

XIV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

PEGADA HÍDRICA DAS CULTURAS DE SOJA, ALGODÃO E MILHO NA REGIÃO OESTE DO ESTADO DA BAHIA

*Marisa Rodrigues Costa¹; Michel Castro Moreira²; Demetrius David da Silva³ &
Kalesson Martins de Alencar⁴*

RESUMO – A retirada de água doce para subsidiar as atividades agrícolas é estimada em 70% do consumo mundial. Na região Oeste da Bahia, maior polo agrícola do Estado, verifica-se o uso intensivo da água para a produção de *commodities* agrícolas. Em regiões com elevada demanda de água, a quantificação desse recurso pode ser realizada com a utilização de indicadores da pressão antrópica, como a Pegada Hídrica (PH). Deste modo, este trabalho determinou as Pegadas Hídricas das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia, através da caracterização das variáveis ambientais e levantamento dos dados de produção agrícola das culturas. O cálculo das Pegadas Hídricas das culturas foi realizado pela soma das Pegadas Hídricas Verde, Azul e Cinza. A Pegada Hídrica da soja correspondeu a 39.499.154.944 m³, o que representa 1.972,3 m³ por tonelada produzida, enquanto para o algodão foi de 11.788.649.314 m³ (1.825,2 m³/t) e para o milho de 6.807.029.185 m³ (512,4 m³/t). A análise dos resultados obtidos e a comparação dos valores de Pegada Hídrica de outras regiões internacionais e nacionais demonstram que as condições edafoclimáticas da região Oeste da Bahia são propícias ao desenvolvimento dessas culturas.

ABSTRACT – The withdrawal of fresh water to subsidize agricultural activities is estimated at 70% of world consumption. In the western region of Bahia, the main agricultural center of the State, there is the intensive use of water for the production of agricultural commodities. In regions with high water demand, the quantification of this resource can be performed using anthropic pressure indicators, such as the Water Footprint (PH). In this way, this work determined the Water Footprints of soybean, cotton and corn crops produced in the western region of the State of Bahia, through the characterization of the environmental variables and data collection of agricultural production of the crops. The calculation of the Water Footprints of the cultures was performed by the sum of the Green, Blue and Gray Water Footprints. The soybean Water Footprint corresponded to 39,499,154,944 m³, representing 1,972.3 m³ per ton produced, while for cotton it was 11,788,649,314 m³ (1,825.2 m³/t) and for maize of 6,807,029,185 m³ (512.4 m³/t). The analysis of the results obtained and the comparison of the Water Footprint values of others international and national regions show that the edaphoclimatic conditions of the West region of Bahia are propitious to the development of these cultures.

Palavras-Chave – Uso da água, *commodities* agrícolas, agricultura.

1) Bel. Engenharia Ambiental, UFOB, Barreiras-BA, marisagbi@hotmail.com
2) D.Sc. em Engenharia Agrícola, UFOB, Barreiras-BA, michelcm@ufob.edu.br
3) D.Sc. em Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG, demetrius@ufv.br
4) M.Sc. em Ciências Ambientais, UFOB, Barreiras-BA, kalesson@ufob.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A importância da preservação da água para a sustentabilidade do planeta, fornecendo recursos para assegurar a vida, a saúde e as atividades econômicas é hoje uma necessidade real e crescente, em decorrência da escassez quantitativa e qualitativa das fontes de abastecimento. Os principais usos da água doce são distribuídos mundialmente entre o uso doméstico (8%), a indústria (22%) e a agricultura (70%), sendo este último o que se destaca pelo maior consumo de água (GWS, 2012).

Na agricultura, o Brasil ocupa posição de destaque, com grandes áreas produtivas devido à disponibilidade de terras cultiváveis, recursos naturais favoráveis, além dos custos relativamente baixos de mão-de-obra (OJIMA, 2008). No Estado da Bahia, a região Oeste ganhou maior importância como principal polo agrícola, devido a suas características edafoclimáticas, ao incentivo governamental, as pesquisas e aos atores sociais envolvidos. A soja, o algodão e o milho ocupam o *raking*, respectivamente, das principais *commodities* produzidas na região (AIBA, 2015).

Para a produção dessas culturas, além da dependência das condições edafoclimáticas locais e dos sistemas de produção adotados, são necessários grandes volumes de água, utilizando muitas vezes técnicas de irrigação, a fim de se aumentar a produtividade das culturas (MULLER, 2012).

Apesar do desenvolvimento agropecuário, a região Oeste da Bahia, inserida no bioma Cerrado, tem apresentado, nos últimos anos, conflitos e questões ambientais controversas e relevantes, como o crescimento da supressão de vegetação nativa; a intensa utilização dos recursos hídricos para irrigação; o desmatamento irregular e queimadas; entre outras ações que podem ameaçar ainda mais a preservação do meio ambiente.

Na busca pela conservação do meio ambiente, evidencia-se a necessidade de se desenvolver e aplicar técnicas e ferramentas para o monitoramento, o controle e o uso eficiente da água. Neste sentido, a Pegada Hídrica (PH), que é definida como o volume de água utilizado para produzir determinado produto, mensurada no decorrer de toda a sua cadeia produtiva, pode ser utilizada como um indicador do uso direto e indireto da água.

A PH é dividida em três componentes: a Azul, que corresponde à água superficial e subterrânea incorporada ao processo produtivo através da irrigação; a Verde, que compreende a água da chuva, desde que não escoe; e a Cinza, sendo esta o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes (HOEKSTRA et al., 2011).

Deste modo, visando fornecer subsídios para a adoção de medidas de controle e monitoramento, minimizando a pressão e incentivando o uso racional da água, esse trabalho teve como objetivo determinar a Pegada Hídrica das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na região Oeste do Estado da Bahia (Figura 1), maior polo agropecuário da Bahia, em áreas produtivas com as culturas de soja, algodão e milho.

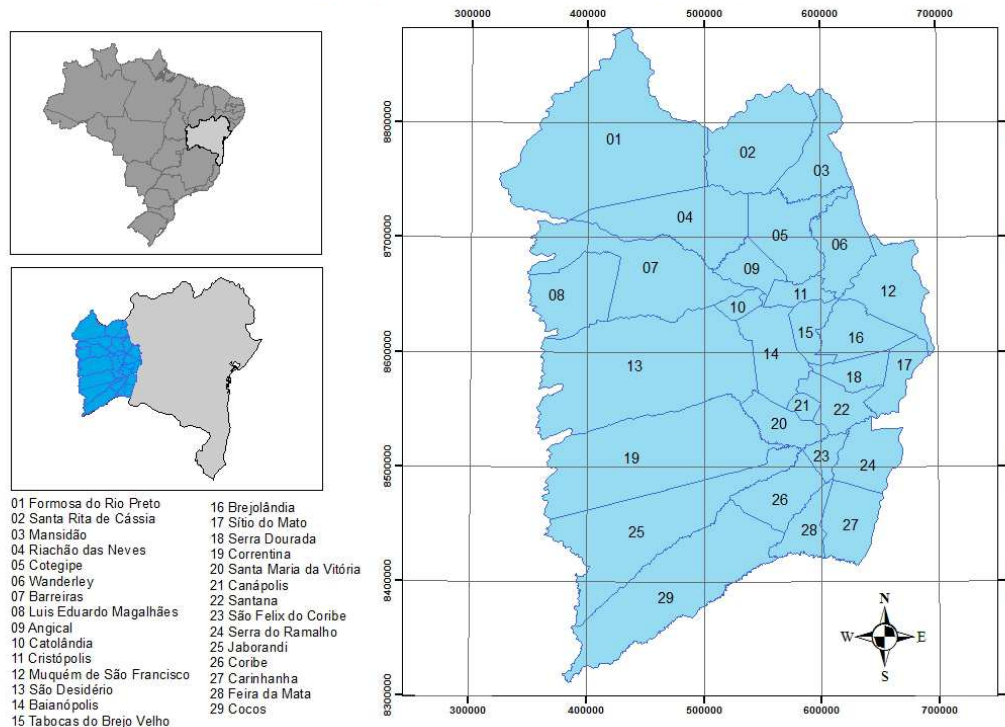


Figura 1. Localização da região Oeste do Estado da Bahia.

2.2. Caracterização das variáveis ambientais e de produção agrícola das culturas

Os dados climáticos da região foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), tendo-se adotado como referência a estação meteorológica Barreiras, localizada nas coordenadas geográficas de latitude $-12,15^\circ$ e longitude $-45,00^\circ$. Foram utilizados os dados médios mensais, do período de 1988 a 2017, da temperatura máxima, temperatura mínima, umidade do ar, velocidade do vento e irradiação solar.

Os dados das culturas de soja, algodão e milho, ao longo das suas diferentes fases de crescimento e desenvolvimento, foram obtidos na Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Os dados sobre os coeficientes de cultivo (K_c), duração dos estágios de desenvolvimento (inicial, desenvolvimento, média-estação, estação final), profundidade das raízes, fator de esgotamento, fator de resposta da produtividade e altura da cultura foram obtidos junto a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO).

Os dados de solo como tipo, capacidade de água disponível e taxa máxima de infiltração foram obtidos na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), enquanto a profundidade das raízes e esgotamento inicial da umidade do solo foram obtidos junto a FAO.

Os dados do poluente mais crítico utilizado nas culturas, bem como a taxa de aplicação por hectare de agroquímico no campo, utilizando dados da literatura. A concentração máxima aceitável do poluente foi determinada pela Resolução CONAMA nº 357/2005. A fração de lixiviação do escoamento e a concentração natural do poluente no corpo hídrico receptor foram obtidas em Hoekstra et al. (2011).

A produtividade das culturas foi obtida por meio do cruzamento dos dados da área plantada e produção, gerados na série histórica da produção agrícola municipal, disponível pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA.

2.3. Cálculo da Pegada Hídrica das culturas

O cálculo da Pegada Hídrica das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia foi realizado para o período de 2012 a 2016, de acordo com a metodologia de Hoekstra et al. (2011):

$$PH = PH_{\text{verde}} + PH_{\text{azul}} + PH_{\text{cinza}} \quad (1)$$

em que: PH corresponde a Pegada Hídrica (m^3/t); PH_{verde} é Pegada Hídrica Verde (m^3/t); PH_{azul} é a Pegada Hídrica Azul (m^3/t); e PH_{cinza} é a Pegada Hídrica Cinza (m^3/t).

2.3.1. Pegada Hídrica verde e azul das culturas

Considerando o ciclo de desenvolvimento das culturas, os componentes verde e azul da Pegada Hídrica foram calculados pelas Equações 2 e 3.

$$PH_{\text{verde}} = \frac{DHC_{\text{verde}}}{Prtv} \quad (2)$$

em que: DHC_{verde} corresponde ao Componente verde da demanda hídrica da cultura (m^3/ha); e $Prtv$ é a Produtividade da cultura (t/ha).

$$PH_{\text{azul}} = \frac{DHC_{\text{azul}}}{Prtv} \quad (3)$$

em que: DHC_{azul} corresponde ao Componente azul da demanda hídrica da cultura (m^3/ha).

A utilização da água verde pela cultura representa o total da água de chuva evapotranspirado da cultura durante o período de desenvolvimento, enquanto o uso da água azul representa o total da água de irrigação evapotranspirada.

2.3.1.1. Demanda Hídrica das culturas

Os componentes verde e azul da Demanda Hídrica da Cultura (m^3/t) foram calculados com base na evapotranspiração diária acumulada, durante o ciclo completo de desenvolvimento da cultura:

$$DHC_{\text{verde}} = 10 \sum_{d=1}^{pdc} ET_{\text{verde}} \quad (4)$$

em que: ET_{verde} corresponde a Evapotranspiração da água verde (mm/dia).

$$DHC_{\text{azul}} = 10 \sum_{d=1}^{pdc} ET_{\text{azul}} \quad (5)$$

em que: ET_{azul} corresponde a Evapotranspiração da água azul (mm/dia).

O fator 10, conforme explicam Hoekstra et al. (2011), visa converter a profundidade da água de milímetros em volumes de água por superfície terrestre (m^3/ha). O somatório foi realizado ao longo de todo o ciclo da cultura, desde o dia do plantio até o dia da colheita.

2.3.1.2. Evapotranspiração verde e azul das culturas

Os cálculos de Evapotranspiração verde (ET_{verde}) e azul (ET_{azul}), expressos em mm/dia, basearam-se nas Equações 6 e 7, e foram realizadas através do programa computacional CROPWAT 8.0.

$$ET_{\text{verde}} = \min(ET_c, P_{\text{efet}}) \quad (6)$$

em que: P_{efet} corresponde a Precipitação efetiva (mm).

$$ET_{\text{azul}} = \min(0, ET_c - P_{\text{efet}}) \quad (7)$$

em que: ET_c corresponde a Evapotranspiração de água verde (mm/dia).

Os fluxos foram expressos em milímetros no período de dez dias, conforme o tempo de simulação indicado por Hoekstra et al. (2011).

2.3.2. Pegada Hídrica cinza das culturas

O componente cinza da PH do crescimento de uma cultura foi calculado pela equação:

$$PH_{\text{cinza}} = \frac{(\alpha \cdot \text{TAQ}) / (c_{\text{max}} - c_{\text{nat}})}{Y} \quad (8)$$

em que: α corresponde a Fração de lixiviação/escoamento (ton/ano); TAQ é a Taxa de aplicação por hectare dos agroquímicos no campo (kg/ha); c_{max} é a Concentração máxima aceitável (kg/m^3); c_{nat} é a Concentração natural do poluente no corpo d'água receptor (kg/m^3); e Y é a Produtividade da cultura (ton/ha).

Conforme apontado na literatura, o nitrogênio é o agroquímico utilizado em maior volume no cultivo da soja, algodão e milho. Para o valor da fração de lixiviação/escoamento, Hoekstra et al. (2011) recomendam utilizar 10% para os fertilizantes nitrogenados. Já para as concentrações naturais, os autores sugerem que, não havendo informação disponível, deve-se assumir a c_{nat} de acordo com a melhor estimativa ou igual a zero.

Na concentração máxima aceitável, foram utilizados os valores determinados na Resolução CONAMA nº 357, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, apresentando o valor de 3,7 mg/l ou 0,037 kg/m^3 .

3. RESULTADOS

3.1. Pegada Hídrica Verde, Azul e Cinza das culturas

Na Tabela 1 apresenta-se, para os anos de 2012 a 2016, a PH Verde das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia.

Tabela 1. Pegada Hídrica Verde das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia

Ano	Pegada Hídrica Verde					
	Soja (m^3/t)	Soja (m^3)	Algodão (m^3/t)	Algodão (m^3)	Milho (m^3/t)	Milho (m^3)
2012	1.586,6	5.265.474.651	1.448,0	1.849.915.506	522,8	1.147.108.564
2013	1.804,6	5.735.553.381	1.180,4	1.221.798.548	548,7	1.083.066.120
2014	1.478,2	6.044.332.167	997,8	1.561.350.214	408,3	1.492.053.736
2015	1.297,0	6.818.835.609	1.042,8	1.536.552.691	395,5	1.230.318.372
2016	1.608,3	7.276.843.404	1.118,2	1.306.225.104	319,0	877.229.204
Média	1.554,9	6.228.207.842	1.157,4	1.495.168.412	438,9	1.165.955.199

Na Tabela 2 apresenta-se, para os anos de 2012 a 2016, a PH Azul das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia.

Tabela 2. Pegada Hídrica Azul das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia

Ano	Pegada Hídrica Azul					
	Soja (m ³ /t)	Soja (m ³)	Algodão (m ³ /t)	Algodão (m ³)	Milho (m ³ /t)	Milho (m ³)
2012	258,6	858.151.361	535,6	684.288.762	17,8	39.071.151
2013	294,1	934.763.391	436,6	451.946.596	18,7	36.889.830
2014	240,9	985.087.237	369,1	577.547.678	13,9	50.820.174
2015	211,4	1.111.313.499	385,7	568.375.007	13,5	41.905.323
2016	262,1	1.185.958.244	413,6	483.176.208	10,9	29.878.911
Média	253,4	999.732.340	428,1	553.066.850	15,0	39.713.077

Na Tabela 3 apresenta-se, para os anos de 2012 a 2016, a PH Cinza das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia.

Tabela 3. Pegada Hídrica Cinza das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia

Ano	Pegada Hídrica Cinza					
	Soja (m ³ /t)	Soja (m ³)	Algodão (m ³ /t)	Algodão (m ³)	Milho (m ³ /t)	Milho (m ³)
2012	167,3	555.078.500	299,7	382.926.000	69,8	153.220.200
2013	190,2	604.633.500	244,3	252.908.000	73,3	144.666.000
2014	155,8	637.184.500	206,5	323.194.000	54,5	199.294.800
2015	136,7	718.831.500	215,9	318.061.000	52,8	164.334.600
2016	169,5	767.114.000	231,5	270.384.000	42,6	117.172.200
Média	163,9	656.568.400	239,5	309.494.600	58,6	155.737.560

Na Figura 2 é apresentada a porcentagem das Pegadas Hídricas Verde, Azul e Cinza das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia. Pela análise dos dados da Figura 2 verifica-se a influência do consumo de cada tipo de água nas diferentes culturas.

Observa-se na Figura 2 que a cultura que demanda maior quantidade de água verde, que compreende a água da chuva, desde que não escoe, é o milho (85,6%), seguido da soja (78,8%) e o algodão (70%).

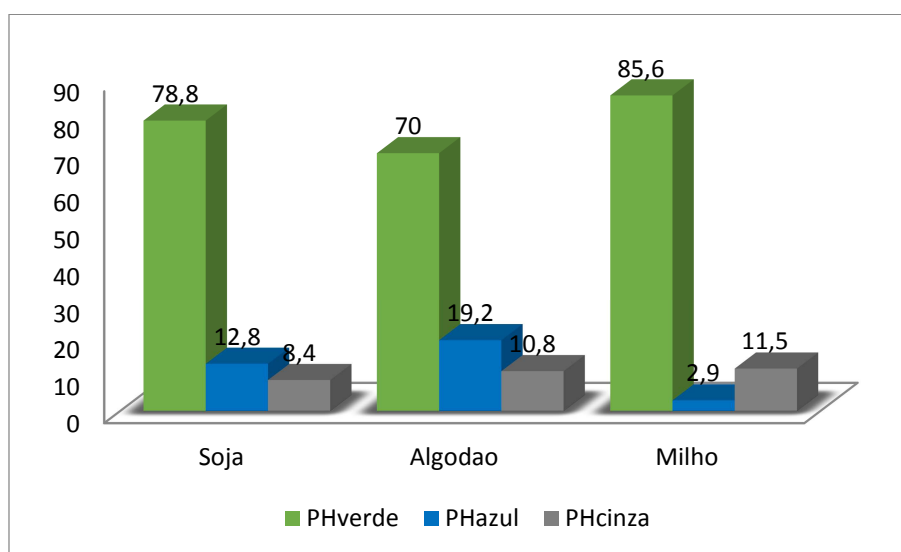


Figura 2. Porcentagem das Pegadas Hídricas Verde, Azul e Cinza das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia.

Em relação a água azul, que é água subterrânea (lençóis freáticos) e de superfície (rios, lagos e reservatórios) incorporada ao processo produtivo através da irrigação, a cultura de maior demanda é o algodão, com 19,2%; seguida da soja, com 12,8%; e o milho, com 2,9%.

A PH cinza, que corresponde a água doce necessária para assimilar a carga de poluentes, é maior no cultivo do milho (11,5%), seguida do algodão (10,8%) e da soja (8,4%).

3.2. Pegada Hídrica Total das culturas

A PH Total, que corresponde ao somatório das Pegadas Hídricas Verde, Azul e Cinza, para as culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia é apresentada na Tabela 4.

Comparando os valores médios obtidos em outros trabalhos, Mekonnen e Hoekstra (2014) encontraram uma PH média de 2.107 m³/t para a soja, enquanto Huang et. al (2012) obtiveram o valor de 1.816 m³/t ao estudar a cultura da soja em Pequim. Bleninger e Kotsuka (2015) realizaram um estudo no Brasil e obtiveram um valor de 2.210 m³/t para a soja cultivada em Maringá, Paraná, de modo que analisando os valores obtidos para a PH da soja em trabalhos internacionais e nacionais, verifica-se que os valores obtidos são condizentes com o encontrado neste estudo (1.972,3 m³/t).

Para o algodão, obteve-se para a região Oeste a Bahia uma PH média de 1.825,2 m³/t, abaixo da média obtida por Mekonnen e Hoekstra de 2.517 m³/t em 2011 e 3.589 m³/t em 2014. Na pesquisa conduzida por Chapagain et al. (2006), os autores encontraram para os Estados Unidos PH de 2.249 m³/t, enquanto na Argentina de 7.700 m³/t e na Índia de 8.662 m³/t, demonstrando que esse valor pode ser bastante variável de acordo com cada região.

Para a cultura do milho, Chapagain e Hoekstra (2004) obtiveram os valores de 489 m³/t para os USA, 801 m³/t para a China, 501 m³/t para a Itália e 1.937m³/t para a Índia. No trabalho de Mekonnen e Hoekstra (2011), os autores obtiveram o valor de 1.222 m³/t e em estudo posterior (Mekonnen e Hoekstra, 2014) os autores obtiveram o valor de 1.028 m³/t, valor acima de

Tabela 4. Pegada Hídrica Total das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia

Ano	Pegada Hídrica					
	Soja (m ³ /t)	Soja (m ³)	Algodão (m ³ /t)	Algodão (m ³)	Milho (m ³ /t)	Milho (m ³)
2012	2.012,4	6.678.704.512	2.283,3	2.917.130.268	610,5	1.339.399.915
2013	2.288,9	7.274.950.272	1.861,4	1.926.653.144	640,6	1.264.621.950
2014	1.875,0	7.666.603.904	1.573,4	2.462.091.892	476,8	1.742.168.710
2015	1.645,1	8.648.980.608	1.644,4	2.422.988.698	461,8	1.436.558.295
2016	2.040,0	9.229.915.648	1.763,3	2.059.785.312	372,5	1.024.280.315
Média	1.972,3	39.499.154.944	1.825,2	11.788.649.314	512,4	6.807.029.185

512,4 m³/t, o qual foi obtido para a PH do milho na região Oeste da Bahia.

Os valores obtidos de Pegada Hídrica das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste da Bahia corroboram os diferentes trabalhos observados na literatura. Contudo, podemos observar que esses valores também apresentam variação em virtude das características edafoclimáticas e da capacidade produtiva da região.

A região Oeste da Bahia possui características adequadas para a agricultura, como relevo plano, clima favorável à agricultura e disponibilidade hídrica, predicados que contribuem para um melhor aproveitamento dos recursos hídricos, com valores sempre no patamar mais baixo da Pegada Hídrica obtida em outras regiões.

Verificam-se que os valores da Pegada Hídrica, no decorrer dos anos (Figura 3), apresenta variação. Em 2013 e 2015, a produtividade da soja caiu e sua área plantada aumentou, conseqüentemente sua PH foi mais elevada que os anos onde sua produtividade era maior.

Já para a cultura do algodão, até o ano de 2014, a Pegada Hídrica estava em decréscimo, contudo, quando após esse período a PH começou a aumentar, pode-se considerar o fato da pluviosidade desse período ter sido menor que os outros anos, utilizando a água azul para suprir suas necessidades hídricas.

Os altos índices pluviométricos em período regular oferecem vantagens de maiores rendimentos, podendo otimizar os sistemas de irrigação e conseqüentemente minimizar a PH. Ainda assim, qualquer intervenção hídrica deve ocorrer de forma sistêmica, considerando que nesta região estão as nascentes de importantes rios, necessitando, desta forma, de um programa de gestão de seus recursos hídricos, a fim de que esses atendam as demandas atuais e futuras.

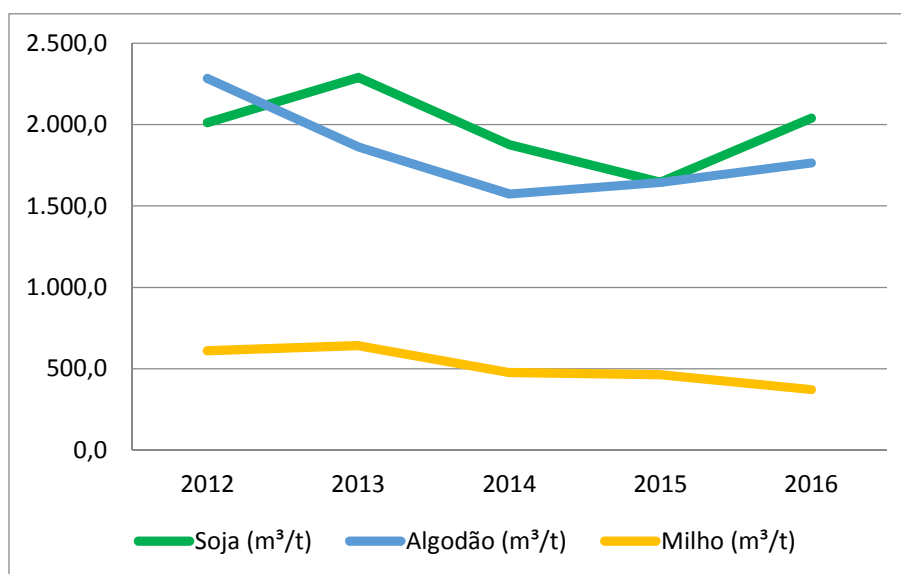


Figura 3. Pegada Hídrica Total das culturas de soja, algodão e milho produzidas na região Oeste do Estado da Bahia.

4. CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos e a comparação dos valores de Pegada Hídrica de outras regiões internacionais e nacionais demonstram que as condições edafoclimáticas da região Oeste da Bahia são propícias ao desenvolvimento dessas culturas.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. FAO: Estudio sobre Riego y Drenaje Roma, Italy, 298 p.
- ASSOCIAÇÃO DOS AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA [AIBA]. (2015). *Anuário agropecuário do Oeste da Bahia - Safra 2014/15*. Barreiras: Ouza Editora.
- BLENINGER, T.; KOTSUKA, L. K. (2015). “*Conceitos de água virtual e pegada hídrica: Estudo de caso da soja e óleo de soja no Brasil*”. Recursos Hídricos, Assoc.Portuguesa dos Rec.Híd., 36-1,
- CHAPAGAIN, A.K; HOEKSTRA, A.Y. (2004). “*Water footprints of nations. (The Value of Water Research Report Series; No. 16)*”. Delft: Unesco-IHE Institute for Water Education.
- CHAPAGAIN, A.K.et al. (2006). “*The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries*”. Ecological Economics, 60: 186-203.
- COELHO A.M (2006). “*Nutrição e Adubação do Milho*”. Sete Lagoas, Brasil: Embrapa, 10p.
- MALUF, J.R.T. et al. (2004). “*Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de feijão safrinha no estado do Rio Grande do Sul: períodos favoráveis de semeadura por município, safra 2004-2005*”. Passo Fundo, Brasil: Embrapa, 20p.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. (2017). *Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 75p.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005). *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005*. Ministério do Meio Ambiente, 23p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2000). “*Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil*”. Embrapa Soja. - Londrina: 245p.
- GLOBAL WATER SECURITY [GWS]. (2012).“*Special report*”. Estados Unidos: Intelligence Community Assessment.
- GONÇALVES, A. D. M. A.; LIBARDI, P. L. (2013). “*Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo*”. R. Bras. Ci. Solo, 37: 1174-1184.
- HOEKSTRA, A. Y. et al.(2011). *Manual de avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o padrão global*. Earthscan, 2011.
- HUANG, J. et al. (2012). “*The impact of local crops consumption on the water resources in Beijing*”. J. Clean. Prod. 21 (1), 45–50.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. (2011). “*The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*”. Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 1577–1600.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. (2014). “*Water footprint benchmarks for crop production: A first global assessment*”. Ecological Indicators, 46, 214–223
- MULLER, G.T. (2012).“*Emprego de pegada hídrica e da análise do ciclo de vida para a avaliação do uso da água na cadeia produtiva do biodiesel de soja*”. Dissertação de Mestrado em recursos hídricos e saneamento ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- OJIMA, A.L.R.; et al.(2008). “*A (nova) riqueza das nações: exportação e importação brasileira da água virtual e os desafios frente às mudanças climáticas*”. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária. v. 1, n. 1. p. 64-73, 2008.
- STEDUTO, P. et al. (2012). “*Crop yield response to water*“. FAO, Land and Water Division, Rome, Italy, 505p.