

# EVOLUÇÃO DO USO E COBERTURA DAS TERRAS UTILIZANDO PRODUTOS DO MAPBIOMAS (1986-2021): O CASO DA SUB-BACIA NO ALTO RIO DO ITAPECURU, MARANHÃO

*Itallo Dirceu Costa Silva<sup>1</sup>, Juliana Sales dos Santos<sup>2</sup>, André Luís Silva Santos<sup>3</sup>, José Teixeira Filho<sup>4</sup>*

<sup>1,4</sup> Laboratório de Hidrologia – FEAGRI/UNICAMP, Avenida Cândido Rondon, 501 - Cidade Universitária, Campinas – SP, 13083-875, i208291@dac.unicamp.br; <sup>2</sup> Faculdade de Ciências – Universidade do Porto, Porto, 4169-007, up202204295@up.pt; <sup>3</sup> Instituto Federal do Maranhão – IFMA, Avenida Getúlio Vargas, 04 Monte Castelo, São Luís – MA, 65030-005, andresantos@ifma.edu.br

## RESUMO

O estudo dos processos ocorridos ao longo dos anos, em áreas de bacias hidrográficas, é importante para auxiliar no monitoramento e planejamento sustentável. Com isso, o sensoriamento remoto tem sido eficiente para esse tipo de monitoramento. O objetivo desse artigo é avaliar a evolução do uso e ocupação das terras na sub-bacia do alto rio Itapecuru, no Maranhão. Utilizou-se dados históricos disponibilizados pelo MapBiomass, dentre os anos de 1986, 1996, 2006, 2016 e 2021. Os dados utilizados foram mosaicos anuais de cenas Landsat, com resolução espacial de 30 m baseados na coleção 7 para reclassificação. Os resultados demonstraram que as áreas agrícolas aumentaram significativamente na parte sul da sub-bacia – em relação às demais classes. Ao mesmo tempo que as áreas de Formação Natural sofreram redução, dentre o período de 1986 a 2021. Essa pesquisa, permitirá elaborar, planejar e tomar decisões mais sustentáveis quanto os uso e ocupação das terras.

**Palavras-chave** — Agricultura, Mudança de Uso e Cobertura da Terra, Landsat, Bacia Hidrográfica.

## ABSTRACT

The study of the processes that occurred over the years, in areas of hydrographic basins, is important to assist in monitoring and sustainable planning. Thus, remote sensing has been efficient for this type of monitoring. The objective of this article is to evaluate the evolution of land use and occupation in the upper Itapecuru river sub-basin, in Maranhão. Historical data provided by MapBiomass was used, between the years 1986, 1996, 2006, 2016 and 2021. The data used were annual mosaics of Landsat scenes, with a spatial resolution of 30 m based on collection 7 for reclassification. The results showed that agricultural areas increased significantly in the southern part of the sub-basin – in relation to the other classes. At the same time that the Natural Formation areas suffered a reduction, between the period from 1986 to 2021. This research will allow the elaboration, planning and making more sustainable decisions regarding the use and occupation of lands.

**Key words** — Agriculture, Land Use Change and Land Cover, Landsat, River Basin.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta umas das maiores biodiversidades do mundo, devido à sua cobertura da terra com a presença de diferentes biomas [10]. Dentre eles, destacam-se: o Cerrado, Amazônia, Pantanal, Pampa e Caatinga. Isso apresenta muita importância para melhorar a capacidade de estoque de carbono, tanto nos solos e em florestas, que contribuem com as reservas de águas doces superficiais e subterrâneas [1], [6], [13]. No entanto, nos últimos anos, o Brasil vem sofrendo transformações na cobertura das terras, devido às práticas humanas como o desmatamento, a expansão agrícola e cultivo de pastagens, que afetam o ciclo hidrológico, o carbono, clima e a biodiversidade [14]. Esses processos têm ocorrido de forma intensa em várias partes do país, em especial no Estado do Maranhão. Por esses motivos, o país está entre os mais influenciadores das mudanças de usos das terras, em que apresentam alto potencial de emissões de gases de efeito estufa [9]. No Maranhão, esta realidade não está diferente, pois o Estado tem passado por constante evolução quanto à essas práticas de manejos das terras.

Diante dessa abordagem, o conhecimento da cobertura das terras evoluiu ao mesmo tempo que as tecnologias foram avançando, em que uma delas destaca-se o sensoriamento remoto, que possui vantagens para monitorar extensas áreas e seus manejos. E mais recentemente, surgiu o Google Earth Engine (GEE) e a plataforma MapBiomass, que tem sido utilizado para apoiar em estudos sobre o mapeamento do uso das terras, que fornecem dados orbitais online com eficiência [11], [12]. Dessa maneira, é fundamental o uso de mapas para caracterizar a evolução das mudanças de uso das terras ao longo dos anos. Uma pesquisa desenvolvida por [9], avaliaram a mudança do uso das terras e o estoque de carbono em área de bacia hidrográfica, utilizando dados de sensoriamento remoto e estimaram a perda do armazenamento e o aumento da emissão de carbono, causados pelo desmatamento e atividades agropecuárias. Com isso, o desmatamento, a expansão agrícola assim como das áreas de pastagens passa a ser uma preocupação constante dos pesquisadores na busca de conhecimento científico sobre o impacto das alterações do uso das terras e, principalmente, as mudanças do regime hidrológico das bacias hidrográficas no Estado do Maranhão. Assim, o objetivo desse artigo é

avaliar a evolução do uso e ocupação das terras, com ênfase na conversão das terras para o cultivo agrícola, na sub-bacia do alto rio Itapecuru, no Maranhão.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo corresponde à sub-bacia localizada na bacia do alto rio do Itapecuru, no Estado do Maranhão. Esta área encontra-se na principal fronteira agrícola no Cerrado do país, em que reúne os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia - o MATOPIBA [7]. A área compreende 8 municípios, sendo eles: Mirador, Sucupira do Norte, Pastos Bons, São Domingos do Azeitão, São Félix de Balsas, Loreto, São Raimundo das Mangabeiras e Sambaíba, configurando um total de quase 6010 km<sup>2</sup> conforme a Figura 1. A região é caracterizada pela influência dos climas do semiáridos aos úmidos do Nordeste à Amazônia [3]. A precipitação média anual pode variar de 1.200 a 1.400 mm, sendo o período chuvoso entre outubro a abril e o período menos chuvosos entre junho a setembro [4]. A vegetação da região é caracterizada por formações savânicas e florestas de cerrado [1].

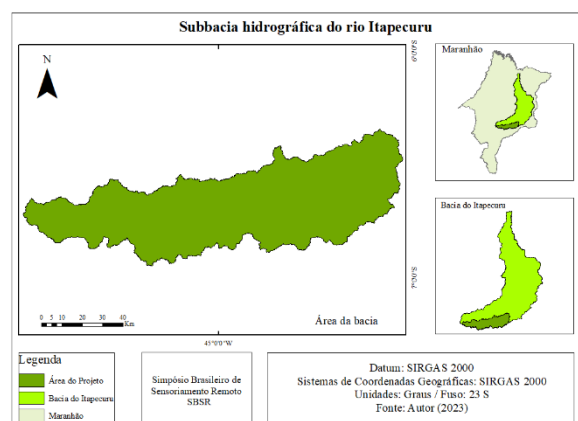


Figura 1. Localização da sub-bacia hidrográfica do alto rio Itapecuru, no Maranhão.

### 2.2. Mapeamento de Uso e Cobertura das Terras – MAPBIOMAS

A iniciativa do Mapeamento Anual de Uso e Cobertura do Solo - MapBiomas (<https://mapbiomas.org>), foi desenvolvida para mapear séries anuais do uso e cobertura das terras utilizando dados orbitais para caracterizar a evolução histórica das áreas [8]. Segundo [9], para o mapeamento do MapBiomas necessitou-se da participação de especialistas em sensoriamento remoto, computação, ciência de dados, que permitiu construção da classificação anual do uso das terras. Além disso, utilizou-se o GEE para os processamentos de dados orbitais históricos provenientes do Landsat [9].

Os mapas são gerados a partir de mosaicos de cenas orbitais,

com filtros de cobertura de nuvens com melhor resolução de pixels para cada ano. O MapBiomas fornece produtos - dados em nuvem, que estão disponibilizados na escala espaço-temporal entre 1985 a 2021, com resolução espacial de 30 metros e 7 coleções de tipos de mapeamentos [8]. Neste artigo foi utilizado apenas a coleção 7, que permite a avaliação da evolução do uso das terras, em áreas de cerrado. A acurácia da classificação desses processos, foi cerca de 81,4% para áreas de cerrado, em que nos processamentos e validação dos dados, são descritos na pesquisa desenvolvida por [5].

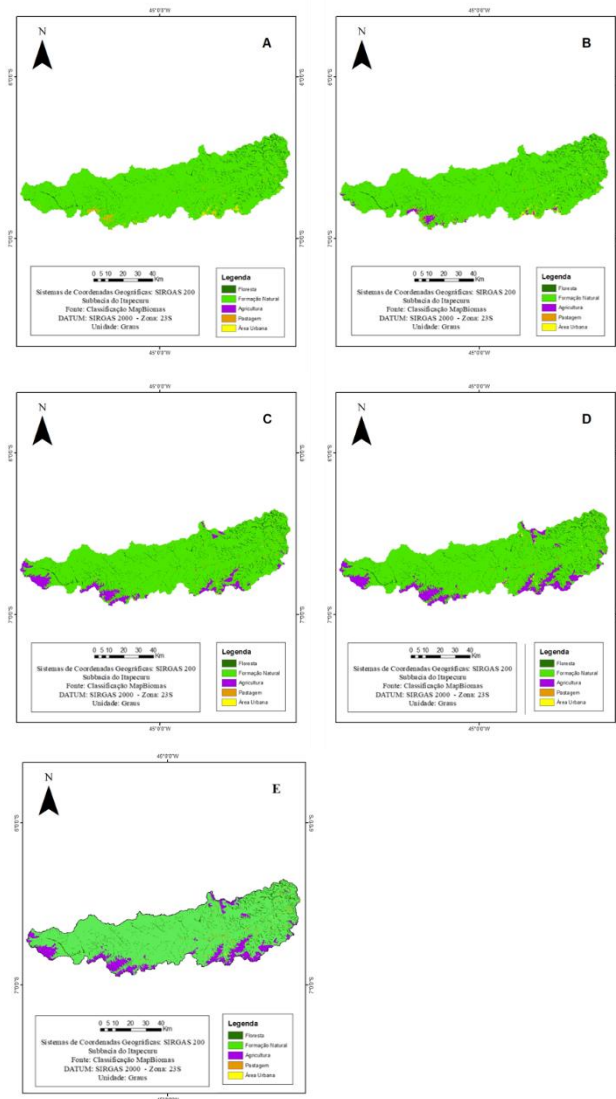
Os dados foram processados na plataforma online Google Earth Engine (GEE) e em seguida reclassificados no software ArcGis (licenciado pela Universidade Estadual de Campinas). A reclassificação dos mapas, foi realizada a partir da ferramenta Reclassify, contida no pacote do ArcGis.

Nessa etapa, foram criadas 5 classes, sendo elas: Floresta, Formação Natural, Agricultura, Pastagem e Área Urbana, afim de caracterizar a dinâmica de uso da terra, conforme as características da sub-bacia em estudo.

Cabe destacar, que essas classes foram obtidas a partir da reclassificação baseada nos códigos das classes de cobertura e uso da terra da coleção 7 do MapBiomas [8]. Para a classe Floresta foram considerados os atributos dos códigos 3 (Formação Florestal), 9 (Silvicultura), e 33 (Rio, Lago). Para Formação Natural, atribuiu-se os códigos 4 (Formação Savânica), 11 (Campo Alagado), 12 (Formação Campestre), 13 (Outras Formações não Florestais) e 29 (Afloramento Rochoso). Para Agricultura, os códigos 19 (Lavoura Temporária), 20 (Cana), 39 (Soja), 40 (Arroz), 41 (Outras Lavouras Temporárias) e 62 (Algodão). Para Pastagem, os códigos 15 (Pastagem) e 21 (Mosaicos de Usos). E para Área Urbana, 22 (Área Não Vegetada), 24 (Área Urbana) e 25 (Outras Áreas Não Vegetadas). Desta maneira, conspirando os agrupamentos anteriores, foram gerados mapas de uso e cobertura das terras, para quatro cenários sendo eles: 1986, 1996, 2006, 2016 e 2021, com as principais classes da área da bacia, conforme representados nas Figuras 2 e 3.

## 3. RESULTADOS

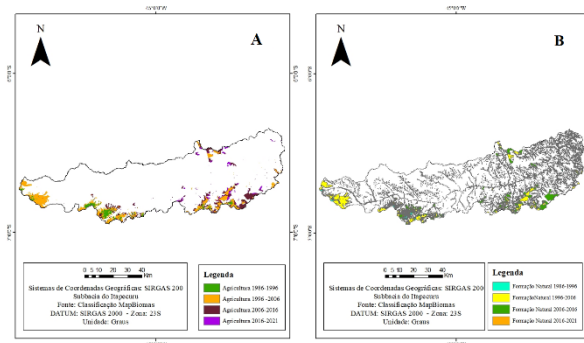
O resultado dos mapas gerados de uso e cobertura das terras classificados, para quatro cenários sendo eles: 1986, 1996, 2006, 2016 e 2021, com as principais classes da área da bacia, estão apresentados nas Figuras 2 e 3.



**Figura 2. Mapa de Classificação do MapBiomas da evolução do Uso das Terras das classes reclassificadas, em 1986 (a), 1996 (b), 2006 (c), 2016 (d) e 2021 (e) na sub-bacia do alto rio Itaipucu, MA.**

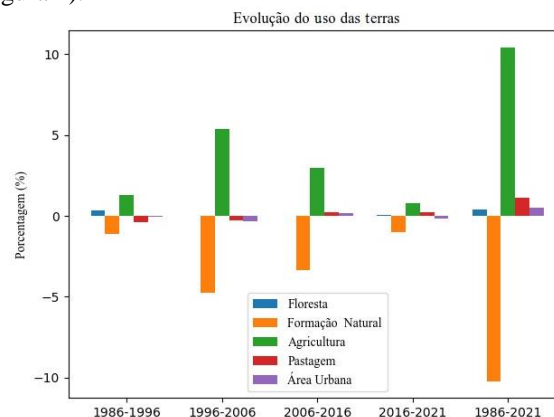
O mapa de classificação de uso das terras do ano de 1986 (Figura 2a), apresenta a presença de Floresta, Formação Savânica, Pastagem e Área Urbana. Nessa carta destaca-se que não há presença da classe Agricultura. Após 10 anos, em 1996 (Figura 2b), foi possível observar o surgimento da Agricultura principalmente na região sul da sub-bacia. O mapa de 2006 (Figura 2c), 30 anos posterior (Figura 2a), a expansão da Agricultura passa por um aumento significativo na região sul da sub-bacia. É importante destacar, que essas áreas aumentaram a partir das conversões das áreas de Formação Natural e Pastagem para Agricultura. Em 2021, foi o período em que a Agricultura teve maior ocupação na área da bacia. A Figura 3a apresenta a evolução da ocupação as áreas com Agricultura ao longo de todo período de estudo. Na Figura 3b destaca-se a evolução da Formação Natural, na

qual é possível verificar a redução sistemática desta categoria, sendo ocupada pela Agricultura ao longo do período 1986 e 2021.



**Figura 3. Mapa da Evolução do Uso das Terras das classes com maiores alterações de uso - Agricultura (a) e Formação Natural (b), entre 1986 e 2021, na sub-bacia do alto rio Itaipucu, no Maranhão.**

É importante destacar, que no período 1986-2021, as Áreas Urbanas apresentaram uma evolução importante na ocupação da sub-bacia e ocupando as áreas de Floresta e Pastagem (Figura 4).



**Figura 4. Evolução do Uso das Terras na sub-bacia do alto rio Itaipucu no Estado do Maranhão.**

A Figura 4 apresenta a evolução das alterações na sub-bacia em porcentagem, para cada classe de uso. Pode-se observar que a partir de 1996 as práticas agrícolas começaram a se destacar com um aumento de 1,3%, durante 10 anos (1986-1996), em especial na região sul da região. Nesse mesmo período, as áreas de Formação Natural sofreram uma redução de -1,1%. Entre o período de 1996 a 2006, a Agricultura continuou evoluindo, com um salto de ocupação para 5,4%, ao mesmo tempo que as áreas de Formação Natural sofreram reduções, de -4,8%, devido às ocupações pelas atividades agrícolas (1996-2006). Entre 2016 e 2021 as áreas de Agricultura tiveram um crescimento de apenas 0,81%, enquanto as áreas de Formação Natural reduziram -0,98%. De maneira geral, entre 1986 a 2021, ocorreu um crescimento da categoria Agricultura atingindo 10,4% e uma redução da Formação Natural de -10,4% das áreas da sub-bacia.

#### 4. DISCUSSÃO

Esta pesquisa apresenta a primeira abordagem sobre a evolução do uso e ocupação das terras na sub-bacia do alto rio Itapecuru – MA, em áreas de Cerrado, com dados históricos de mais de 30 anos. No Estado do Maranhão a disponibilidade de mapas de uso das terras ainda permanece escassa. Nesse contexto, uma pesquisa aderente à esta abordagem foi desenvolvida recentemente por [9], que quantificaram as mudanças das terras nos biomas brasileiros e está em concordância com nossos resultados encontrados. Do mesmo modo, [12] avaliaram a agricultura e as mudanças no uso da terra Cerrado no Leste Maranhão (1985/2018), em que os autores utilizaram mosaicos de imagens do Mapbioma para detectar áreas de Florestas e Campos Agrícolas. Nesse estudo os autores destacam que a evolução da Agricultura esteve relacionada às melhorias da infraestrutura e tecnologias de informações. Nessa perspectiva, a evolução das áreas agrícolas na sub-bacia em estudo, evoluíram sobretudo na parte Sul. Essa ocupação gerou um aumento no valor das terras, com o aumento da produtividade. Um estudo realizado por [3], relata que no Maranhão concentra-se um forte cultivo de soja, milho, mandioca e arroz, assim como nos demais Estados do MATOPIBA. Além disso, menciona que produção agrícola dessa região aumentou seis vezes a partir de 1995. Ainda de acordo com os mesmos autores, os impactos gerados pela expansão da agricultura, pode comprometer o regime hídrico da bacia, devido às altas demandas por água. Assim, esta pesquisa poderá contribuir futuramente para a gestão da sub-bacia na perspectiva de reduzir os riscos de contaminação dos Recursos Hídricos.

#### 5. CONCLUSÕES

A avaliação da evolução do uso e ocupação das terras na sub-bacia foi realizada a partir dos dados de sensoriamento remoto e do MapBiomas, foi essencial para auxiliar nesta pesquisa. Durante o período 1986-2021 a sub-bacia, sofreu alterações quanto ao uso e ocupação das terras, sobretudo o aumento das áreas com Agricultura ocupando principalmente as áreas de Formação Natural. Os resultados encontrados poderão subsidiar na predição de cenários futuros, quanto aos impactos decorrentes do uso e ocupação no regime hídrico da sub-bacia. Além disso, permitirá elaborar, planejar e apoiar a tomada decisão de modo mais sustentável quanto o uso e ocupação das terras em áreas de bacias hidrográficas.

#### 6. REFERÊNCIAS

[1] A. A. Rodrigues, M. N. Macedo, D. V. Silvério, L. Maracahipes, M. T. Coe, P. M. Brando, J. Z. Shimbo, R. Rajão, B. S. Filho, M. M. C. Bustamante. Cerrado deforestation threatens regional climate and water availability for agriculture and ecosystems, *Global Change Biology*, v. 28: pp. 6807-6822, 2022.  
[2] A. Bragança. The Causes and Consequences of Agricultural Expansion in Matopiba, *Climate Policy Initiative*, v. 72: pp. 1-26,

2016.

[3] C. E. S. Lima, M. V. M. Silva, S. M. G. Rocha, C. S. Silveira. Hydrological Variables of the São Francisco River Basin, Brazil, *Sustainability*, v. 14: pp. 12176, 2022.  
[4] C. A. Souza, Q. D. Silva. Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru, Maranhão: Características Geológicas, Geomorfológicas, Pedológicas e Densidade de Drenagem, *Ciência Geográfica*, v. 1: pp. 51-79, 2022.  
[5] C. M. Souza, J. Z. Shimbo, M. R. Rosa, L. L. Parente, A. A. Alencar, B. F. T. Rudorff, H. Hasenack, M. Matsumoto, L. G. Ferreira, P. W. M. Souza-Filho, S. W. de Oliveira, W. F. Rocha, A. V. Fonseca, C. B. Marques, C. G. Diniz, D. Costa, Dyeden Monteiro, E. R. Rosa, E. Vélez-Martin, E. J. Weber, F. E. B. Lenti, F. F. Paternost, F. G. C. Pareyn, J. V. Siqueira, J. L. Viera, L. C. F. Neto, M. M. Saraiva, M. H. Sales, M. P. G. Salgado, R. Vasconcelos, S. Galano. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine, *Remote Sensing*, v. 12: pp. 2-27, 2020.  
[6] E. Berenguer; J. Ferreira; T. A. Gardner, L. E. O. C. Aragão, P. B. De Camargo, C. E. Cerri, M. Durigan, R. C. De Oliveira, I. C. G. Vieira, J. Barlow. A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. *Global Change. Biology*. v. 20: pp. 3713-3726, 2014.  
[7] Embrapa Territorial. (2020). GeoMatopiba: Inteligência Territorial Estratégica para o Matopiba. Disponível em: [www.embrapa.br/geomatopiba](http://www.embrapa.br/geomatopiba). Acesso em: 02 de outubro de 2022.  
[8] MapBiomas. Coleção 7.0 de series anuais da Cobertura e Uso do Solo de todo o Brasil, 2022. Disponível em: [https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR). Acesso em: 12 de outubro de 2022.  
[9] M. M. Fernandes, M. R. M. Fernandes, J. R. Garcia, E. A. T. Matricardi, A. H. S. Lima, R. N. A. Filho, R. R. G. Filho, V. C. Piscocoy, T. O. F. Piscocoy, M. C. Filho. Land use and land cover changes and carbon stock valuation in the São Francisco River basin, Brazil, *Environmental Challenges*, v. 5: pp. 2-10, 2021.  
[10] N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau, R. Moore. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone, *Remote Sensing of Environment*, v. 202: pp. 18-27, 2017.  
[11] S. Baeza, E. Vélez-Martin, D. De Abelleira, S. Banchero, F. Gallego, J. Schirmbeck, S. Veron, M. Vallejos, E. Weber, M. Oyarzabal, A. Barbieri, M. Petek, M. Guerra Lara, S. S. Sarraihé, G. Baldi, C. Bagnato, L. Bruzzone, S. Ramos, H. Hasenack. Two decades of land cover mapping in the Río de la Plata grassland region: The MapBiomas Pampa initiative, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 28: pp. 1-15, 2022.  
[12] T. J. A. Oliveira, S. H. Dorner, W. Rodrigues. Farming and land use changes in Cerrado biome: the case of East Maranhão – Brazil (1985/2018), *Revista do Desenvolvimento Regional*, v. 17: pp. 130-146, 2020.  
[13] T. R. Azevedo, C. C. Junior, A. B. Junior, H. Martins, M. Sales, T. Galuchi, A. Rodrigues, R. Morgado, K. Costal, K. Borges. Data Descriptor: SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. *Scientific Data*, v. 5: pp. 1-43, 2018.  
[14] Walther, G. R. Respostas da comunidade e do ecossistema às recentes mudanças climáticas. *Biological Sciences*, v. 365: pp. 2019-2024, 2010.  
[15] F. Zioti, K. R. Ferreira, M. G. R. Queiroz, A. K. Neves, F. M. Carlos, F. C. Souza, L. A. Santos, R. E. O. Simoes. A platform for land use and land cover data integration and trajectory analysis, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 106: pp. 1-11, 2022.