



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Pegada Hídrica da Produção de Cana-de-açúcar do Município de Juazeiro na Bahia



Erika Ferreira Moura¹; Camila da Silva. Dourado²; Jurandir Zullo Júnior³

¹ Geógrafa, Doutoranda no Núcleo de Estudos e Pesquisas em Ambiente e Sociedade, UNICAMP, Campinas – SP, erika.moura03@gmail.com

² Eng.^a Agrônoma, Doutoranda pela Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP, camila.dourado@feagri.unicamp.br
³ Matemático e Eng Agrônomo, doutorado em Engenharia da Computação, pesquisador do CEPAGRI/UNICAMP, Campinas-SP
jurandir@cpa.unicamp.br

RESUMO: O presente trabalho procurou identificar impactos sobre os recursos hídricos devido à expansão da cultura de cana-de-açúcar destinada à produção de etanol no município de Juazeiro –BA, onde a prática de irrigação se faz necessária de maneira permanente. Como os critérios relacionados ao uso da água e pressões sobre recursos hídricos são incipientes, sobretudo na fase agrícola da produção de etanol, e cenários futuros sobre mudanças climáticas para a região já apontam aumento de temperatura e variação no regime de chuvas, há uma grande necessidade de mensurar e discutir a questão do uso da água na expansão do setor sucroalcooleiro. Para isso, utilizamos a metodologia da “Pegada Hídrica”, que por meio do modelo CROPWAT 8, contabilizamos a quantidade de água utilizada na fase agrícola da produção do etanol em suas três fases: com a irrigação (pegada azul), bem como, o volume de água da chuva evapotranspirado (pegada verde) e o total de água contaminada durante o processo (pegada cinza). Além disso, mensuramos as “Pegadas Hídricas” dos estados de São Paulo (maior produtor de cana-de-açúcar do país) e de Goiás (terceiro maior produtor) a fim de utilizá-los como dados comparativos para o nosso estudo. Os resultados indicaram que a pegada hídrica total foi estimada de Juazeiro foi 9,93m³ de água por tonelada de cana produzida (tc). Deste montante, 6,08m³/tc representa a pegada hídrica verde e 3,85m³/tc representa aproximadamente a pegada hídrica azul, ou seja, o montante de água necessária via irrigação. A pegada hídrica cinza foi contabilizada juntamente com a pegada azul (0,82m³/tc), já que expressa a poluição da água em termos de volume poluído, podendo ser comparada com o consumo de água. A pegada hídrica do estado de Goiás foi de 282 m³ por tonelada de cana produzida e para São Paulo foi estimada a pegada hídrica em 200 m³/ tc. Pode-se inferir que a demanda hídrica da cultura de cana por unidade de área em Juazeiro, é superior às demais regiões usadas em termos comparativos, devido ao seu valor e à alta evapotranspiração, delineando um cenário onde a produção de cana representa um grande impacto no uso dos recursos hídricos da região.

PALAVRAS-CHAVE: Impacto ambiental, Recursos Hídricos, Pegada hídrica; Cana-de-açúcar.

Water Footprint of cane sugar in the city of Juazeiro production in Bahia

ABSTRACT: This study sought to identify impacts on water resources due to the expansion of cultivation of sugarcane for the production of ethanol in the city of Juazeiro -BA, where the practice of irrigation is needed permanently. The criteria related to the use of water and on water resources pressures are incipient, especially in the agricultural phase of ethanol production, and future scenarios of climate change for the region already point rise in temperature and changes in rainfall patterns, there is a great need to measure and discuss the issue of water use in the expansion of this sector. For this, we used the methodology of the "Water Footprint", which through CROPWAT 8.0 model accounted for the amount of water used in agricultural production stage of ethanol in three phases: with irrigation (blue footprint), as well as the volume of rain water evapotranspirado (green footprint), and the total water contaminated during the process (gray footprint). In addition, we measure the "Footprints Hydro" the states of São Paulo (the largest producer of sugarcane in the country) and Goiás (third largest producer) in order to use them as comparative data for our study. The results indicated that the total water footprint was



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

estimated Juazeiro was 9,93m³ of water per ton of sugarcane produced (tc). Of this amount, 6,08m³ / tc is the green water footprint and 3,85m³ / tc is about the blue water footprint, ie the amount of water needed by irrigation. The gray water footprint was recorded along with the blue footprint (0,82m³ / tc), since water pollution expressed in terms of polluted volume, but may be compared with the consumption of water. The water footprint of Goiás was 282 cubic meters per ton of sugarcane produced and São Paulo was estimated the water footprint of 200 m³ / tc. It can be inferred that the water demand of sugar cane per unit area in Juazeiro, is superior to other regions used for comparison, because of the value and high evapotranspiration, outlining a scenario where sugar cane production is a big impact the use of water resources of the region.

KEYWORDS: Environmental impact, water resources, water footprint; Sugarcane.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar exerce uma grande importância socioeconômica no cenário agrícola nacional. A expansão expressiva dos limites das fronteiras agrícolas nas áreas cultivadas com esta cultura vem alcançando o nordeste brasileiro, devido aos avanços da tecnologia de irrigação, que proporcionam alto desenvolvimento das plantas e alta produtividade com a associação da irrigação com a fertirrigação (ANDRADE JUNIOR et al., 2012).

Em função de sua importância para o setor agrícola e energético nacional, é necessário saber como essa cultura interage com o meio para que haja maior eficiência do seu uso e diminuição dos impactos. Estudos que mensurem a quantidade de água utilizada na produção agrícola, principalmente da cultura da cana-de-açúcar que está em expansão no município, e diagnostiquem seus possíveis impactos, torna-se ferramenta fundamental para uma boa gestão dos recursos hídricos. Neste sentido, uma ferramenta reconhecida para o estudo do uso da água para uma determinada cultura é a “Pegada Hídrica” que é comumente usada como indicador do consumo de água de pessoas e produtos em diversas partes do mundo e para diversas áreas da ciência (ZHAO et al., 2009; ROMAGUERA et al., 2010; FENG et al., 2011).

Em particular, o município de Juazeiro na Bahia tem se destacado nos últimos anos, principalmente no setor da fruticultura. Os avanços mais significativos ocorreram justamente nos cultivos irrigados, como abacaxi, manga, uva, coco e cana de açúcar (IBGE, 2014) que se beneficiaram do aumento do perímetro irrigado no Vale do São Francisco e de novas tecnologias agrícolas. No entanto, o município apresenta grande parte de sua extensão territorial sob áreas com risco de desertificação, devido à escassez das chuvas, secas prolongadas, alta evapotranspiração, bem como, intensa exploração agrícola e manejo inadequado. Isto favorece o processo de degradação do solo, tornando-o improdutivo.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi quantificar o volume de água utilizado para produção de cana-de-açúcar e identificar os impactos para os recursos hídricos, no município de Juazeiro na Bahia, utilizando a metodologia da pegada hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Juazeiro está localizado a -9°26'18'' de latitude e 40°30'19'' de Longitude, apresenta uma área de clima semiárido e bioma caatinga. A precipitação média anual é de 399 mm, podendo variar de 1055 mm a 98 mm. A temperatura média anual é de 24,2 °C, com máxima mensal de 43,6 °C e mínima mensal de 20,3 °C.

Área de Estudo: Juazeiro - BA

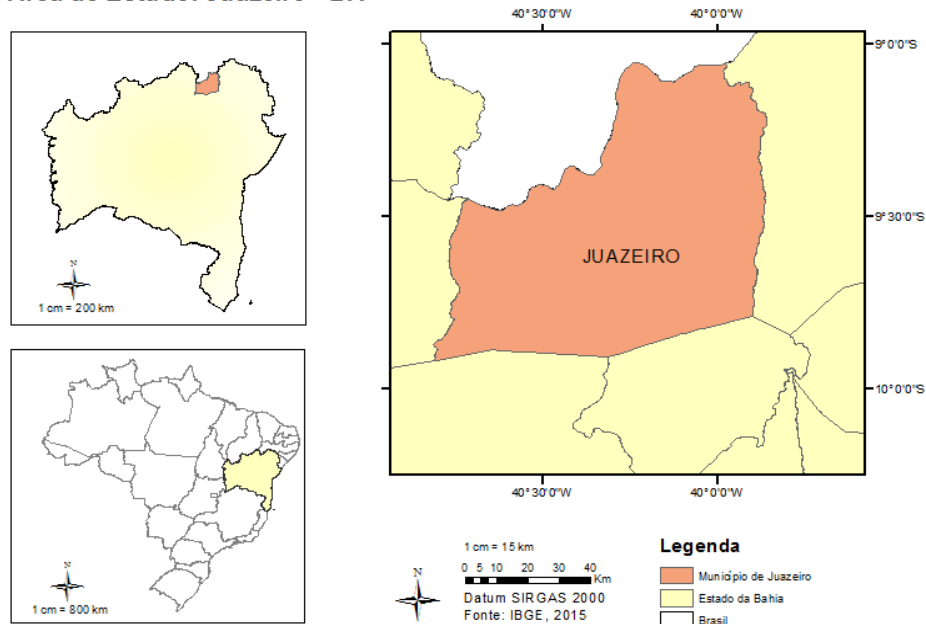


Figura 1. Localização do município de Juazeiro no estado da Bahia.

Para estimar os volumes de água necessários durante o ciclo da cana-de-açúcar, para repor as perdas por evapotranspiração, oriundos da precipitação (água verde) e da irrigação (água azul), foi aplicado o modelo CROPWAT 8.0. Foram utilizadas informações do solo, clima, características da cultura e manejo de irrigação como entrada no modelo.

Com os dados de saída do modelo foi calculada a pegada hídrica. Para isto, foram utilizados dados de Parâmetros da Cultura e Manejo, tais como: coeficiente da cultura (K_c), calendário de plantio, produtividade média da região, manejo da irrigação, método e eficiência da irrigação e; capacidade de água disponível (CAD). Também foram utilizados dados climáticos, tais como: temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, velocidade do vento (km/h), Insolação, radiação solar média e precipitação.

Ressalta-se que para o cálculo da pegada hídrica da cultura analisada, foram consideradas condições de irrigação de forma a evitar qualquer estresse hídrico durante todo o período de desenvolvimento da cultura. Para este cálculo foi considerado o ciclo completo de crescimento da planta.

A análise dos tipos de PH foi realizada da seguinte forma: Evapotranspiração azul (ETazul) = min (irrigação líquida total, demandas reais de irrigação); e Evapotranspiração ajustada da cultura (ETA) = ETazul + Evapotranspiração Verde (ETverde). Após o cálculo das ETazul e ETverde das culturas (mm/período de crescimento), estes valores são convertidos para m^3/ha multiplicando pelo fator 10.

A componente verde da pegada hídrica da cultura (PHverde, m^3/ton) é calculada como a Demanda Hídrica da Cultura (DHCverde, m^3/ha) dividida pela produtividade da cultura (Prtv, ton/ha). A componente azul (PHazul, m^3/ton) é calculada de maneira semelhante. A componente cinza da pegada hídrica do processo de uma cultura primária (m^3/ton) é calculada com base na carga de poluentes que é lançada no sistema hídrico (kg/ano), dividida pela diferença entre o padrão de qualidade da água em seu estado natural definido para aquele poluente (a concentração máxima aceitável - c_{max}) e sua concentração natural no corpo de água receptor (c_{nat}).

Para o cálculo da pegada cinza foi considerado apenas o uso de nitrogênio, o que levará a uma estimativa conservadora do componente cinza, uma vez que o efeito da aplicação de outros nutrientes,

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

pesticidas e herbicidas no ambiente não foi analisado. Assumiu-se que a quantidade de nitrogênio que atinge os corpos de água correntes é equivalente a 10% da taxa de fertilizantes aplicada (em kg/ha/ano) (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008).

O volume total necessário de água por tonelada de nitrogênio (N) é calculado com base no volume que é lixiviado ou escoado (t/t) e na concentração máxima permitida nos corpos de água superficiais. Como padrão de qualidade da água em seu estado natural para o nitrogênio, adotou-se o equivalente a 10 mg/litro (medido como N) (WHO, 2006). Esse limite foi utilizado para calcular o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes. Por falta de dados adequados, a concentração natural no corpo de água receptor foi considerada igual à zero.

De forma a gerar informações para uma análise comparativa da pegada hídrica da produção de cana-de-açúcar em Juazeiro com outras regiões do Brasil foi calculada a pegada hídrica da produção de cana-de-açúcar para o estado de São Paulo (maior produtor de cana-de-açúcar do país), e para Goiás (terceiro maior produtor).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pegada hídrica total foi estimada em 9,93m³ de água por tonelada de cana produzida. Deste montante, 6,08m³/tc representa a pegada hídrica verde e 3,85m³/tc a pegada hídrica azul, ou seja, o montante de água necessária via irrigação. A pegada hídrica cinza foi contabilizada juntamente com a pegada azul (0,82m³/tc), já que expressa a poluição da água em termos de volume poluído, podendo ser comparada com o consumo de água.

Uma análise comparativa dos dados estimados para a pegada hídrica azul da produção total de cana-de-açúcar em Goiás (5.780 m³/ha) com dados observados de outorgas de direito de uso de água com finalidade de irrigação da cultura da cana (5.498 m³/ha) nesta área, permite inferir que os valores estimados pelo modelo apresentaram forte semelhança com os dados reais, implicando um erro absoluto médio de 282 m³/ha. Importante ressaltar que a outorga representa uma autorização de uso potencial e não de uso efetivamente realizado.

A análise comparativa da pegada hídrica da produção de cana-de-açúcar entre regiões produtoras considerou a pegada hídrica da produção de cana-de-açúcar para o estado de São Paulo, maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil. A pegada hídrica foi estimada em 200 m³ de água por tonelada de cana produzida. Deste montante, 153m³/tc representa a pegada hídrica verde e 47m³/tc a pegada hídrica azul, ou seja, o montante de água necessária via irrigação. A pegada hídrica cinza foi contabilizada juntamente com a pegada azul (7m³/tc), já que expressa a poluição da água em termos de volume poluído, podendo ser comparada com o consumo de água. Ressalta-se que para este cálculo foi considerado o manejo de irrigação no modelo CROPWAT — “irrigar quando o índice de depleção for crítico” e — “recompôr o solo até a capacidade de campo”, o que pode levar a um valor sobrestimado da pegada azul.

A fim de ilustrar melhor onexo água – energia também foi calculada a eficiência do uso da água na produção de etanol de cana-de-açúcar para a região de estudo. Para a produção de 1 litro de etanol, considerando uma média de 85 l/tc produzida e 9,1m³ de água consumida por tonelada de cana processada nas destilarias (valor adicionado ao cálculo da pegada azul da fase agrícola), pode-se inferir uma pegada hídrica de 20,85m³/GJ de etanol, sendo 13,34m³/GJ relativo à água verde (crescimento da biomassa) e 7,29m³/GJ relativo à água azul (irrigação e consumo industrial) e a água cinza da etapa agrícola. Não foi considerada a pegada cinza da fase industrial.

Considerando o nexo uso do solo – água, a demanda hídrica da cultura de cana por unidade de área (hectare) é superior às demais regiões usadas em termos comparativos, devido à alta evapotranspiração da área de estudo. Assim, a pressão sobre os recursos hídricos por hectare produzido de cana-de-açúcar (2.630 m³/ha), considerando apenas a componente azul da demanda hídrica, é superior a pressão exercida nos estados de São Paulo e de Goiás. Ou seja, cada hectare de expansão da cultura de cana-de-açúcar acarretará maior pressão quantitativa sobre os recursos hídricos da bacia do São Francisco para fins de irrigação.

Não menos relevante é a pegada hídrica verde, que é o volume de água da chuva evapotranspirado pela cultura ao longo do período de crescimento que fica temporariamente indisponível para escoamento e infiltração. Neste caso, também, a cultura de cana-de-açúcar em Juazeiro-BA apresenta maior apropriação de água por área produzida do que São Paulo e Goiás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; DUARTE, J. A. L.; BRAGA, D. L.; NOLETO, D. H.. Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.1, p.76-84, jan. 2012.

CODEVASP- Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados/elenco-de-projetos/tourao>. Acessado em: fevereiro de 2015.

HOEKSTRA, A. Y. E CHAPAGAIN, A. K.. *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*, Blackwell Publishing, Oxford , 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/> acessado em: maio de 2014. Acessado em: março de 2015.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Produção e Agroenergia. **Anuário Estatístico da Agroenergia**. 2012.

SINGH, P. N.; SHUKLA, S. K.; BHATNAGAR, V. K. Optimizing soil moisture regime to increase water use efficiency of sugarcane (*Saccharum*spp. hybrid complex) in subtropical India. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 90, p. 95-100, 2007.

WHO - World Health Organization. "International Program on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 5: Nitrates, Nitrites, and N-Nitroso Compounds."2006.

ZHAO, X.; CHEN, B.; YANG, Z. F. **National water footprint in an input–output framework-A case study of China 2002**. *Ecological Modeling*, v.220, p.245-253, 2009.