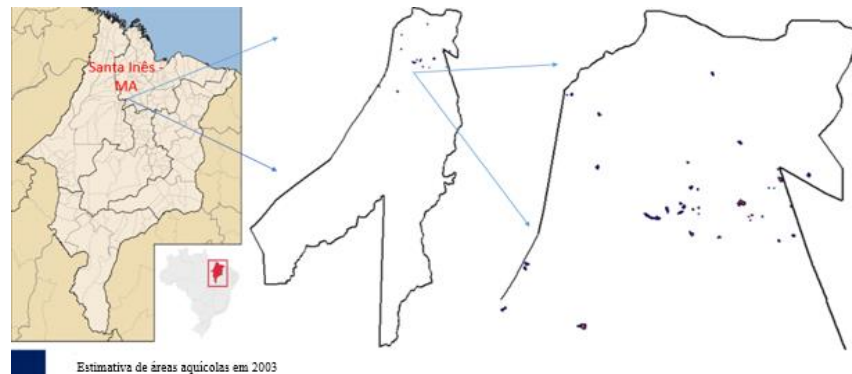


Figura 3. Estimativa de áreas aquícolas em 2003 no município de Santa Inês, estado do Maranhão.

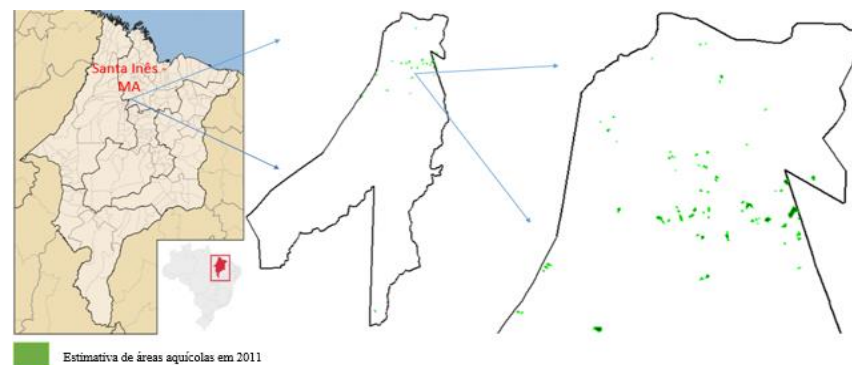


Figura 4. Estimativa de áreas aquícolas em 2011 no município de Santa Inês, estado do Maranhão.

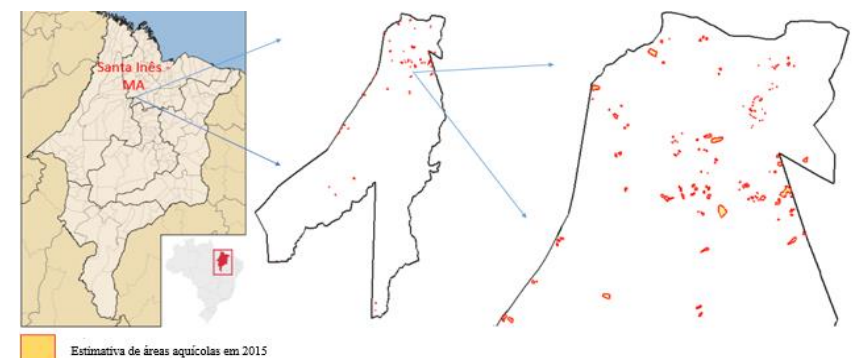


Figura 5. Estimativa de áreas aquícolas em 2015 no município de Santa Inês, estado do Maranhão.

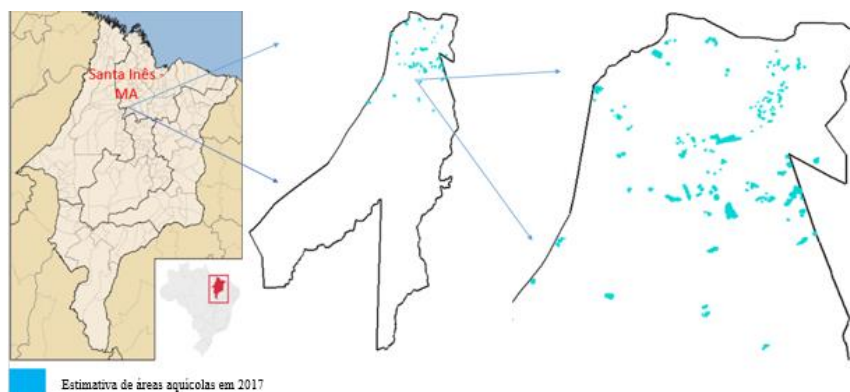


Figura 6. Estimativa de áreas aquícolas em 2017 no município de Santa Inês, estado do Maranhão.

O período compreendido entre os anos 2011 e 2015, observou-se a maior expansão na ocupação territorial (171%) calculado através da variação percentual ano/hectare, visto que o consequente aumento produtivo da piscicultura (126%) saindo de 6 t no ano de 2013 para 147 t em 2016, coincidiu com a criação do Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA, que ocorreu em 2010, além disso, muitas propriedades piscícolas na região foram assistidas pelo Sebrae - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas através de cursos e assistência técnica. Com as políticas de fomento trabalhadas pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) e aplicadas no estado pela Secretária de Pesca e Aquicultura do Maranhão (Sepaq/MA), a atividade de piscicultura foi alavancada, vindo a reduzir o crescimento após o ano de 2015 com a extinção do MPA, coincidindo com o período de menor expansão da ocupação territorial das áreas piscícolas.

Ao todo, foi possível visitar 16 produtores na visita *in loco*, observou-se que as áreas piscícolas apresentaram tamanho médio de 20,12 hectares de área total da propriedade e 3,78 hectares de áreas piscícolas utilizados para piscicultura. Contudo a Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993 determina que a classificação do tamanho de uma propriedade rural deve ser caracterizada pelo seu módulo fiscal rural onde cada município possui o seu, no caso do município de Santa Inês, seu módulo fiscal é de 60 hectares. Com isso, pode-se observar que as pisciculturas no município de Santa Inês possuem área menor do que um (1) módulo fiscal.

As propriedades visitadas para validação da metodologia destinavam-se ao cultivo de peixes, não sendo identificado em documentos e trabalhos científicos registros de cultivo de outras espécies de organismos aquáticos. Foi possível observar que 81,25% das áreas aquícolas estão concentradas em um raio de 3 km da sede municipal, principalmente pelo fato de possuírem melhores vias de acesso para escoamento da produção. Além disso, a estimativa de área ocupada (Figura 7) pela piscicultura no município de Santa Inês correspondeu a apenas 0,24% da área total do município, demonstrando que, apesar da grande importância sócio econômica da atividade para o município, ocupa uma área muito pequena.

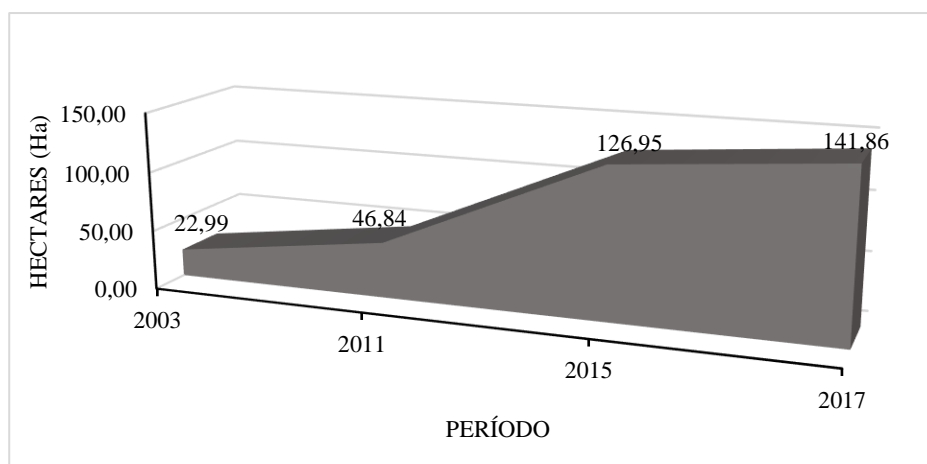


Figura 7. Evolução da estimativa das áreas aquícolas no município de Santa Inês, estado do Maranhão.

A divisão por ano e por área aquícola teve um papel fundamental na organização espaço-temporal, com visualização na escala 1:50.000, o que possibilitou uma melhor interpretação do trabalho. Viel *et al.* (2013), ao analisarem a identificação da distribuição espacial das nascentes de rios do município de Monte Belo do Sul – RS através do uso de geotecnologias, observaram que a imagem disponibilizada pelo *software Google Earth* foi segmentada em 90 partes distintas. Essa divisão foi operacionalizada na seção de visualização do *software QGis* em uma escala fixa de 1:10.000, proporcionando uma melhor visualização. Já Prina *et al.* (2011), fizeram uma análise ambiental urbana com o uso de imagens Google Earth utilizando com maior eficiência a mesma escala do presente trabalho (1:50.000), no entanto, o datum utilizado pelos autores foi a base do Sirgas 2000, diferente do datum utilizado no presente trabalho (WGS84S).

O uso do *software Google Earth Pro*, disponível em versão gratuita na internet, foi importante para a identificação e interpretação das áreas aquícolas por apresentar boa definição das imagens de satélite. Collaço *et al.* (2015) utilizaram o mesmo programa para a identificação de trapiches, rampas e portos, com o objetivo de definir áreas mais propícias para o cultivo de ostras em Cananeia – SP. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2015) utilizou imagens do Google Earth para a criação do Manual Técnico para Seleção de Áreas Aquícolas em Águas da União. As geotecnologias têm sido utilizadas com êxito também para detalhamento interno de propriedades rurais (Palmeira, 2011) e para análise ambiental urbana (Prina *et al.*, 2011), demonstrando uma evolução nas técnicas e ferramentas disponíveis de forma gratuita para a avaliação de atividades potenciais em regiões diferentes, mas com um formato padronizado e objetivo de análise.

Conclusões

Os mapas temáticos gerados mostram claramente a expansão territorial a partir das estimativas das áreas aquícolas utilizadas para piscicultura no município de Santa Inês. Dessa forma, o mapeamento de áreas aquícolas mostrou-se viável para identificar, interpretar e estimar ocupação territorial de áreas destinadas a atividade numa determinada região com uso de geotecnologias livres. Vale ressaltar que, as estimativas a partir das geotecnologias remotas disponíveis em plataformas online não substituem integralmente os levantamentos realizados com uso de equipamentos específicos para georreferenciamento de áreas, mas podem ser de grande importância para subsidiar a elaboração dos Planos de uso e ocupação do solo nos municípios.

Referências

- Brasil. Decreto 243, 28 de fevereiro de 1967. Fixa as diretrizes e bases da cartografia brasileira. Disponível em www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/De10243.htm.
- Brasil. Lei nº 8.629, 25 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no capítulo III, título VII, da constituição federal. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18629.htm.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2012). *Hidrologia do estado do Maranhão*. Disponível em https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Plano_Nacional-de-Recursos-Hidricos.pdf.
- Collaço, F.L, Sartor, S.M & Barbieria, E. (2015). Uso do geoprocessamento para definição de áreas para o cultivo de ostras na região estuarina de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 15 (2), p. 193-207.
- Dnit - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2013). *Mapa multimodal Maranhão*. Disponível em <https://bibliotecadigital.seplan.planejamento.gov.br/bitstream/handle/iditem/294/MA.pdf?sequence=10&isAllowed=y>.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1986). Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do estado do Maranhão. Disponível em <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/336095>.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2015). *Manual técnico para seleção de áreas aquícolas em águas da união indicando a seleção de áreas aquícolas em águas da união*. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138825/1/CNPASA-2015-doc20.pdf>

- FAO (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. Sustainability in action. Rome. Disponível em <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.
- Freitas, R.R. (2015). Geoprocessamento aplicado na carcinicultura marinha em São José do Norte. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 15(2):209-222. Disponível em <http://repositorio.furg.br/handle/1/5620>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). *Limite municipal do município de Santa Inês*. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/santa-ines.html>.
- Nomura, I. (2010). O futuro da pesca e da aquicultura marinha no mundo. *Revista Ciências do Mar*.62 (3). Disponível em <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v62n3/a12v62n3.pdf>.
- Palmeira, A.N. (2011). *Uso de geotecnologias para detalhamento interno de propriedades rurais*. [Relatório de estágio] São Gabriel-RS, Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Florestal.
- Peixe BR - Associação Brasileira da Piscicultura. (2022). *Anuário Peixe BR da piscicultura em 2021*. São Paulo. 2022. Disponível em <https://www.peixebr.com.br/anuario2022>.
- Prina, B. Z, Schio, L, Miranda, S. I. D & Monguilhott, M. (2011). Análise ambiental urbana com uso de imagens do google earth. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, Brasil, 3805, 2011p. Disponível em <http://mart.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.01.18.17/doc/p1526.pdf>.
- Rosa, R. (2005). Geotechnologies on applied geographie. *Revista do Departamento de Geografia*, 16: 81-90. Disponível em: http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_16/Roberto_Rosa.pdf.
- Schulter, E.P & Vieira-Filho, J.E.R. (2017). *Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia*. Rio de Janeiro. Ipea: textos para discussão. Disponível em http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8043/1/td_2328.pdf.
- Sebrae - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (2016). *Criando modelo de negócios sustentáveis: Piscicultura*. Cartilha.
- SRTM - Shuttle Radar Topography Mission (2000). *Brasil em relevo, hipsometria estado do Maranhão*. Disponível em <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/srtm>.
- Siqueira, T.V. (2017). *Aquicultura: A nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável*. IPEA: boletim regional, urbano e ambiental. Disponível em http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8142/1/BRU_n17_Aquicultura.pdf.
- Viel, J.A, Arruda D.C, Berreta, M. S.R, Fantin, M.L, Farias, A.R & Hoff, R. (2013). Geotecnologias e aprendizagem espacial em ambiente educacional: o mapeamento de nascentes utilizando técnicas de geoprocessamento por meio de softwares livres. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82536/1/VIEL-XVI-SBSR-2013.pdf>.
- Völcker, C.M., Scott, P. (2008). SIG e sensoriamento remoto para a determinação do potencial da aquicultura no Baixo São João - RJ. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão* 3 (3). Disponível em <https://doi.org/10.7177/sg.2008.SGV3N3A3>.