

Água virtual e pegada hídrica da soja: aumento das exportações nos portos da Amazônia brasileira versus riscos ambientais e hídricos

Virtual water and soy water footprint: increasing exports in Brazilian Amazon ports versus environmental and water risks

El agua virtual y la huella hídrica de la soja: aumento de las exportaciones desde los puertos de la Amazonía brasileña frente a los riesgos ambientales y hídricos

Recebido: 18/11/2022 | Revisado: 25/12/2022 | Aceitado: 25/01/2023 | Publicado: 30/01/2023

Vanderson Luiz de Sousa Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7954-7516>

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil

E-mail: carvalhovlsc@gmail.com

Eveline Vinhote de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6860-3412>

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil

E-mail: evelinevinhote@gmail.com

Leidiane Leão de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5995-9107>

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil

E-mail: leidianeoli@gmail.com

Urandi João Rodrigues Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9425-3564>

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil

E-mail: urandijunior@hotmail.com

Khayth Marrony R. Nagata

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4532-0679>

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil

E-mail: khayth_nagata@yahoo.com.br

Resumo

Novos conceitos têm sido utilizados para compreender os usos múltiplos da água, exemplo disso, é o estudo da água virtual e da pegada hídrica, os quais podem ser utilizados como indicadores de uso hídrico eficiente. O objetivo desse trabalho foi analisar o volume de água virtual exportada por meio da *commoditie* soja pelos portos do arco norte (Santarém-PA, Barcarena-PA e Itacoatiara-AM) no período de 2015 a junho de 2020, e relacionar a pegada hídrica da soja na região de Santarém-PA. No ano de 2020 ocorreu o maior volume de água virtual em m³/t exportado pelo porto de Barcarena-PA totalizando o volume de 12.673.773.255m³/t. Um grande volume de água virtual é exportado anualmente em destino de outros países, a cultura da soja é uma das culturas que vem crescendo no Brasil, vindo para o norte, na região Amazônica onde os recursos hídricos são abundantes, sendo assim colaborando com o fluxo hídrico internacional de água virtual. O avanço da perda do bioma pode gerar consequências climáticas, pois este bioma é responsável por fornecer vapor d'água para o sul e sudeste do Brasil favorecendo as chuvas nessa região, assim, é possível um desequilíbrio nos recursos hídricos do Brasil.

Palavras-chave: Recursos hídricos; Santarém-PA; Portos do Arco Norte; Commodities.

Abstract

New concepts have been used to understand the multiple uses of water, an example of which is the study of virtual water and the water footprint, which can be used as indicators of efficient water use. The objective of this work was to analyze the volume of virtual water exported through the soy commodity by the ports of Arco Norte (Santarém-PA, Barcarena-PA and Itacoatiara-AM) in the period from 2015 to June 2020, and to relate the water footprint of soy in the Santarém-PA region. A large volume of virtual water is exported annually to other countries, the soybean crop is one of the crops that has been growing in Brazil, coming to the north, in the Amazon region where water resources are abundant, thus collaborating with the flow international virtual water facility. The advance of the loss of the biome can have climatic consequences, as this biome is responsible for supplying water vapor to the south and southeast of Brazil, favoring rainfall in this region, thus, an imbalance in the water resources of Brazil is possible.

Keywords: Water resources; Santarém-PA; North Arc Ports; Commodities.

Resumen

Se han utilizado nuevos conceptos para entender los múltiples usos del agua, un ejemplo de ello es el estudio del agua virtual y la huella hídrica, que pueden ser utilizados como indicadores del uso eficiente del agua. El objetivo de este trabajo fue analizar el volumen de agua virtual exportado a través de la soja por los puertos del Arco Norte (Santarém-PA, Barcarena-PA e Itacoatiara-AM) en el período de 2015 a junio de 2020, y relacionar los huella hídrica de la soja en la región de Santarém-PA. Un gran volumen de agua virtual se exporta anualmente a otros países, el cultivo de soja es uno de los cultivos que viene creciendo en Brasil, llegando al norte, en la región amazónica donde los recursos hídricos son abundantes, colaborando así con el flujo internacional virtual instalación de agua. El avance de la pérdida del bioma puede tener consecuencias climáticas, ya que este bioma es responsable de abastecer de vapor de agua al sur y sureste de Brasil, favoreciendo las lluvias en esta región, por lo tanto, es posible un desequilibrio en los recursos hídricos de Brasil.

Palabras clave: Recursos hídricos; Santarém-PA; Puertos del Arco Norte; Productos básicos.

1. Introdução

O conceito de água virtual foi introduzido por Jhon Antony Allan em 1998, sendo definido como a água incorporada em *commodities*. A água virtual é aquela utilizada no processo de produção de um produto agrícola ou industrial (Hoekstra & Hung, 2002). A água virtual de um produto corresponde à soma das pegadas hídricas azul, verde e cinza.

A Pegada Hídrica - PH é definida como um indicador do uso da água que considera não apenas o seu uso direto por um consumidor ou produtor, mas também seu uso indireto (Hoekstra, 2002). A avaliação da PH é um procedimento minucioso que pode atuar na assimilação sobre como atividades e produtos interagem com a escassez e a poluição das águas e seus respectivos impactos e mostrar as possibilidades para que as atividades e produtos não colaborem para o uso não sustentável dos recursos hídricos (Hoekstra & Chapagain, 2011). Neste sentido, para melhor compreensão sobre esse tema se torna indispensável mencionar que a maior parte da água utilizada pelos seres humanos vem dos produtos que elas utilizam e não do consumo diário como a maioria pensa.

A água virtual, refere-se ao volume de água incorporado no produto em si, enquanto o termo 'pegada hídrica' se refere não somente ao volume, mas também ao tipo de água que foi utilizada (verde, azul, cinza), bem como, quando e onde (HOEKSTRA et al., 2011). O comércio da água virtual corresponde a 76% relacionado à produção de vegetais, e seus derivados de origem animal e industrializados representam 12% cada (Mekonnen & Hoekstra, 2011). A discussão sobre a água virtual abre caminho para diferentes linhas de questionamentos para Allan (1998) o comércio de água virtual pode ser uma ferramenta para resolver problemas geopolíticos e até mesmo evitar guerras pela água.

No Brasil e no mundo a escassez de água já é um fator limitante para atividades humanas, produção de bens e em culturas, principalmente nas mais variadas agriculturas, a água doce tem se tornado cada vez mais um recurso global, comandado pelo crescimento do comércio internacional de mercadorias de alto consumo de água.

Na lei nº 9.433 de 1997, segundo o que consta no inciso II do artigo primeiro diz que a água é um recurso natural limitado dotado de valor econômico. O setor agrícola é o que mais contribui para a redução da disponibilidade dos recursos hídricos, pois é responsável por 65% do consumo, em média, de água doce. Para produzir a quantidade de alimentos necessária a uma pessoa, por dia, são utilizados de 2 a 5 mil litros de água (GOMES, 2009).

Na região amazônica a cultura da soja cresceu muito nos últimos anos, principalmente com o fortalecimento do Arco Norte, possibilitando um escoamento maior das safras vindo de várias partes do Brasil. Segundo Carvalho (1999), O Arco Norte é definido por uma linha imaginária que atravessa o território brasileiro no Paralelo 16° Sul, passando próximo às cidades de Ilhéus (BA), Brasília (DF) e Cuiabá (MT). Os portos de principal interesse do agronegócio que compõem esse segmento logístico são os de Itacoatiara (AM), Santarém e Barcarena (PA), Santana (AP), São Luís (MA), Salvador e Ilhéus (BA) (MAPA, 2017). O cultivo de soja na região amazônica dá início a uma mudança importante nos modelos de ocupação do

espaço territorial, conduzindo a economia regional a um modo de produção altamente capitalizado em contraposição aos modelos tradicionais da região.

Em termos globais, o Brasil possui uma boa quantidade de água. Estima-se que o país possua cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta, e é por ter esse potencial que é um dos maiores exportadores de água do mundo (ANA, 2019). A disponibilidade de terras cultiváveis e de recursos hídricos, além dos custos relativamente baixos de produção, faz com que o Brasil ocupe uma posição de destaque no cenário internacional (CARMO et al., 2007). Por outro lado, o conhecimento da pegada hídrica e do fluxo de água virtual do Brasil pode ajudar no planejamento dos recursos hídricos do país. Esse tipo de estudo é ainda incipiente no Brasil, muito embora muitos países já tenham quantificado o volume de água importado e exportado e, dessa forma, estabelecido o balanço de água virtual.

O objetivo desse trabalho foi analisar o volume de água virtual exportada por meio da *commoditie* soja pelos portos do arco norte (Santarém-PA, Barcarena -PA e Itacoatiara-AM) no período de 2015 a junho de 2020, e relacionar a pegada hídrica da soja na região de Santarém-PA.

2. Metodologia

Água virtual e fonte de dados

O estudo baseia-se em uma pesquisa descritiva com levantamento e tabulação de dados secundários de exportação de soja para três portos localizados no Arco Norte: Porto de Itacoatiara -AM, Porto de Santarém-PA e Porto de Barcarena/Vila do Conde, localizados na região Norte, na Amazônia brasileira (Figura 1), referentes ao período analisado de 2015 até junho de 2020, obtidos junto ao Departamento de Estudos e Prospecção, no seu Boletim Informativo Mensal de Exportações.

Figura 1 - Localização dos três portos do Arco Norte utilizados neste estudo, Porto de Itacoatiara -AM, Porto de Santarém-PA e Porto de Barcarena/Vila do Conde (descritos da esquerda para direita)



Fonte: Elaboração pelos autores (2022).

Porto de Itacoatiara, localizado à margem esquerda do Rio Negro distante, 13 km da confluência com o rio Solimões, o porto constitui a principal porta de entrada para o Estado do Amazonas (EMBRAPA, 2019), o porto de Santarém está situado na ponta do Salé, na cidade de Santarém, PA, à margem direita do rio Tapajós a cerca de 3 km da confluência com o rio Amazonas e uma distância fluvial de 876 km de Belém. Constitui-se em um porto estratégico entre os modais rodoviário e hidroviário para as cargas que escoam pela BR-163 e pelos rios Tapajós-Teles Pires e o Porto de Barcarena/Vila do Conde

(Figura 1). A escolha dos três portos do Arco Norte se deu pelo crescente aumento de suas exportações. Em 2019, as exportações de soja pelos portos de Itacoatiara -AM, Santarém-PA e Barcarena/Vila do Conde representaram 34% do total (ANEC, 2019)

O volume de água virtual exportada, por meio da soja, de cada porto da região amazônica foi obtido de acordo com a equação (1):

(1)

$$AV = PH_{soja} \cdot VE_{soja} \text{ [m}^3\text{]}$$

Onde:

AV Representa a Água Virtual exportada em m³;

PH_{soja} É a Pegada Hídrica da soja (m³/ton);

PE_{soja} É o peso de soja exportada em toneladas (t).

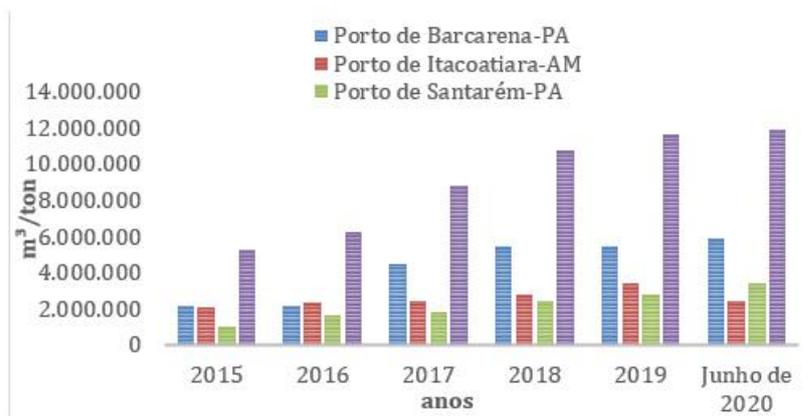
A metodologia utilizada para mensurar a pegada hídrica da cultura da soja foi utilizada conforme Mekonnen e Hoekstra (2011) no que apresentam todas as culturas e suas respectivas, pegada hídrica por produto, usamos a média global da soja que estabelece pegada hídrica média global em m³/ton, onde o valor da soja equivale 2.145 m³/ton. A escolha da soja, como produto estudado, aconteceu, pois é um dos produtos com crescente aumento de exportações na região amazônica.

3. Resultados e Discussão

O maior volume exportado de soja no porto de Itacoatiara-AM foi de 3.414.217 ton/ano⁻¹ em 2019, que corresponde a 22% e o menor volume exportado foi 2.117.354 ton/ano⁻¹, que corresponde a 13% de todo período analisado. O maior volume de soja exportado pelo porto de Santarém-PA foi 3.475.389 ton/ano⁻¹ em junho de 2020 correspondente a 26% e o menor volume exportado foi 1.027.239 ton/ano⁻¹ em 2015, que corresponde a 8% de todo período analisado. Barcarena-PA teve o maior volume exportado de soja no mês de junho de 2020 totalizando 5.908.519 ton/ano⁻¹, correspondente a 23% e o menor volume exportado ocorreu em 2016 totalizando 2.187.341 ton/ano⁻¹ correspondente a 9% de todo período analisado.

O maior volume exportado pelos três portos ocorreu em junho de 2020 totalizando 11.869.310 ton correspondente a 22% e o menor ocorreu no ano de 2015 totalizando 5.330.309 ton correspondente a 10% de todo período analisado. A Tabela 1 (a baixo) apresenta a exportação de soja em um período de 2015 até junho de 2020. Verifica-se que no ano de 2015 ocorreu o menor volume de soja (tonelada) exportado pelos portos e o ano de 2020 apresentou o maior volume de soja exportada pelos portos.

Figura 2 - Volume de soja exportada pelos portos do arco Norte no período de 2015 a junho de 2020.



Fonte: Elaboração pelos autores (2022).

Quadro 1 - Soja exportada nos portos de Barcarena-PA, Itacoatiara-AM e Santarém-PA no período de 2015 a junho de 2020

PORTOS	Volume Acumulado da Exportação de Soja – Toneladas					
	2015	2016	2017	2018	2019	Junho de 2020
Barcarena-PA	2.185.716	2.187.341	4.462.901	5.496.168	5.445.200	5.908.519
Itacoatiara-AM	2.117.354	2.400.089	2.495.925	2.791.090	3.414.217	2.485.402
Santarém-PA	1.027.239	1.695.169	1.877.759	2.486.027	2.813.376	3.475.389

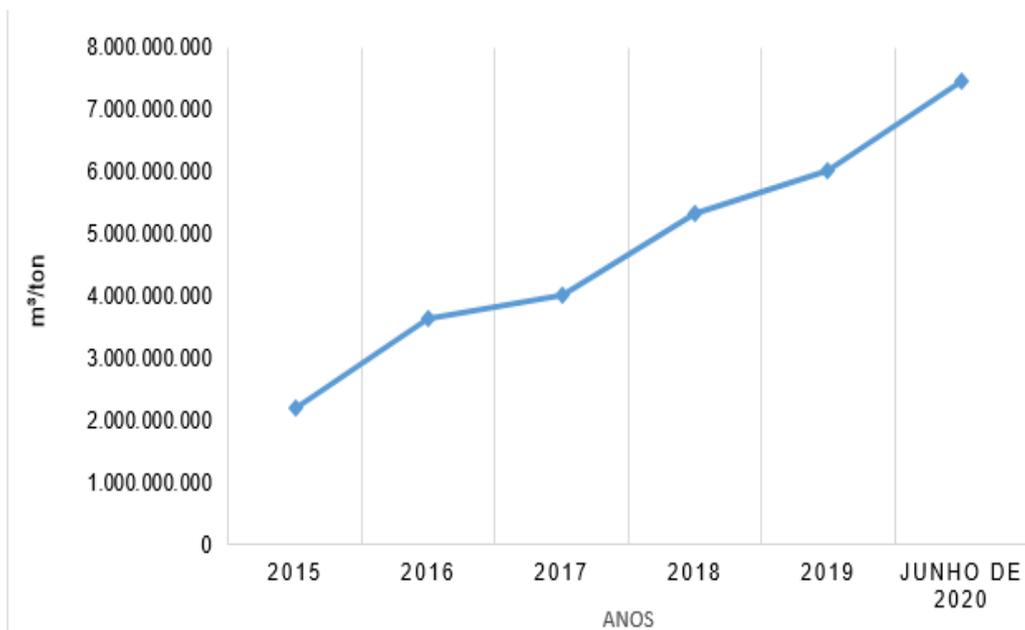
Fonte: Elaboração pelos autores (2022).

Observa-se que nos últimos três anos (2018 até junho de 2020) o porto de Barcarena-PA apresentou maior exportação (Tabela 1). Destaque para o aumento das exportações nos três últimos anos para o porto de Santarém – PA.

Exportação de água virtual da commodity soja global pelos portos do arco norte

Verifica-se que no porto de Santarém-PA ano de 2015 ocorreu o menor volume de água virtual, correspondente a 2.203.427.655 m³/ton exportada e, em junho de 2020 apresentou o maior volume de água virtual exportada pelo porto correspondente a 7.454.709.405 m³/ton (Figura 3).

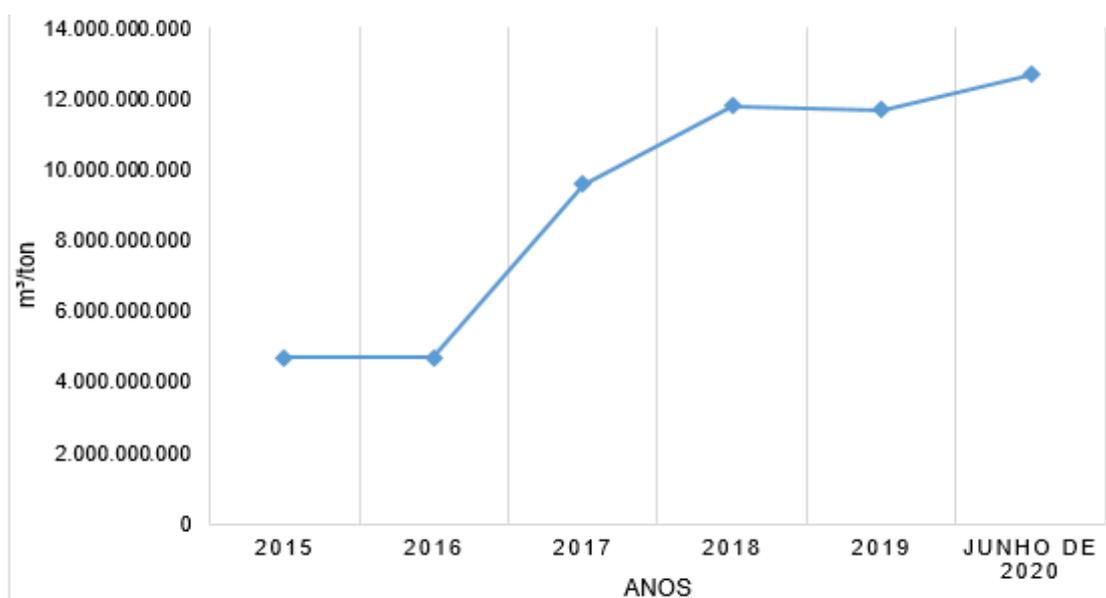
Figura 3 - Água Virtual Total (Avt) m³/Ton no porto de Santarém-PA para o período de 2015 a junho de 2020.



Fonte: Elaboração pelos autores (2022).

No porto de Barcarena- PA no ano de 2015 ocorreu o menor volume de água virtual correspondente a 4.688.360.820 m³/ton exportada e em junho de 2020 ocorreu o maior volume de água virtual exportada pelo porto correspondente a 12.673.773.255 m³/ton (Tabela 1, Figura 3).

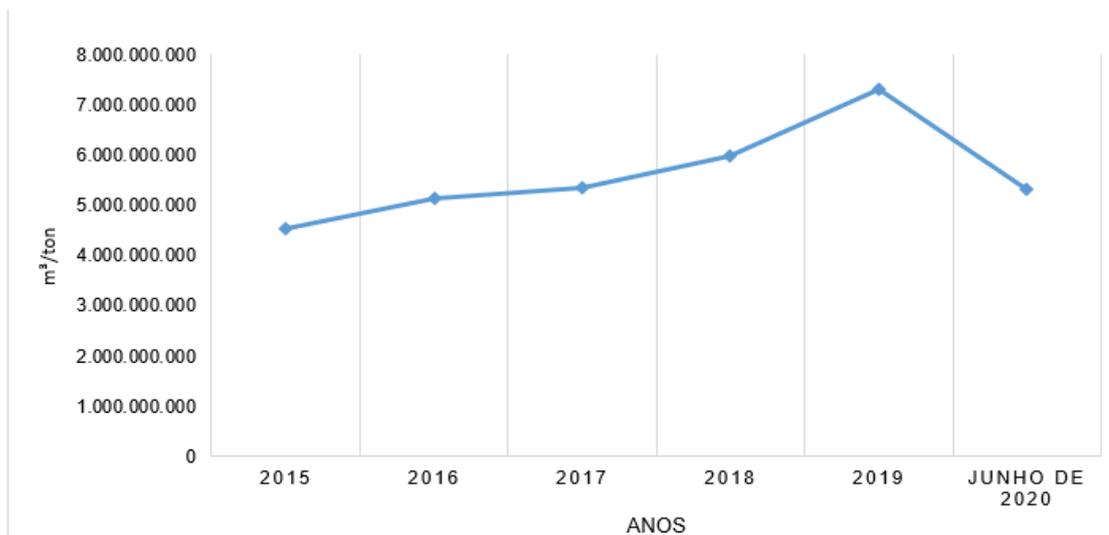
Figura 4 - Água Virtual Total (Avt) M³/Ton no porto de Barcarena-PA para o período de 2015 a junho de 2020.



Fonte: Elaboração pelos autores (2022).

Verifica-se que no porto de Itacoatiara-AM ano de 2015 ocorreu o menor volume de água virtual cerca de 4.541.724.330 m³/ton e no ano de 2019 apresentou o maior volume de água virtual exportada pelo porto correspondente a 7.323.495.465 m³/ton (Figura 4).

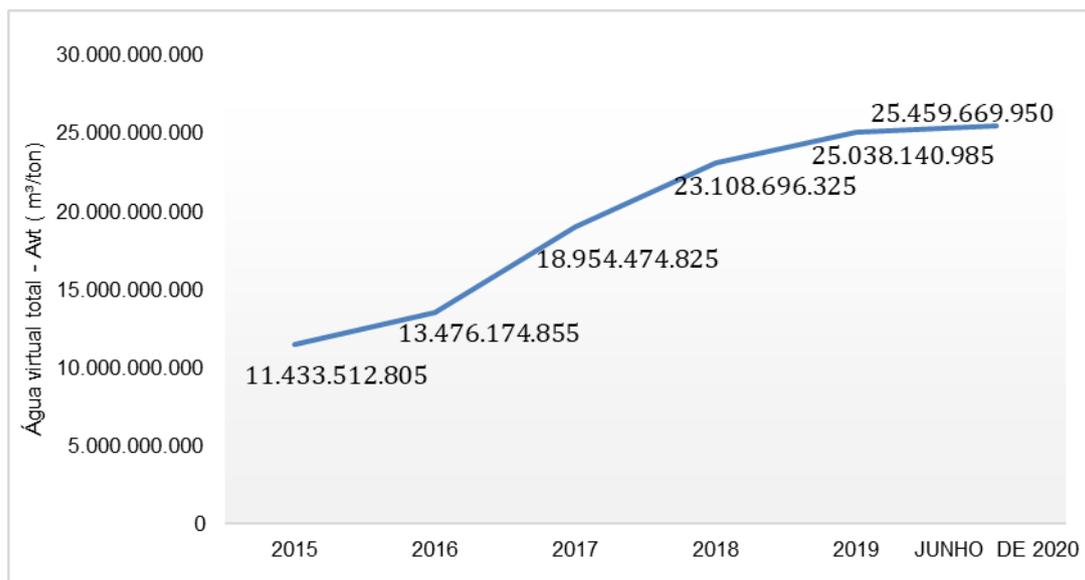
Figura 5 - Água Virtual Total (Avt) m³/Ton no porto de Itacoatiara-AM para o período de 2015 a junho de 2020.



Fonte: Elaboração pelos autores (2022).

O menor volume de água virtual exportado pelos três portos ocorreu em 2015, correspondendo a 11.433.512.805 m³/ton representando 9% do total. O maior volume de água virtual exportado pelos três portos ocorreu em junho de 2020, correspondendo a 25.459.669.950 m³/ton (Figura 6).

Figura 6 - Exportação de água virtual da commodity soja global pelos portos de Barcarena-PA, Santarém-PA e Itacoatiara-PA.



Fonte: Elaboração pelos autores (2022).

É possível observar um aumento gradual de água virtual exportada pelo *commodity* de soja realizada no período de 2015 a junho de 2020. O destaque para o ano de 2020, que foi contabilizado apenas até o mês de junho e representou o maior volume de água virtual exportada. Pode ter uma relação com o aumento da produção de soja nessas regiões que contemplam os portos de Barcarena-PA, Santarém-PA e Itacoatiara-AM.

Pegada hídrica da soja no bioma Amazônia e na região de Santarém

O Brasil é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários, entre esses produtos está a soja, que vem ganhando espaço de produção na região amazônica com a construção de rodovias e portos, que facilitaram o avanço do escoamento dessa cultura para a região nas últimas décadas, acrescida da disponibilidade de espécies adaptadas para as condições edafoclimáticas e a sua abundância em recursos hídricos. Na Amazônia, áreas cultivadas com grãos em Mato Grosso foram ampliando-se para áreas mais ao norte da região, consolidando-se importantes pólos no Pará como, por exemplo, no oeste do Estado. Nesse polo de produção participam com a maior área cultivada os municípios de Santarém, Belterra e Mojuí dos Campos (Costa et al, 2018). Os produtores se instalaram na região adquirindo terras a baixo custo e iniciaram suas atividades, com a construção da BR-163 facilitou-se o escoamento da produção de grãos. Diariamente, toneladas de grãos, como milho e soja saem do porto de Santarém. Com a construção do Porto, a Cargill Agrícola S. A. começou a exportar soja de Santarém para vários países da Europa, para o Japão, China e México (Georges G. Flexor, 2006). Foram transportados, de janeiro a setembro de 2013, quase 1,7 milhão de toneladas de grãos, indicando um crescimento de 66% sobre o mesmo período de 2012 (g1.globo.com, 2013), junto com essa grande quantidade de soja exportada está a água virtual. A pegada hídrica média global é 2.145 m³/ton (Mekonnen & Hoekstra, 2011) que segundo Rodrigues Junior, Dziedzic e Pinheiro (2018) a região amazônica apresentou um resultado 44% menor do que a média mundial para a cultura de soja. Isto ficou exposto devido ao grande volume de precipitação que há na região amazônica que faz não ser necessário o uso de irrigação em culturas como a da soja nesta região (Rodrigues Junior et al., 2018). No norte da região amazônica, incluindo os portos estudados do Arco Norte as chuvas anuais variam entre 2.000 a 2.300 mm, ocorrendo no mês de menor oferta pluvial valores abaixo de 60 mm. A temperatura máxima do ar varia entre 30,5 a 32°C e as mínimas entre 21 a 22,5°C. O período mais chuvoso ocorre de dezembro a maio com cerca de 80% dos totais pluviais e, entre junho a novembro são contabilizados o restante do volume precipitado na região (Varela- Ortega et al., 2013).

Três pontos são atrativos para o avanço e desenvolvimento da cultura da soja na região de Santarém-PA, o clima, a facilidade do escoamento do grão pelo porto de Santarém (Cargil) e o custo das terras. Com relação ao clima, a chuva é um fator favorável, pois em média chove em torno de 2.000 mm/ano. O município de Santarém-PA, está sob a influência do clima tropical úmido, com variação térmica anual inferior a 5% e precipitação média anual em torno de 1820 mm (classe Ami conforme sistema Köppen) (Oliveira et al., 2020; Santos et al., 2021). A umidade relativa do ar apresenta valores superiores a 80% em quase todos os meses do ano (Costa et al, 2013, Alves et al., 2021). São definidos dois períodos, um chuvoso e outro menos chuvoso ou seco. O chuvoso coincide com os meses de dezembro a junho e o seco com os meses de julho a novembro (Alves et al., 2021), a mediana da precipitação pluvial fica em torno de 50 mm e o número de dias com chuva em torno de 5 dias (Oliveira et al., 2020). As temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses de junho a novembro (IBGE, 2021, Alves et al., 2021).

Tanto nas áreas de pecuária quanto da agricultura o modelo de desenvolvimento econômico, somado às questões culturais dos migrantes, ao desconhecimento ecológico da flora, fauna, solo, do regime hidrológico pelos produtores e o forte incentivo governamental à substituição da floresta por atividades agropecuárias causaram degradação das bacias hidrográficas da área de estudo. Em suma, o processo de interação homem-natureza ou sociedade-natureza

tomou por base o desmatamento, seguindo o pragmatismo economicista, com forte incentivo governamental à abertura de terras com intenso desflorestamento. (Bampi *et al.*, 2022, p. 32).

O Brasil se tornou um líder mundial na produção e exportação de uma das mais importantes commodities associadas ao risco ambiental que é a soja (Trase, 2018). O aumento de áreas na Amazônia para cultivo de soja, geram risco de desmatamento na Amazônia e potencial risco de perda do bioma. Em 2018 o bioma Amazônia foi responsável pela terceira maior quantidade de soja exportada pelo Brasil, 10.685.345 toneladas (Trase, 2018), equivale a aproximadamente 22 bilhões de metros cúbicos de água virtual exportada por tonelada de grãos de soja exportados, considerando a pegada hídrica média global da soja (2145 m³/TON), porém, se adotarmos o valor de 943,8 m³/ton, que propomos utilizar neste estudo, baseado nos resultados de Rodrigues Júnior, Dzieddzic e Pinheiro (2018) que concluíram que água virtual da commodities soja para Amazônia é 44% menor que a média global, chegamos ao resultado que apenas 10 bilhões de metros cúbicos de água virtual são exportados por toneladas de grãos de soja do bioma Amazônia (Tabela 2).

Quadro 2 - Proporção da média Global da água virtual em relação a Amazônia.

Média global da água virtual da <i>commodity</i> soja	2.145 m ³ /ton	Mekonnen & Hoekstra (2011)
Água virtual da <i>commodity</i> soja para Amazônia é 44% menor que a média global	943,8 m ³ /ton	Rodrigues Junior et al. (2018)

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O consumo efetivo de água, necessário para a obtenção do produto soja no bioma Amazônia é menor, devido ao grande volume de chuvas na região, resultando em uma pegada hídrica da soja menor para esse bioma comparado com a média mundial. Considerando essa afirmativa, isso resulta em um menor volume de água virtual exportada por este bioma. Porém, a Amazônia em 2018 foi o segundo bioma com maior risco de desmatamento para plantio de soja com 4,372 ha de área (TRASE, 2018). Quanto maior for a perda de florestas, a inibição das chuvas poderá ser intensa, e dar lugar a um círculo vicioso de incêndios na floresta, redução de vapor d'água e elevação da emissão de fumaça na atmosfera, com a consequente supressão da precipitação pluvial (Kohler et al, 2021). Com relação ao desenvolvimento sustentável na região amazônica será que é bem pesado uma vez que temos uma pegada hídrica da soja menor no bioma Amazônia, mas um aumento no desmatamento e perda de área do bioma Amazônia, resultando em consequências climáticas, pois este bioma é responsável por fornecer vapor d'água para o sul e sudeste do Brasil favorecendo as chuvas nessa região, assim, é possível um desequilíbrio nos recursos hídricos do Brasil.

4. Conclusão

O crescimento do escoamento da produção de soja pelos principais portos na região amazônica (Barcarena-PA, Santarém-PA e Itacoatiara-AM) nos mostra que é exportada junto com a soja milhões de m³ de água embutida. O volume de água virtual exportada cresce ano após ano, e os portos do Arco Norte estudados recebem cada vez uma demanda maior de grãos a serem exportados.

Um grande volume de água virtual exportada anualmente em destino de outros países, a cultura da soja é uma das culturas que vem crescendo no Brasil, vindo para o norte na região Amazônica onde os recursos hídricos são abundantes, sendo assim colaborando com o fluxo hídrico internacional de água virtual. Destaca-se que, por essa água ainda não ser contabilizada economicamente precisa-se ter mais consciência no que se consome e como se está gerenciado esse recurso, a

água é um recurso limitado sendo assim é necessário se fazer políticas de uso sustentável prevendo o futuro das próximas gerações e evitando o crescimento do desmatamento decorrente da facilidade de compra de terras e escoamento desses grãos pelos portos da região.

Com avanço progressivo da soja no oeste do Pará precisa-se de mais trabalhos explorando a temática, relacionando clima, fatores de poluição de solo e corpos d'água e ar, que já há indícios de possíveis impactos na região, esperamos ainda que esse trabalho tenha continuidade para novos avanços, podendo relacionar todas as vertentes que envolve a cultura da soja em nossa região.

Referências

- Allan, J. A. (1997). 'Virtual water': a long term solution for water short Middle Eastern economies? *Proceedings of the British Association Festival of Science*, Roger Stevens Lecture Theatre University of Leeds, September.
- Alves, A. R. D. C., Franco, J. R., Moura, E. R., Nagata, K. M. R., Santos, I. I. & Oliveira, L. L. (2021). A radiação solar é efetiva o ano inteiro para geração de energia solar fotovoltaica em Santarém-PA, Amazônia, Brasil? *Conjecturas*. 21(5), 509– 22. <https://doi.org/10.53660/CONJ-275-211>.
- ANA. (2019). Água no mundo. ana.gov.br/panoramadas-aguas/agua-no-mundo, 2019. - Agência Nacional de Águas (ANA). Brasil.
- ANEC. (2019). Dados de Exportações Mensais de Soja em Grão - Por Porto de Embarque – 2019. Associação Nacional dos Exportadores de Cereais (ANEC). <https://anec.com.br/article/estatisticas-de-exportacao-de-soja-2008-a-2019>.
- Bampi, A. C., et al. (2022) A questão hídrica no contexto da produção pecuária bovina na Amazônia norte mato-grossense: um quadro dos principais agravos. *Revista Research, Society and Development*. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35606>.
- Carmo, R. L., Ramos, A. L., Ojima, R. & Nascimento, T. T. (2007). Água virtual, escassez e gestão: O Brasil como grande “exportador” de água. *Ambiente & Sociedade*. 10(1), 83-96.
- Carvalho R. (1999). A Amazônia rumo ao “Ciclo da Soja”. In: *PROGRAMA Amazônia Amigos da Terra*. Informação e diálogo na sociedade amazônica. Set. 8p.
- Costa, D. et al. (2018). Dinâmica temporal da pegada hídrica por cultivar de soja em polo de grãos no Oeste do Pará, Amazônia. *Rev. Ambient. Água* <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2051>.
- Costa, A.C.L., Uchoa, P.W., Junior, J.A.S., Cunha, A.C., & Feitosa, J.R.P. (2013) Variações termohigrométricas e influências de processo de expansão urbana em cidade equatorial de médio porte. *Brazilian Geographical Journal, Ituiutaba*, 4, 615-632.
- EMBRAPA - Sistema de Inteligência Territorial Estratégica da Macrologística Agropecuária brasileira 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/macrologistica/exportacao>. Acesso em 30 nov. 2019.
- Gomes, M. A. F. (2009). A água nossa de cada dia. Geólogo, D. Sc. em Solos, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente. *Revista Eco – 21*. Edição 148.
- Hoekstra, A. Y & Hung, P. Q. (2002). Virtual Water Trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of Water Research Report Series, Netherland: UNESCO/IHE*, n. 11, p. 25-47.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. W. (2011) Manual Setting the Global Standard. *Water Footprint. Network*.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). Dados do Estado do Pará. Brasília: *Ministério da Economia*.
- Kohler, M. R., et al. (2021) O desmatamento da Amazônia brasileira sob o prisma da pecuária: a degradação dos recursos hídricos no contexto da região norte de Mato Grosso. *Revista Research, Society and Development*. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19252>.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2017). *Agroenergia*. <http://www.agricultura.gov.br>.
- Mekonnen, M. M & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops derived crop products v.1, *Value of Water Research Report Series No. 47, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands*.
- Oliveira, L. L. & Barreto, N. J. C., Jesus, E. S. & Canani, L. G. C. (2020). Efeitos dos eventos extremos climáticos na variabilidade hidrológica em um rio de Ecossistema Tropical Amazônico. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, Aracajú*, 11(4), 145-153. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0013>.
- Rodrigues, U. J. & Pedroso, I. C. G. B. (2018). O uso da água na produção sojeira em fazenda do município de Santarém, Amazônia, Brasil, *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, (CONGABA)* 9(6).
- Trase. (2018). Sustentabilidade das cadeias de produção, risco de desmatamento na exportação da soja brasileira: *Anuário Trase 2018*.
- Varela, O, C. et al. (2013). A handbook for the participatory process in ROBIN: *Development of methods for local stakeholder meetings*. Grenoble: Robin Consortium. 154 p.