



XIV ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE

AVALIAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA AGRÍCOLA COM DADOS GLOBAIS E ESPECÍFICOS

Galileu Ribeiro Santos¹; Janaina Freitas Freire² & Rubens Riscala Madi³

RESUMO: *A pegada hídrica é um novo indicador do consumo da água doce que permite visualizar de forma mais ampla o uso da água em diferentes cenários. Na agricultura, sua elaboração necessita de dados sobre o clima, o solo e a cultura, porém, um problema frequente é a ausência de dados locais com maior precisão, normalmente sanado com dados de âmbito nacional ou global. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é elaborar e comparar a pegada hídrica de médias globais com a pegada hídrica de dados mais precisos. O estudo utilizou como cenário o estado de Sergipe e aplicou a metodologia do manual de avaliação da pegada hídrica sobre a cultura do milho, maior produção do estado, com recorte temporal de doze anos. Os dados para elaborar a pegada hídrica e os resultados foram divididos em dois grupos: Grupo I - médias globais, e Grupo II – médias locais. Os resultados apontaram que apesar da variação dos valores entre os dois grupos não houve diferença significativa. Nesse cenário o uso de dados com médias globais pode ser uma alternativa na inexistência de dados locais.*

Palavras-Chave: *Indicador ambiental; recursos hídricos; Agricultura.*

¹) Mestre em Saúde e Ambiente. Instituto de Tecnologia e Pesquisa, Universidade Tiradentes. Avenida Murilo Dantas, Farolândia, Aracaju, SE – Brasil. Telefone: (79) 3218-2190. E-mail: galileuribeiro@outlook.com.

²) Mestre em Saúde e Ambiente. Instituto de Tecnologia e Pesquisa, Universidade Tiradentes. Avenida Murilo Dantas, Farolândia, Aracaju, SE – Brasil. Telefone: (79) 3218-2190. E-mail: janaina.bio@outlook.

³) Doutor em Biologia Animal. Instituto de Tecnologia e Pesquisa, Universidade Tiradentes. Avenida Murilo Dantas, Farolândia, Aracaju, SE – Brasil. Telefone: (79) 3218-2190. E-mail: rrmadi@gmail.com.



1 - INTRODUÇÃO

A Pegada Hídrica (PH) é um indicador do uso direto e indireto da água doce feito por um consumidor ou produtor. Sua metodologia engloba três componentes: PH Azul - uso consuntivo de água superficial e subterrânea; PH Verde - consumo de água da chuva que não escoou ou não repõe a água subterrânea; e PH Cinza - volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes dos efluentes, com base nas concentrações naturais e padrões de qualidade da água (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

Essa ferramenta é versátil e pode ser aplicada em diferentes cenários como em um processo, um produto, uma empresa, um consumidor ou grupo de consumidores, ou ainda uma área delimitada geograficamente (ALDAYA *et al.*, 2020; GERBENS-LEENES; HOEKSTRA; BOSMAN, 2018; ZHANG *et al.*, 2019). No Brasil, o número de avaliações da pegada hídrica agrícola ganha destaque devido à sua grande produção.

Para a elaboração de uma pegada hídrica agrícola são necessários dados sobre o clima, o solo e a cultura. Essas informações são imprescindíveis para a avaliação e existem diferentes níveis de precisão espaço-temporal, que vão do nível global com dados anuais até o nível local com dados diários. A escolha do grau depende do objetivo do estudo e das fontes (primária e/ou secundária) disponíveis (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

É recomendado, quando possível, o uso de dados precisos para obter resultados mais reais, entretanto alguns problemas como a falta e a complexidade de obter alguns dados motivam a escolha dos bancos de dados para extrair as informações necessárias. Dentro desse universo, o problema da oferta de dados e sua precisão pode se repetir quando encontrado apenas médias globais. Essas dificuldades são comuns na avaliação da pegada hídrica de culturas agrícolas. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é elaborar e comparar a pegada hídrica de médias globais com a pegada hídrica de dados mais precisos.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Área de estudo

O estudo utilizou como cenário o estado de Sergipe, composto por 75 municípios distribuídos em 21.938,184 km², que faz divisa com os estados da Bahia e Alagoas e banhado pelo oceano Atlântico (IBGE, 2022). A área também inclui oito bacias hidrográficas (Caueira-Abaís, Japaratuba, Piauí, Real, São Francisco, Sapucaia, Sergipe e Vaza-Barris) que abastecem a população e as atividades da indústria e da agropecuária (SEDURBS, 2022).

2.2 – Coleta de dados

Nesse estudo foi utilizada a metodologia proposta por Hoekstra *et al.* (2011), que estabelece a pegada hídrica de uma cultura agrícola como a soma dos componentes azul, verde e cinza, porém, diante do objetivo da pesquisa, foram considerados apenas os dois primeiros, que são obtidos por meio da divisão da demanda hídrica da cultura pela sua produtividade.



Essa demanda hídrica foi calculada com base na evapotranspiração diária acumulada, durante todo ciclo de desenvolvimento da cultura. Os valores foram estimados pelo programa CROPWAT 8.0 (FAO, 2010) que utilizou dados de clima, de propriedades do solo e de características da cultura agrícola.

Os dados para elaborar a pegada hídrica e os resultados foram divididos em dois grupos: O primeiro (Grupo I), utilizou dados de clima obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022), enquanto os dados sobre solo e cultura foram extraídos do próprio banco de dados do programa que possui médias globais (FAO, 2010); O segundo (Grupo II), utilizou os mesmos dados de clima e solo do primeiro grupo, entretanto os dados de cultura foram extraídos de outro banco de dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura com informações mais precisas (ALLEN *et al.*, 2006).

A cultura agrícola selecionada foi a do milho pela alta produção em Sergipe, que em 2020 correspondeu a 687.221 toneladas (BNB, 2020). Já os dados sobre a produção anual de milho foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com recorte temporal de doze anos (2009-2020) (IBGE, 2022).

2.2 - Análise de dados

Os resultados da pegada hídrica do milho em Sergipe foram organizados em planilha eletrônica do Microsoft Excel e analisados através do software BioEstat 5.0. A normalidade dos dados foi obtida através do teste Shapiro-Wilk e em seguida foi aplicado o teste de Mann-Whitney (U) para analisar os dois grupos. O intervalo de confiança foi de 95% para apresentar significância estatística ($p < 0,05$) (AYRES *et al.*, 2007).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Grupo I, a pegada hídrica total do milho teve uma média de 893,60 m³/t, desse valor 21% correspondem ao componente azul e 79% ao verde. Ainda nesse grupo, houve variação da pegada hídrica de 479,76 (2020) a 2.228,62 m³/t (2016). Enquanto o Grupo II, obteve uma média da pegada hídrica total do milho de 811,61 m³/t, sendo 20% do componente azul e 80% do verde. Já sua variação foi de 432,34 (2020) a 2.035,62 m³/t (2016).

Esses resultados são inferiores quando comparados à média global de 1.222 m³/t e nacional de 1.746 m³/t (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2011). Uma possível explicação para isso, são os valores da produção de milho no estado. Em todo o período analisado foi possível observar pequenas variações dos valores, todavia no ano de 2016 houve uma redução de aproximadamente 60% na produção da cultura, o que quase triplicou a pegada hídrica. Existem também outras variáveis que podem influenciar no resultado, como a área de plantio e o tipo de cultivo, levando até a níveis mais baixos, como na planície de Qazvin, Irã, que registrou 260 m³/t na pegada hídrica do milho (AHMADI; ETEDALI; ELBELTAGI, 2021).

A partir da análise estatística dos dados foi possível verificar que não houve diferença significativa entre os grupos ($U=56.00$; $p= 0.3556$) (Figura 1). Essa semelhança de resultados é compreendida como positiva diante da dificuldade de obtenção de dados primários e com maior precisão, problema também presente em outros indicadores ambientais (PETIT; SABLAYROLLES; BRIS, 2018; ZHI *et al.*, 2022).

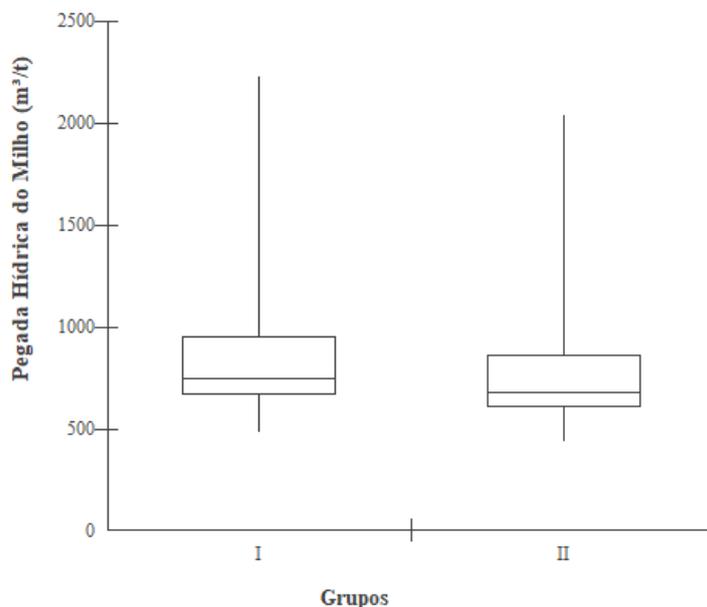


Figura 1 - Pegada hídrica total da cultura de milho de Sergipe dos grupos I e II, analisados de 2009 até 2020.

O resultado da pesquisa pode contribuir para elaboração de novas avaliações e consequentemente a formulação de estratégias para redução do consumo de água no campo, medidas essenciais diante do cenário crítico dos recursos hídricos (MURATOGLU, 2021). Entretanto, deve-se ressaltar que o uso desse modelo deve ser adotado na ausência de dados locais com maior poder de precisão (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

4 - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que não houve diferença entre os grupos analisados. Assim, em um cenário de inexistência de dados locais, o uso de dados com médias globais sobre as características da cultura pode ser uma alternativa viável, a fim de contribuir na formulação de planos para redução do alto consumo de água. Quanto à avaliação da pegada hídrica do milho, foi observado que o clima e a produção podem ter impactado diretamente as médias obtidas durante o período avaliado.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, da Universidade Tiradentes (Unit) e do Instituto de Tecnologia e Pesquisa (ITP).

REFERÊNCIAS

AHMADI, M.; ETEDALI, H.R.; ELBELTAGI, A. (2021). "Evaluation of the effect of climate change on maize water footprint under RCPs scenarios in Qazvin plain, Iran". *Agricultural Water Management* 254(106969), pp. 1 – 13.



ALDAYA, M.M.; RODRIGUEZ, C.I.; FERNANDEZ-POULUSSEN, A.; MERCHAN, D.; BERIAIN, M.J.; LLAMAS, R. (2020). “Grey water footprint as an indicator for diffuse nitrogen pollution: The case of Navarra, Spain”. *Science of the Total Environment* 698(134338), pp.1 – 5.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riego Y Drenaje No 56 Roma- IT, 298 p.

AYRES, M.; AYRES JR, M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A.S. (2007). *BIOESTAT*. Versão 5.0. Belém-BR.

BNB. (2020). *Diário Econômico Etene: Ano III - Nº 39*. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/etene/diario-economico>>. Acesso em: 02 mar. 2020.

FAO. (2010). *CROPWAT*. Versão 8.0. Roma- IT.

GERBENS-LEENES, P.W.; HOEKSTRA, A.Y.; BOSMAN, R. (2018). “The blue and grey water footprint of construction materials: Steel, cement and glass”. *Water Resources and Industry* 19, pp. 1 – 12.

HOEKSTRA, A.Y.; CHAPAGAIN, A.K.; ALDAYA, M.M.; MEKONNEN, M.M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. Earthscan London-UK, 191 p.

IBGE. (2022). *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA*. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>>. Acesso em: 02 mar. 2022.

INMET. (2022). *Banco de Dados Meteorológicos do INMET*. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 02 mar. 2022.

MEKONNEN, M.M.; HOEKSTRA, A.Y. (2011). “The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products”. *Hydrology and Earth System Sciences* 15, pp. 1577–1600.

MURATOGLU, A. (2021). *Water Footprint: Concept and Methodology*. Elsevier Amsterdã-NL.

PETIT, G.; SABLAYROLLES, C.; BRIS, G.Y. (2018). “Combining eco-social and environmental indicators to assess the sustainability performance of a food value chain: A case study”. *Journal of Cleaner Production*, 191, pp 135 – 143.

SEDURBS. (2022). *Atlas Digital*. Disponível em: <<https://www.sedurbs.se.gov.br/portal/recursoshidricos/index.php>>. Acesso em: 02 mar. 2022.

ZHANG, J.; LEI, X.; CHEN, B.; SONG, Y. (2019). “Analysis of blue water footprint of hydropower considering allocation coefficients for multi-purpose reservoirs”. *Energy* 188(116086), pp. 1 – 12.

ZHI, Y.; HAMILTON, P.B. WU, G.; HONG, N.; LIANG, L.; XIONG, D.; SUN, Y. (2022). “Virtual water indicator for comprehensive water pressures: Model and case studies”. *Journal of Hydrology* 608(127664), pp. 1 – 7.