



MAPEAMENTO DE UNIDADES DE PRODUÇÃO AQUÍCOLA NO ESTADO DE MATO GROSSO USANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Henrique Valsecchi **Carlsen**¹; Lucíola Alves **Magalhães**²; André Rodrigo **Farias**³;
Marcelo Fernando **Fonseca**⁴

Nº 19508

RESUMO – A aquicultura é uma atividade econômica de ampla dispersão no território nacional e apresenta relevância crescente para diversas economias regionais no País, sobretudo nos últimos anos. No entanto, a atividade ainda carece de informações consolidadas sobre o setor produtivo, principalmente no que se refere à localização e dimensão de viveiros escavados. Assim, este trabalho tem como objetivo o mapeamento das unidades de produção aquícola no estado de Mato Grosso, o qual apresenta uma das maiores produções aquícolas do Brasil, utilizando imagens de satélite, ferramentas de geoprocessamento e o índice espectral NDWI. A área de estudo foi determinada a partir da identificação de 17 municípios mato-grossenses que, avaliados conjuntamente, respondem por 76% da produção aquícola do estado. Foram utilizadas 37 cenas do satélite Sentinel 2, de janeiro a julho de 2018, visando localizar, de forma semiautomática a partir do índice NDWI, áreas associadas à presença de água. Tais áreas foram posteriormente analisadas para identificação e mapeamento de viveiros escavados usando técnicas de interpretação visual. Os resultados indicam 815 unidades de produção aquícola mapeadas, cada qual com número diferenciado de viveiros escavados, com área total de 4.807 hectares. A utilização de índice espectral NDWI associada à interpretação visual de imagens de satélite demonstrou ser uma técnica eficaz para mapeamento preliminar dessas estruturas, com redução significativa de custos envolvidos e de tempo de execução.

Palavras-chaves: aquicultura, geoprocessamento, índice espectral NDWI.

1 Autor, Estagiário Embrapa: Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, PUCC, Campinas-SP; henrique.carlsen@colaborador.embrapa.br.

2 Orientadora, Analista da Embrapa Territorial, Campinas-SP; luciola.magalhaes@embrapa.br.

3 Colaborador, Analista da Embrapa Territorial, Campinas-SP; andre.farias@embrapa.br.

4 Colaborador, Analista da Embrapa Territorial, Campinas-SP; marcelo.fonseca@embrapa.br.



ABSTRACT – *Aquaculture is a widespread economic activity in the Brazilian territory, and its relevance to the country's regional economies has been increasing, especially over the last years. However, there is still a lack of solid information on aquaculture, especially on the location and dimension of excavated fish ponds. Thus, in this study we aimed to map aquaculture production units within the state of Mato Grosso, which features one of the highest aquaculture production indices in Brazil, by using satellite images, geoprocessing tools and the NDWI spectral index. The study area was defined based on the 17 cities in Mato Grosso which produce together 76% of the state's aquaculture. We used 37 scenes captured by the Sentinel 2 satellite, from January to July 2018, with the aim of semiautomatically locating, using the NDWI index, areas featuring water. These areas were then analyzed, so that excavated fish ponds could be identified and mapped using visual interpretation techniques. Our results mapped 815 aquaculture production units, each one featuring a different number of excavated ponds, in an area of 4,807 hectares. The association between NDWI spectral index and visual interpretation of satellite images was an efficient method for obtaining a preliminary mapping of these structures, and yielded a significant reduction in the costs and the speed of the process.*

Keywords: aquaculture, geoprocessing, NDWI spectral index.

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é a atividade econômica baseada no cultivo de organismos aquáticos, geralmente em um espaço confinado e controlado (Embrapa Pesca e Aquicultura, 2012). Segundo Barros et al. (2011), a aquicultura é praticada em todos os estados da Federação brasileira e apresenta grande potencial produtivo e econômico, diferenciando-se em relação às espécies, aos sistemas de produção e volumes produzidos. Ainda que apresente ampla dispersão no território nacional e relevância crescente para a economia do País, sobretudo nos últimos anos, a aquicultura ainda carece de informações consolidadas sobre o setor produtivo, principalmente no que se refere à localização e dimensão de viveiros escavados (Carlsen et al., 2019).



Com o aumento constante da população mundial e a consequente demanda por alimentos, a aquicultura tem apresentado vertiginoso avanço nos patamares de produção mundial, assumindo importância cada vez maior no panorama internacional do abastecimento alimentar. Entre seus principais aspectos, pode-se citar a utilização de técnicas e estruturas artificiais (Andrade; Yasui, 2013). No Brasil, a maior parte das atividades aquícolas é praticada em fazendas comuns, essas dotadas de represas ou açudes, permitindo o armazenamento de água para a operacionalização das atividades de manejo. Entre 2013 e 2017, o Brasil registrou produção média de 547.032 toneladas anuais, com destaque para Rondônia, Paraná, Santa Catarina, São Paulo, Ceará e Mato Grosso como principais estados produtores.

Este trabalho teve como objetivo mapear as unidades de produção aquícolas no estado de Mato Grosso, visando subsidiar o planejamento e desenvolvimento de políticas públicas voltadas à aquicultura. Foram contempladas como unidades de produção aquícola o conjunto de viveiros escavados, estruturas artificiais utilizadas para a exploração econômica de diversas espécies de peixes e demais organismos aquáticos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A fim de definir os estados da Federação brasileira que apresentam maior relevância para a atividade aquícola, foram obtidos, por meio da Plataforma Sidra¹ do IBGE, dados da quantidade de produção por município (em quilogramas) oriundos da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) de 2016. Nesse conjunto de dados, a produção de alevinos foi desconsiderada, porque apresenta características produtivas específicas e unidade de medida diferenciada (milheiros). As principais espécies contempladas nos dados são jatuarana, piabanha, piracanjuba, matrinxã, pacu, patinga, piau, piapara, piauçu, piava, pintado, cachara, cachapira, pintachara, surubim, tambacu, tambatinga e tambaqui.

Esse conjunto de dados foi ordenado a partir da soma da produção de todos os municípios com registro de aquicultura, visando identificar os estados com maior

¹ Sistema IBGE de Recuperação Automática.



participação nessa atividade econômica e que ainda não tinham sido objeto de análise por parte do projeto de pesquisa² (Tabela 1).

Tabela 1. Produção total da aquicultura no Brasil no ano de 2016 por unidade da Federação.

Ordem	Unidade federativa	Produção (kg)	Ordem	Unidade federativa	Produção (kg)
1º	Rondônia	90.636.090	15º	Piauí	11.947.318
2º	Paraná	76.216.321	16º	Roraima	10.473.270
3º	Santa Catarina	55.316.497	17º	Tocantins	9.544.222
4º	São Paulo	48.459.852	18º	Pernambuco	8.825.438
5º	Ceará	42.802.348	19º	Mato Grosso do Sul	6.891.245
6º	Mato Grosso	40.411.720	20º	Sergipe	5.441.485
7º	Minas Gerais	32.811.486	21º	Espírito Santo	5.362.701
8º	Maranhão	24.587.629	22º	Alagoas	4.745.487
9º	Rio Grande do Norte	17.046.415	23º	Acre	4.417.533
10º	Goiás	15.471.502	24º	Paraíba	3.024.370
11º	Rio Grande do Sul	14.689.248	25º	Rio de Janeiro	1.494.939
12º	Bahia	13.573.867	26º	Distrito Federal	1.065.964
13º	Pará	13.010.915	27º	Amapá	685.854
14º	Amazonas	12.199.182	Total	Brasil	571.152.898

Desse modo, o estado de Mato Grosso foi selecionado como objeto do mapeamento de aquicultura por sua produção de 40.411.720 kg no ano de 2016, que o classifica como o 6º estado produtor no Brasil.

Visando avaliar a distribuição territorial da aquicultura de Mato Grosso, foi calculada a participação relativa de cada município em comparação à produção aquícola total do estado. Uma vez definidas as suas contribuições individuais, os municípios foram ordenados segundo o critério decrescente de participação relativa, o que possibilitou mensurar a quantidade acumulada para esse conjunto de dados. Visando estimar a concentração espacial do volume produzido por município, os valores de produção foram divididos em quartéis. As distribuições em quartéis são técnicas estatísticas para representação dos conjuntos denominados G25, G50, G75 e G100. O grupo 25 (G25) representa as unidades territoriais (nesta análise, municípios) que reúnem pelo menos 25% do total (neste caso, da produção aquícola); o grupo 50 (G50) é suficiente para reunir 50% do volume total; e o grupo 75 (G75) identifica o conjunto de municípios que, juntos, representam 75% do total produzido (Embrapa Territorial, 2018).

² Projeto de pesquisa “Ações estruturantes e inovação para o fortalecimento das cadeias produtivas da Aquicultura no Brasil – BRS Aqua” que prevê, dentre outras atividades, o mapeamento de unidades de produção aquícola em todo o território nacional.

No caso da aquicultura de Mato Grosso, apenas 17 municípios são suficientes para reunir aproximadamente 76% da produção anual em 2016 (Figura 1), o que demonstra a concentração espacial da produção aquícola registrada no estado. Considerando essa concentração e a significativa extensão territorial a ser avaliada, foi utilizado como recorte da área de estudo o G75 como critério para definição da área de abrangência do mapeamento.

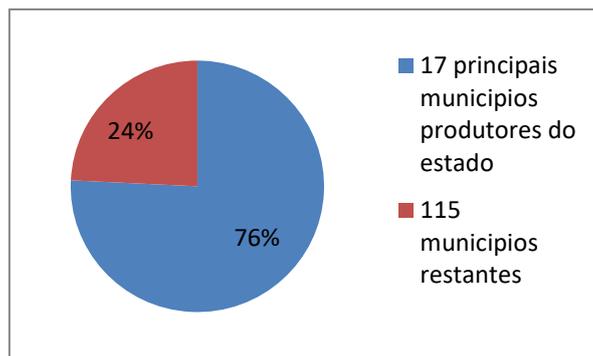


Figura 1. Distribuição da produção aquícola municipal de Mato Grosso.
Fonte: IBGE (2016).

A partir dessa definição, foi feita a busca de imagens orbitais dos satélites Sentinel 2A e Sentinel 2B, para apoiar o mapeamento das unidades de produção aquícola. A escolha por esse tipo de cena decorre da resolução espacial de 10 m, que favorece o reconhecimento de estruturas de pequeno porte ao mesmo tempo que possibilita o mapeamento de áreas extensas, em função de sua área de cobertura, da resolução espectral adequada aos objetivos do trabalho, com cobertura das faixas espectrais do verde (*green*) e infravermelho próximo (*NIR*), e por fim, de sua disponibilização gratuita em servidores dedicados.

A seleção de cenas foi feita a partir do site EarthExplorer para o período de janeiro a julho de 2018, visando garantir uniformidade temporal em relação ao mapeamento e considerando aquelas cenas que apresentavam menor cobertura de nuvens. Ao todo, para garantir a plena cobertura dos 17 municípios que compõem a área de estudo, foram utilizadas 37 cenas Sentinel de diferentes datas.

Todas as cenas da área de abrangência do estudo foram reunidas em arquivo único a partir da ferramenta *Mosaic to New Raster* e foram posteriormente recortadas de acordo com os limites municipais a partir da ferramenta *Clip* (Figura 2), ambas disponíveis no software ArcGIS 10.6 :

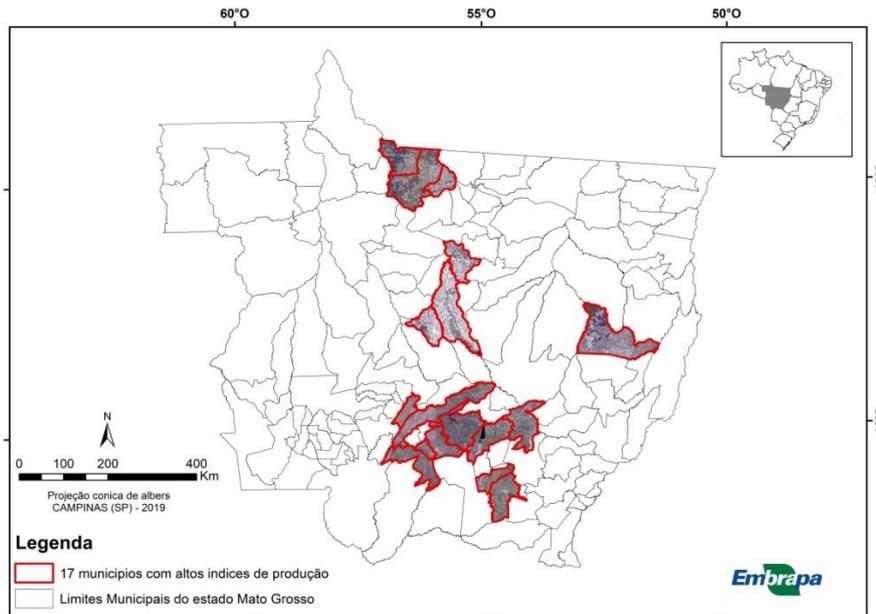


Figura 2. Mosaico de cenas do satélite Sentinel 2A-B para o grupo G75 da produção aquícola em 2016 no estado de Mato Grosso.
 Fonte: United States Geological Survey (2019).

Para evidenciar apenas as áreas da superfície terrestre com presença de água e, portanto, indicativas da localização de viveiros escavados utilizados para aquicultura, foi calculado o índice espectral índice de diferença normalizada da água (*Normalized Difference Water Index*, NDWI) para toda a área de estudo. Segundo Rodrigues et al. (2017), o NDWI permite ressaltar acumulações hídricas e minimizar o restante dos alvos da superfície, operando por meio de bandas vinculadas a esse índice, no caso a banda do infravermelho próximo (NIR) e a banda do verde (*green*).

O cálculo do índice NDWI foi feito a partir da ferramenta *Raster Calculator* do software ArcGIS 10.6, cuja principal função é permitir operações algébricas entre arquivos do tipo *raster*. Os valores do índice variam de -1 a 1 e expressam o resultado da Equação 1.

$$NDWI = \frac{(Verde - Infravermelho\ próximo)}{(Verde + Infravermelho\ próximo)} \quad (1)$$

A partir do arquivo *raster* gerado pela aplicação do índice NDWI, é possível filtrar apenas as feições de interesse para o mapeamento, isto é, todas aquelas áreas da superfície terrestre com comportamento espectral característico de corpos d'água, que, no caso do NDWI, expressam valores acima de 0 e majoritariamente entre 0,4 e 0,6. Essas áreas, destacadas em vermelho, são apresentadas na Figura 3.

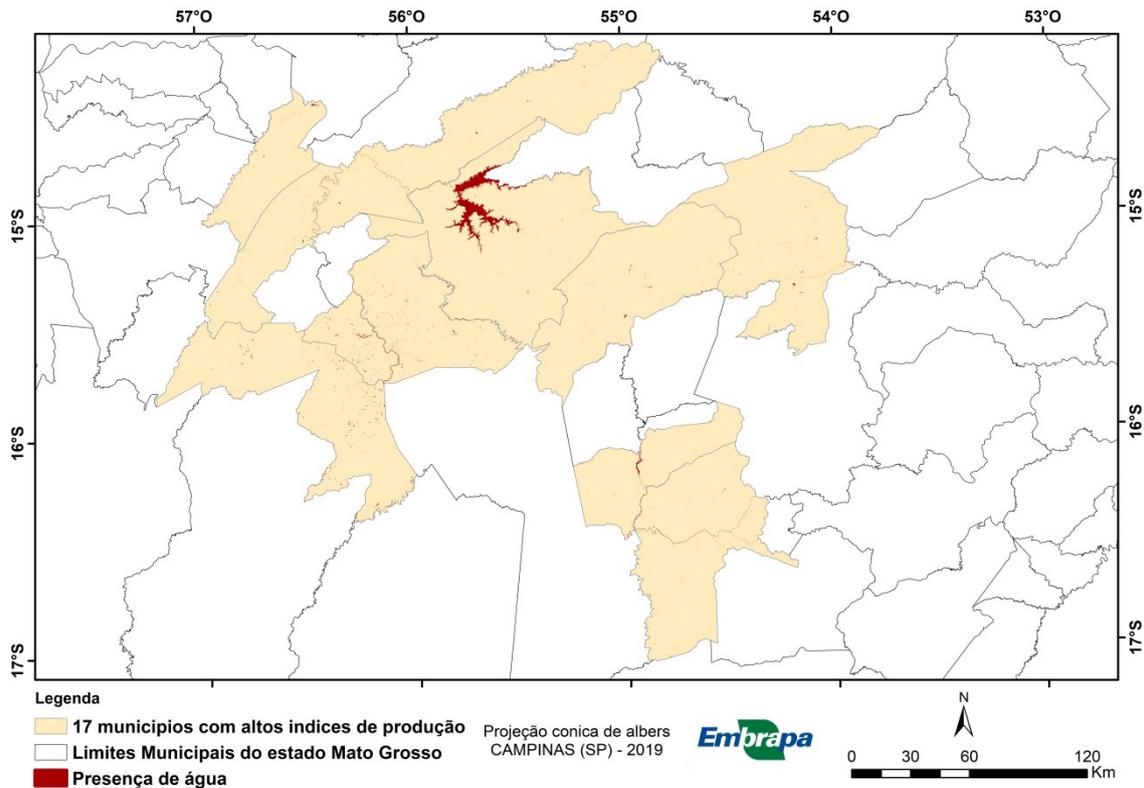


Figura 3. Aplicação do método NDWI na área de interesse.

Embora o NDWI seja útil para a identificação de corpos d'água, outros alvos com comportamentos espectrais similares, como telhados escuros de prédios e residências ou mesmo áreas de sombras em imagens de satélite, também são identificados nessa varredura. Desse modo, a fim de identificar e mapear de forma acurada as unidades de produção aquícola, foi empregada uma validação dos dados obtidos por classificação automática a partir de interpretação visual das cenas. A organização e operacionalização dessa validação, por sua vez, ocorreu a partir da construção de uma grade de inspeção (Figura 4), gerada a partir da ferramenta *Create Fishnet* do software ArcGIS 10.6, com tamanho total de 4 km², o que resultou em 23.330 quadrículas em toda a área de abrangência do estudo.

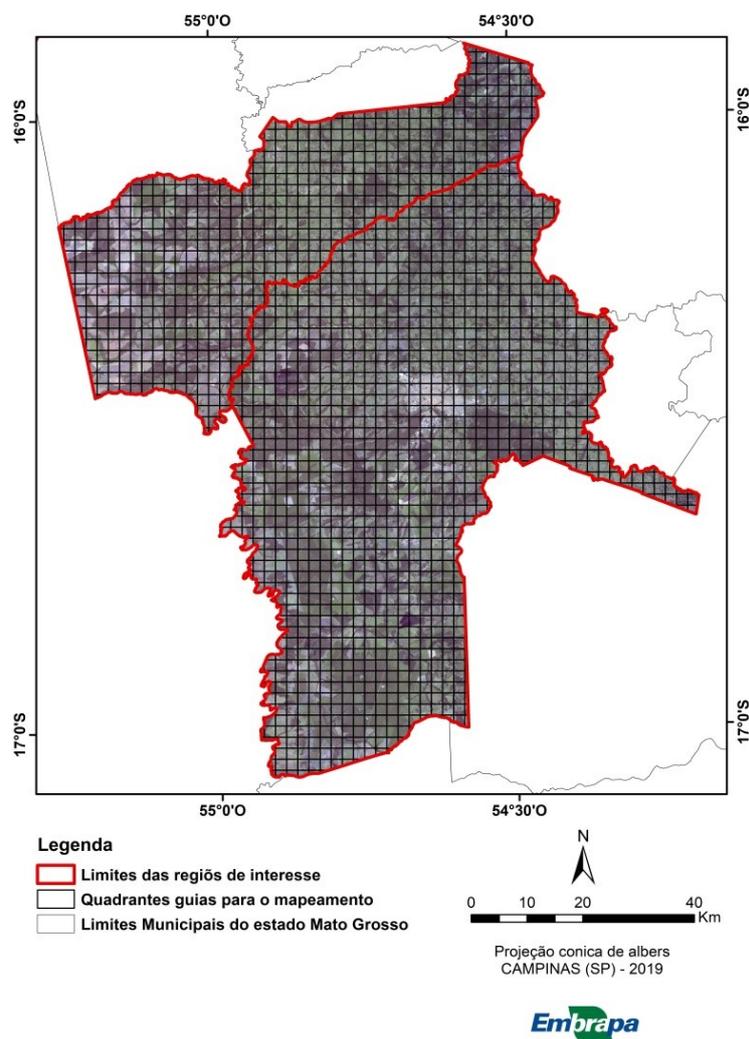


Figura 4. Grade de inspeção para interpretação visual das feições identificadas pelo índice NDWI e mapeamento dos viveiros escavados (exemplo ao Sul da área de estudo).

A combinação entre o produto obtido automaticamente por meio do índice NDWI e a grade de inspeção (Figura 4) permitiu a vetorização das unidades de produção aquícola conforme apresentadas nas Figuras 5 e 6. Tais unidades apresentam características peculiares, que indicam ações antrópicas, bem como formas geométricas regulares.



Figura 5. Exemplo de unidade de produção identificado pelo índice NDWI.



Figura 6. Exemplo de vetorização na unidade identificada.

O processo de vetorização, a partir dessa sistemática, foi replicado em toda a área de abrangência dos 17 municípios pré-selecionados, com a discriminação da área ocupada e a quantidade de unidades aquícolas identificadas por município.

Concluído o mapeamento, foram comparados os valores absolutos das áreas identificadas nas imagens de satélite com os registros de produção obtidos por meio da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) do IBGE, para análise da correspondência existente entre os dois conjuntos de dados. É importante ressaltar, no entanto, as limitações dessa correlação, uma vez que: a) apenas a produção, e não a área de unidades de produção aquícola, é registrada no levantamento do IBGE; b) a produção identificada pelo IBGE pode ser originada de outros sistemas de produção que não os viveiros escavados, como sistemas de produção a partir de tanques-rede; c) a divergência temporal entre o mapeamento, cujo ano base é primeiro semestre de 2018, e o registro de dados do IBGE, que refere-se ao ano de 2016; d) apenas a área ocupada por viveiros é mapeada, mas não o volume da lâmina d'água, o que pode interferir nos resultados de comparação. Ainda que a análise de correspondência apresente tais considerações, esta abordagem é relevante no sentido de contribuir com uma validação cruzada dos dados obtidos por imagens de satélite, não eliminando, entretanto, a necessidade de outros recursos, como aqueles relacionados, por exemplo, a levantamentos de campo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento identificou 815 unidades de produção nos 17 maiores produtores do estado de Mato Grosso, com área ocupada de 4.807 hectares e segundo a distribuição territorial apresentada na Figura 7.

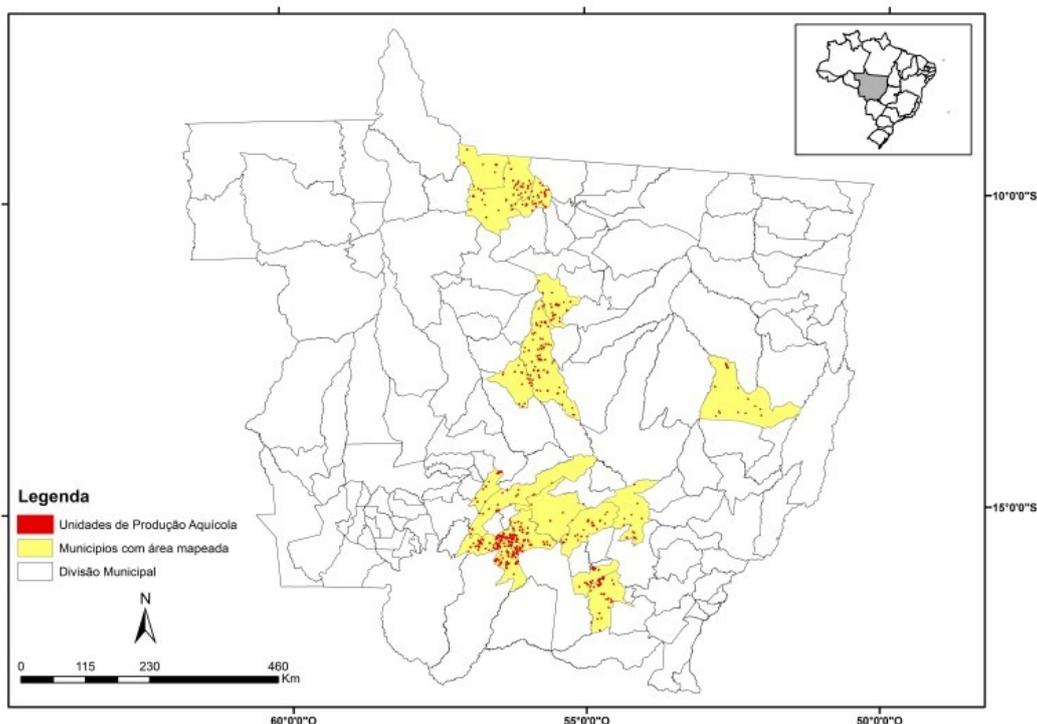


Figura 7. Unidades de produção aquícola mapeadas nos municípios que integram o G75 (2016) da produção aquícola do estado de Mato Grosso.

A comparação entre os resultados do mapeamento e os dados estatísticos de produção registrados está representada graficamente na Figura 8 e disposta na Tabela 2. Nota-se que, para parte dos municípios, há correspondência entre os dados do levantamento sistemático do IBGE e a área mapeada por meio de imagens de satélites.

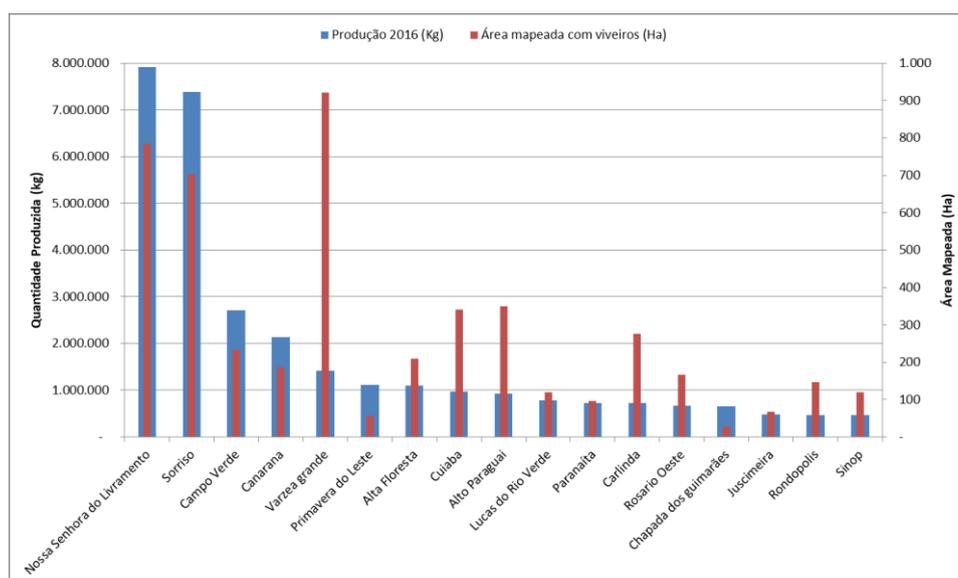


Figura 8. Relação entre produção aquícola municipal registrada na Pesquisa Pecuária Municipal (PAM) e área de unidades aquícolas mapeadas nos 17 municípios selecionados do MT.



Tabela 2. Comparação entre produção aquícola em 2016 com a área ocupada pelos viveiros escavados em MT.

Ranking de produção 2016	Nº de unidades de produção	Município	Produção (kg)	Produção (% relativa do estado)	Área do município (ha)	Área ocupada com viveiros escavados (ha)	Relação entre área mapeada e área total mapeada (% relativa)	Relação entre área mapeada e área total mapeada (% acumulada)
5º	134	Várzea Grande	1.412.907	4,61	104.840,19	922,15	19,18	19,18
1º	144	Nossa Senhora do Livramento	7.916.000	25,84	493.471,31	785,04	16,33	35,51
2º	91	Sorriso	7.387.178	24,12	934.755,56	702,39	14,61	50,13
9º	14	Alto Paraguai	923.351	3,01	184.481,66	349,90	7,28	57,40
8º	74	Cuiabá	964.795	3,15	329.353,71	341,48	7,10	64,51
12º	37	Carlinda	720.000	2,35	241.614,41	275,71	5,74	70,24
3º	28	Campo Verde	2.708.396	8,84	476.864,02	232,43	4,84	75,08
7º	52	Alta Floresta	1.097.000	3,58	895.325,21	209,42	4,36	79,44
4º	18	Canarana	2.135.300	6,97	1.088.237,88	185,58	3,86	83,30
13º	28	Rosário Oeste	663.659	2,17	741.962,95	166,40	3,46	86,76
16º	80	Rondonópolis	474.451	1,55	468.662,15	147,29	3,06	89,82
17º	23	Sinop	470.000	1,53	394.195,83	120,40	2,50	92,33
10º	16	Lucas do Rio Verde	780.000	2,55	367.522,13	119,40	2,48	94,81
11º	10	Paranaíta	727.000	2,37	479.601,28	96,95	2,02	96,83
15º	31	Juscimeira	477.560	1,56	229.353,87	67,04	1,39	98,22
6º	18	Primavera do Leste	1.119.666	3,66	548.206,54	57,54	1,20	99,42
14º	17	Chapada dos Guimarães	655.190	2,14	661.178,53	27,95	0,58	100,00
Total	815		30.632.453		8.639.627,22	4.807,06	100,00	

As discrepâncias observadas em alguns municípios, como Várzea Grande, Cuiabá, Alto Paraguai e Carlinda, podem estar associadas à existência de outros sistemas de produção na área desses municípios, como aqueles que utilizam tanques-rede em cursos d'água, ou, ainda, a diferenças de espécies exploradas e a volumes de água distintos.



4. CONCLUSÃO

A identificação e o mapeamento de áreas destinadas à atividade aquícola em viveiros escavados em Mato Grosso mostra-se relevante, na medida em que atende demanda do setor por informações.

O método NDWI serve auxilia na identificação das unidades de produção aquícolas, uma vez que localiza com eficiência os corpos hídricos na superfície, proporcionando agilidade no encadeamento da vetorização por interpretação visual para grandes áreas produtoras.

Há muito a ser desenvolvido no setor de produção aquícola, desde validações de campo até a estruturação de bases de dados de cadeias produtivas e políticas públicas.

5. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. R.; YASUI, G. S. O manejo da reprodução natural e artificial e sua importância na produção de peixes no Brasil. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, v. 27, n. 2, p. 1667-172, 2003.
- BARROS, A. F.; MARTINS, M. I. E. G.; SOUZA, O. M. Caracterização da piscicultura na microrregião da Baixada Cuiabana, Mato Grosso, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, n. 3, p. 261 – 273, 2011.
- CARLSEN, H. V.; FARIAS, A. R.; FONSECA, M. F.; MAGALHÃES, L. A. Mapeamento de viveiros escavados no estado de Rondônia por meio de imagens orbitais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2019. p. 1-5.
- EMBRAPA PESCA E AQUICULTURA. **Pesca e aquicultura**. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-pesca-e-aquicultura/nota-tecnica>>. Acesso em: 7 maio 2019.
- EMBRAPA TERRITORIAL. **Análise da produção agropecuária**. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/macrologistica/como-fizemos/analise-da-producao>>. Acesso em: 27 maio 2019.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). **Pesquisa Pecuária Municipal**. 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 06 abr. 2019.
- RODRIGUES, W. B.; MORAIS, F.; PASCHOAL, L. G. Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI) calculado para estações chuvosas e secas na bacia do Córrego Barreiro, Lagoa da Confusão – TO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 18., 2017, Campinas – SP. **Anais...** São Paulo: Unicamp, 2017. p. 1-10.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **EarthExplorer** – home. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 7 maio 2019.