



Pegadas hídricas em sistemas agropecuários na região semiárida do Nordeste do Brasil¹

Water footprints in farming systems in the semiarid region of Northeastern Brazil

André Luiz de Carvalho*² e Rômulo Simões Cezar Menezes³

Resumo - A disponibilidade de água é um aspecto de relevância global nos dias atuais. O setor agropecuário é responsável pelo consumo da maior parte dos recursos hídricos utilizados pela humanidade, portanto é essencial verificar o efeito das tecnologias no consumo de água pelas plantas. A pegada hídrica avalia as necessidades de água para as culturas, bem como os fluxos de água virtual relacionados ao comércio de produtos vegetais. Assim, objetivou-se com esse trabalho determinar a pegada hídrica de diferentes culturas agrícolas da região semiárida do Nordeste brasileiro, cultivadas sob diferentes tipos de manejo, como adubação e densidades de plantio. As culturas agrícolas analisadas nesse trabalho foram: palma forrageira (*Opuntia* sp.), capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). A pegada hídrica foi calculada através de dados de produtividade das culturas e pela quantidade de precipitação pluvial ocorrida durante o período de crescimento dessas culturas. A palma teve pegada hídrica reduzida com aumento da densidade de plantio e aumento da quantidade de fósforo no solo (53%). No capim-buffel a redução ocorreu devido ao uso de adubo químico (23%) e esterco bovino (28%). No milho o consumo foi reduzido utilizando adubação com gliricídia (38%) e esterco (50%). No sorgo, a redução atribuiu-se à utilização de variedades híbridas mais adaptadas (75%). O conjunto de estudos avaliados indica que há grande potencial para reduzir a pegada hídrica das culturas agrícolas da região, com o uso de técnicas de manejo agrícolas como adubação, densidade de plantio e formação de híbridos.

Palavras-chave - Consumo de água. Eficiência de uso de água. Manejos agrícolas. Produção de biomassa.

Abstract - Water availability is nowadays one aspect of global relevance. The agricultural sector is responsible for the consumption of most of the water used by humans, so it is essential to check the effect of technologies on water consumption by plants. The water footprint evaluates the needs of water for crops, as well as the virtual water flows related to trade in plant products. Thus, this study aimed to determine the water footprint of crops of the semiarid region of northeastern Brazil, grown under different management practices, as fertilization and planting densities. The crops analyzed in this study were: Prickly pear (*Opuntia* sp.), buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.), maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). The water footprint was calculated based on biomass productivity data of these crops and the amount of rainfall occurred during the growth period of these crops. Prickly pear had water footprint reduced by 93% with the increase in planting density and increase of the amount of phosphorus in the soil (53%). For buffel grass the water footprint reduction occurred due to the use of chemical fertilizer (23%) and cattle manure (28%). For maize the water footprint was reduced by green manuring with gliricidia (38%) and cattle manure (50%). For sorghum, the water footprint was reduced by using hybrid varieties more adapted (75%). The set of studies reviewed indicates that there is great potential to reduce the water footprint in biomass production in this region, using techniques of agricultural management as fertilization, planting density and formation of hybrids.

Key words - Agricultural managements. Biomass production. Water consumption. Water use efficiency.

*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 09/04/2013 e aprovado em 30/01/2014

¹Parte das atividades da tese de doutorado do primeiro autor.

²Doutorando em Tecnologias Energéticas e Nucleares, bolsista CNPq, Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, del.andre2@hotmail.com

³Professor Adjunto do Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, rmenezes@ufpe.br

Introdução

A água é um dos principais recursos naturais para a existência de vida na terra. Os seres humanos a utilizam sob diferentes formas como, por exemplo, para a produção de alimentos, bebida, energia elétrica, higiene pessoal, entre outras atividades. Porém, somente uma pequena fração (3%), do total de água existente no planeta, está disponível para consumo dos seus habitantes sob a forma de água doce. O Brasil possui a maior reserva de água potável do mundo, representando 12% do total mundial. Sua distribuição não é uniforme e, por isso, apresenta regiões com baixa disponibilidade de água, contribuindo assim para o abandono de terras e para a migração da população aos grandes centros urbanos, agravando ainda mais o problema da falta de água nestas cidades (GOMES, 2011).

A água está se tornando um recurso natural cada vez mais escasso devido a diversos fatores, entre os quais, está o aumento da população. Estima-se que até 2050 a população mundial aumentará em até 50% da população atual, chegando a 9,2 bilhões de habitantes. Esse aumento terá impacto diretamente na disponibilidade de água devido a um maior consumo desse recurso e, também, a sua maior utilização na agricultura para suprir a demanda de alimentos. A água destinada a agricultura sofre grandes desperdícios, sendo que apenas uma pequena parte é efetivamente utilizada pelas plantações, o restante perde-se por deficiências nas instalações de irrigação, negligências nestas operações ou simplesmente por seu mau uso quando destinada para esse fim.

O aumento da população e o mau uso da água (principalmente na agricultura) podem prejudicar sua disponibilidade no futuro. Em algumas regiões, como no semiárido do Nordeste do Brasil, a limitação hídrica já é um sério problema atual. Essa região tem como característica principal a baixa disponibilidade hídrica ocasionada pelas frequentes secas que tanto podem ser caracterizadas pela ausência, escassez, alta variabilidade espacial e temporal das chuvas e ocorrência de longos períodos de seca (MARENGO *et al.*, 2010).

A crescente preocupação com a disponibilidade de água no futuro favoreceu a introdução de um novo conceito que serve como um indicador do consumo de água, com o intuito de combater os excessos provocados em sua utilização (MEKKONEN; HOEKSTRA, 2011; CHAPAGAIN; HOEKSTRA, 2011; BULSINK *et al.*, 2010). A Pegada hídrica (*Water Footprint*) contabiliza a quantidade de água consumida na produção de bens e serviços, levando em consideração todas as etapas do processo de produção (HOEKSTRA; HUNG, 2002; GERBENS-LEENES *et al.*, 2009a). Estudos recentes têm utilizado a pegada hídrica para designar o consumo de água por unidade de biomassa produzida em sistemas de produção vegetal (HOEKSTRA; CHAPAGAIN,

2006; HOEKSTRA; CHAPAGAIN, 2007; HOEKSTRA; CHAPAGAIN, 2008). Esses estudos visaram determinar os impactos causados sobre a disponibilidade de água devido ao aumento do uso de culturas agrícolas para a geração de energia em substituição aos combustíveis fósseis. Um maior entendimento acerca do conceito de pegadas hídricas e suas aplicações pode ser obtido em Silva *et al.* (2013).

Dentre os fatores que podem influenciar a pegada hídrica em sistemas de produção agropecuária, se destacam o tipo de cultura, o sistema de manejo utilizado e o clima da região. Na região semiárida do Nordeste do Brasil ainda são incipientes as informações sobre a pegada hídrica em diferentes sistemas de produção agropecuária. Assim, o presente trabalho objetivou calcular, com base em informações da literatura, a pegada hídrica de diferentes culturas agropecuárias (milho, sorgo, palma forrageira e capim buffel) na região semiárida do Nordeste brasileiro e, também, o efeito de diferentes manejos (adubação e densidades de plantio) sobre a pegada de água dessas culturas.

Material e métodos

Para o estudo, foram escolhidas culturas adaptadas ao clima da região semiárida: palma forrageira (*Opuntia* sp.), milho (*Zea mays* L.), capim-buffel (*Cenchrus ciliaries* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), cujos tratamentos culturais foram determinados segundo metodologias apresentadas na Tabela 1. Os dados de produtividade (matéria seca) e de precipitação ocorrida durante o ciclo de cultivo foram obtidos em trabalhos publicados na literatura. A pegada hídrica foi calculada dividindo-se a precipitação total ocorrida durante o período de crescimento da planta pela sua produtividade final.

A pegada hídrica média dessas culturas foi, primeiramente, calculada com dados de produtividade nos quais o plantio foi realizado sem o uso de qualquer tratamento (testemunha) para determinar uma referência do consumo de água necessário para produzir sua biomassa. Depois, o cálculo foi feito com dados de produtividade nos quais o plantio das culturas foi realizado sob diferentes tratamentos (adubação, aumento da densidade de plantio, plantio em consórcio de plantas ou a comparação entre diferentes híbridos de uma mesma espécie) a fim de analisar o efeito destes tratamentos sobre a pegada hídrica das culturas. A pegada hídrica foi calculada dividindo-se a precipitação observada durante o ciclo de cultivo pela produtividade total de biomassa das culturas (GERBENS-LEENES *et al.*, 2009b). Com isso, foram obtidas informações sobre o consumo de água por unidade de biomassa produzida em sistemas de produção vegetal ($m^3 \text{ ton}^{-1}$).

Tabela 1 - Culturas agrícolas da região semiárida do Nordeste do Brasil e os diversos tratamentos realizados no plantio

Culturas	Variedades/Tratamentos	Referência
Palma	Gigante	SANTOS <i>et al.</i> (2005)
	Miúda	
	Redonda	
	Clone IPA-20	
	Densidade de plantio	MENEZES <i>et al.</i> (2005)
	Concentração de fósforo	
Capim-buffel	Testemunha	EDVAN <i>et al.</i> (2010)
	Adução química	
	Adução esterco bovino	
Milho	Testemunha	PÉREZ MARTIN <i>et al.</i> (2007)
	Adução gliricídia	
	Adução esterco bovino	
Sorgo	Bicolor	MONTEIRO <i>et al.</i> (2004)
	Sudangrass	
	IPA-SF-25	
	Híbrido	

cada uma das culturas (Figura 1). Os resultados mostraram maiores pegadas hídricas pelo sorgo ($1.561 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$) e capim-buffel ($1.527 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$), seguido do milho ($955 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$) e palma ($296 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$). A menor pegada hídrica pela palma pode ser explicado por essa cultura ser bem adaptada ao clima semiárido exigindo pouca quantidade de água para o seu desenvolvimento. Resultados similares para milho e sorgo foram encontrados por Hoekstra e Chapagain (2007) ao calcular a pegada hídrica de diferentes culturas no Brasil e no mundo. Esses autores estimaram pegadas hídricas médias para o milho e sorgo de 1.180 e $1.609 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ no Brasil e de 909 e $2.853 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ como média mundial, respectivamente.

Ao avaliarem-se os dados de cada uma dessas culturas de forma mais detalhada para as condições da região semiárida do Nordeste do Brasil, podem ser observados os efeitos de práticas de manejo agrícola sobre a pegada hídrica. Por exemplo, com dados obtidos de Santos *et al.* (2005), calculou-se a pegada hídrica da palma forrageira para diferentes variedades em um mesmo experimento (Figura 2). Observa-se que os resultados foram semelhantes mostrando baixo consumo de água para todas as variedades, porém com diferenças entre elas. O clone IPA-20 destacou-se por apresentar menor pegada hídrica entre as variedades analisadas, porém seu consumo de água foi apenas 40% menor em relação à palma miúda, variedade que apresentou maior pegada hídrica. A palma é uma cultura bem adaptada a regiões que sofrem com a baixa disponibilidade de água, e por isso, ela apresenta baixo consumo de água. Os valores encontrados de pegada hídrica para as diferentes variedades de palma foram: $296,3$ (Miúda); 260 (Redonda); $211,7$ (Gigante) e $177,2 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ (Clone IPA-20).

Em outro estudo (MENEZES *et al.*, 2005), a pegada hídrica da palma apresentou diferença significativa quando o cultivo dessa cultura foi realizado sob diferentes

Resultados e Discussão

A análise da pegada hídrica das culturas agrícolas mostrou alta variabilidade entre as diferentes espécies cultivadas na região semiárida. Com base nos dados levantados nos estudos avaliados (SANTOS *et al.*, 2005; EDVAN *et al.*, 2010; PÉREZ MARIN *et al.*, 2007; MONTEIRO *et al.*, 2004; MORGADO, 2006; MENEZES *et al.*, 2005) foi calculada uma pegada hídrica média para

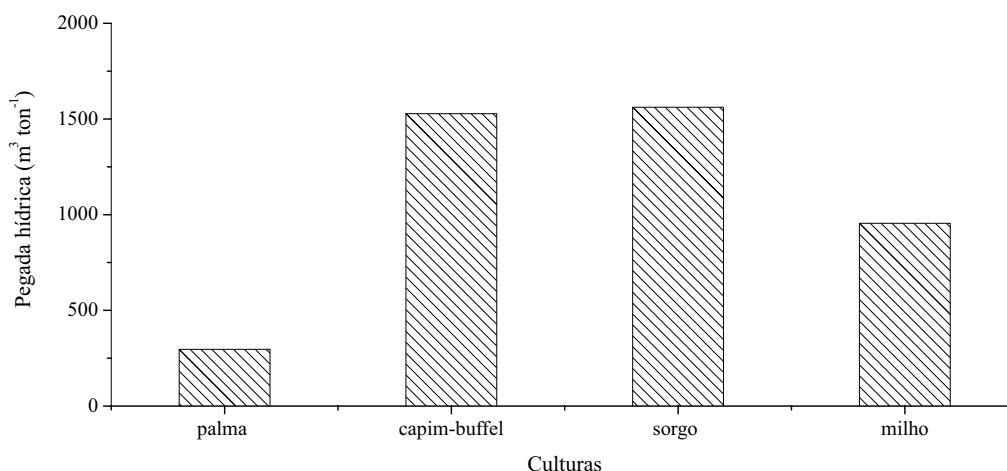


Figura 1 - Pegada hídrica média das culturas agrícolas (palma, capim-buffel, sorgo e milho) sem o uso de práticas agrícolas.

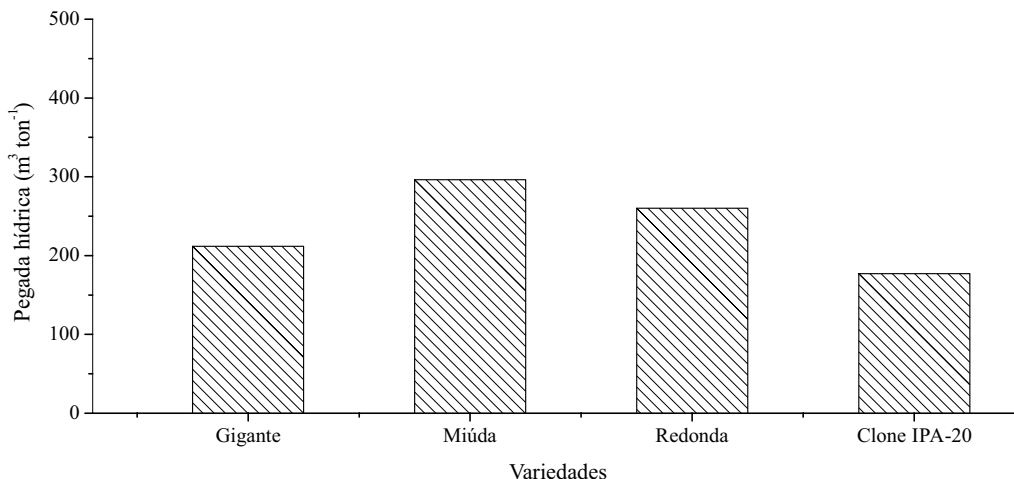


Figura 2 - Pegada hídrica de diferentes variedades de palma cultivadas sem o uso de tratamentos específicos (SANTOS *et al.*, 2005).

densidades de plantio e quantidade de fósforo disponível no solo (Figura 3). É importante destacar que nesse estudo, a produtividade de biomassa da palma foi determinada, em todos os campos de cultivo, para o primeiro corte da palma, entre dois a três anos após o plantio. Uma vez que a palma, durante o primeiro ano de cultivo, quando ainda está desenvolvendo as raízes, tem baixo aproveitamento da água da chuva, as medidas de pegada hídrica são mais elevadas do que em campos em que a biomassa é medida a partir do segundo corte, quando o sistema radicular da cultura já está bem desenvolvido.

Normalmente, o aumento da densidade de plantio, até certo ponto, proporciona um uso mais eficiente da água e dos nutrientes disponíveis no solo, o que aumenta a

produtividade das culturas. No caso da palma, no estudo de Menezes *et al.* (2005), em condições de baixa densidade de plantio (4.000 plantas por hectare) e baixa disponibilidade de fósforo no solo (< 11 mg kg⁻¹), a pegada hídrica da palma situou-se em torno de 13.500 m³ ton⁻¹. Com o aumento da densidade de plantio para 19.000 plantas por hectare, porém em solos com baixa disponibilidade de fósforo, observaram-se reduções na pegada hídrica para valores em torno de 1.600 m³ ton⁻¹, o que representa uma redução de 88% na quantidade de água consumida pela palma por unidade de biomassa produzida.

Além disso, nesse mesmo estudo, observou-se que níveis mais altos de fósforo no solo (> 11 mg kg⁻¹) também favoreceram para a redução da pegada hídrica

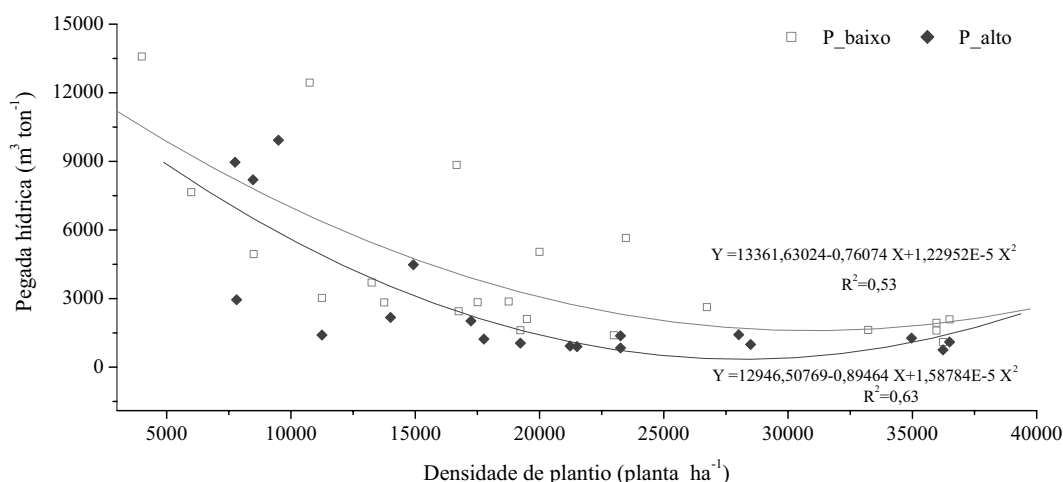


Figura 3 - Pegada hídrica da palma forrageira sob diferentes densidades de plantio e quantidade de fósforo aplicado ao solo: < 11 mg kg⁻¹ e > 11 mg kg⁻¹ (MENEZES *et al.*, 2005).

da palma. Segundo Cavalcanti (1998) níveis de fósforo disponível no solo abaixo de 11 mg kg^{-1} são considerados baixos para o cultivo da palma. A uma densidade de plantio de 11.000 plantas por hectare a pegada hídrica da palma cultivada em solos com baixa disponibilidade de fósforo foi de $3.000 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$, enquanto que em solos com alta disponibilidade de fósforo a pegada hídrica foi de apenas $1.400 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ representando uma redução de 53% no consumo de água por unidade de biomassa produzida. Notou-se ainda, na Figura 3, que a densidade de plantio acima de 25.000 plantas por hectare não influenciou na redução da pegada hídrica, mas o efeito do fósforo foi o mesmo. Esses resultados mostraram que cultivos da palma realizados com alta densidade de plantio podem ter menor pegada hídrica desde que haja uma maior disponibilidade de fósforo no solo.

A média da pegada hídrica nos 50 campos de cultivo com alta densidade de plantio e alta quantidade de fósforo no solo foi $1.063,6 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ e desvio padrão de $239,8 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$. Em condições de baixa densidade de plantio e baixa quantidade de fósforo no solo a média da pegada hídrica foi aproximadamente cinco vezes maior com $5.299,6 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ e desvio padrão de $4.036,6 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$. A adubação fosfatada (ou com esterco, que é uma boa fonte de fósforo) pode ser muito útil na redução do consumo de água das culturas agrícolas realizados sob diferentes formas de manejos. Porém, em geral a adubação dos solos na região semiárida é negligenciada, o que, como se pode observar com os resultados do presente estudo, pode agravar a limitação da disponibilidade de água nos agroecossistemas.

De maneira geral, o aumento da densidade de plantio reduziu a pegada hídrica da palma, mesmo apresentando

grande dispersão entre os dados. A dispersão foi reduzida com o aumento da concentração de fósforo no solo.

O uso de diferentes tipos de adubos proporciona aumento de produtividade e pode ajudar a aumentar o aproveitamento da água da chuva pelas culturas agrícolas, reduzindo a sua pegada hídrica. A pegada hídrica do capim-buffel (Figura 4) apresentou variação significativa entre os tratamentos realizados. Por exemplo, o plantio do capim buffel quando realizado sem qualquer tratamento de adubação apresentou uma pegada de $1.527 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$, mas o uso de adubo químico reduziu a pegada para $1.168 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ o que equivale a uma redução de 23%. Constatou-se que o uso de esterco bovino como adubação também reduziu a pegada hídrica da cultura ($1.168 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$). De forma semelhante, o aumento da dose de adubação (de $5,5$ para 11 Mg ha^{-1}) contribuiu para uma redução adicional de 5% na pegada hídrica do capim buffel (EDVAN *et al.*, 2010).

A redução da pegada hídrica após a adubação também pode ser verificada na cultura do milho (Figura 5). A aplicação de esterco ou ramas de gliricídia como adubo no plantio do milho reduziu significativamente a pegada hídrica quando comparados ao tratamento testemunha, mas observa-se que os efeitos variaram entre os anos. No primeiro ano do experimento não se observaram diferenças entre os tratamentos, talvez porque o solo nas parcelas testemunha ainda continha matéria orgânica e nutrientes para suprir as necessidades do milho. Porém, nos anos subsequentes, o efeito da adubação foi marcante, e os tratamentos de adubação com esterco ou gliricídia reduziram a pegada hídrica 50 e 38%, respectivamente, no ano de 2005 (Figura 5).

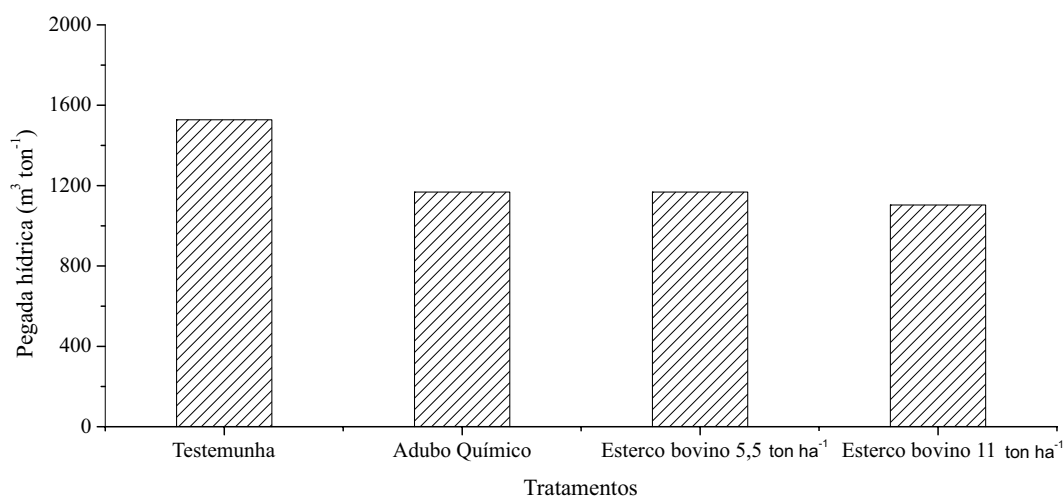


Figura 4 - Pegada hídrica do capim-buffel calculado sob diferentes formas de adubação: Testemunha, adubo químico e esterco bovino (EDVAN *et al.*, 2010).

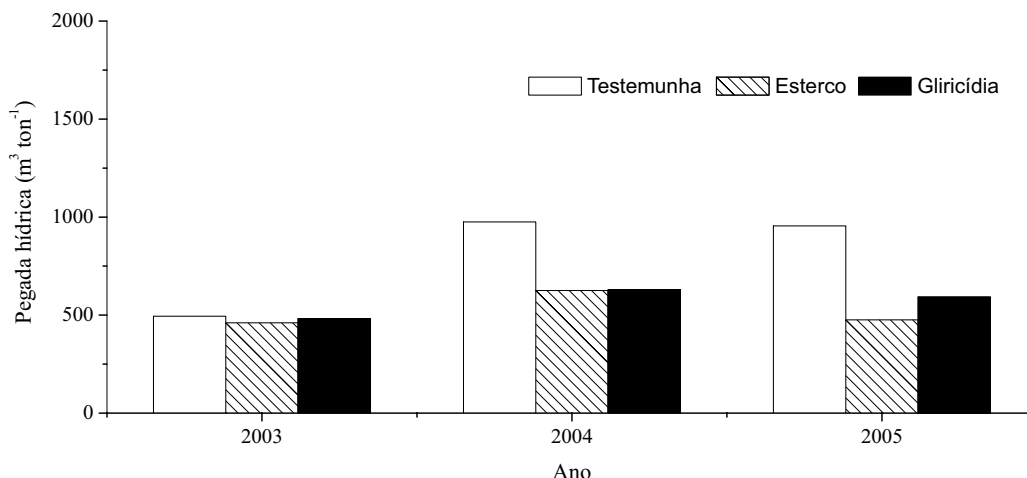


Figura 5 - Pegada hídrica do milho cultivado sem nenhum tratamento (testemunha) e sob diferentes formas de adubação: gliricídia e esterco (PÉREZ MARIN *et al.*, 2007).

O sorgo é uma cultura tolerante ao estresse hídrico, porém há um grande número de variedades cultivadas e que diferem entre si quanto à adaptação aos diferentes ambientes e, conseqüentemente, também quanto à pegada hídrica para produção de biomassa. Ao analisarem-se os dados de pegada hídrica de variedades de sorgo plantadas na região semiárida do NE do Brasil (Figura 6) observaram-se diferenças significativas (MONTEIRO *et al.*, 2004; MORGADO, 2006). O sorgo bicolor teve um

consumo de água elevado (1.560 m³ ton⁻¹) comparado com o consumo de água do Sorgo Sudangrass (550 m³ ton⁻¹) e com o Sorgo IPA-SF-15 (460 m³ ton⁻¹). Porém, a formação de híbridos de variedades do sorgo (Sorgo bicolor x sudangrass) foi mais eficiente que o consórcio de plantas na redução do consumo de água. A formação de híbridos proporcionou redução de 1.170 m³ ton⁻¹, tendo-se como referência a pegada hídrica do sorgo bicolor, o que representa uma redução de 75%.

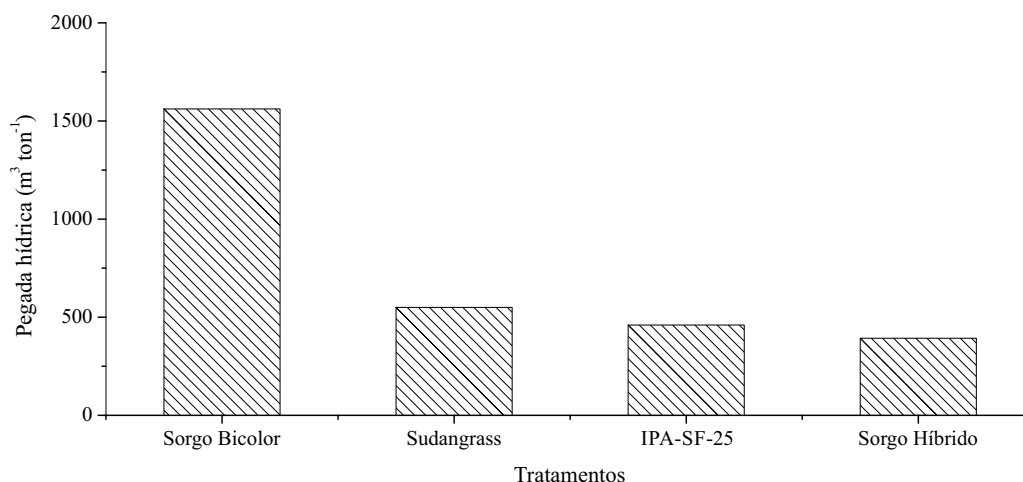


Figura 6 - Pegada hídrica do sorgo (bicolor, sudangrass e IPA-SF-15) e sorgo híbrido (bicolor x sudangrass) (MONTEIRO *et al.*, 2004; MORGADO, 2006).

Conclusões

As técnicas de manejo agrícolas (adubação, densidade de plantio e formação de híbridos) podem reduzir o consumo de água por unidade de biomassa produzida pelas culturas da região semiárida. Dentre todos os manejos analisados nesse trabalho a densidade de plantio, adubação fosfatada e variedades mais adaptadas foram os tratamentos que apresentaram maior redução na pegada hídrica;

A pegada hídrica torna-se uma metodologia útil na tentativa de reduzir o uso de água no setor agrícola, principalmente em regiões como o semiárido Nordeste na qual a disponibilidade de água é muito baixa.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Literatura Científica Citada

BULSINK, F.; HOEKSTRA, A. Y.; BOOIJ, M. J. The water footprint of Indonesian provinces related to the consumption of crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.14, n.1, p.119–128, 2010.

CARVALHO, A. L. **Estação de Cultivo Baseada na Precipitação Pluvial Diária e na Ocorrência de Períodos Secos para a Região de Rio Largo, Alagoas**. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco** (2ª aproximação), coord., 2.ed. Recife: Instituto de Pesquisa Agropecuária, 1998. 198p.

CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y. The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. **Ecological Economics**, v. 70, n. 4, p.749-758, 2011.

EDVAN, R. L.; SANTOS, E. M.; VASCONCELOS, W. A.; SOUTO FILHO, L. T.; BORBUREMA, J. B.; MEDEIROS, G. R.; ANDRADE, A. P. Utilização da adubação orgânica em pastagem de capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* cv. Molopo). **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 228, p. 499-508, 2010.

GOMES, M. A. F. **A água nossa de cada dia**. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br>>. Acesso em: 20 Out. 2011.

GERBENS-LEENES, P. W.; HOEKSTRA, A. Y.; VAN DER MEER, TH. The water footprint of bioenergy. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 25, p. 10219-10223, 2009a.

GERBENS-LEENES, P. W.; HOEKSTRA, A. Y.; VAN DER MEER, TH. The water footprint of energy from biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply. **Ecological Economics**, v. 68, n. 4, p. 1052-1060, 2009b.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources. **Blackwell Publishing Ltd**, Oxford, UK, 2008. 224p.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. **Ecological Economics**, v. 64, n. 1, p. 143-151, 2007.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. **Water Resources Management**, v. 21, n. 1, p. 35-48, 2006.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. **Value of Water Research Report Series**. No. 11. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands, 2002.

MARENGO, J. A.; SCHAEFFER, R.; ZEE, D.; PINTO, H. S. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. 2009. Disponível em: <<http://www.fbds.org.br>>. Acesso em: 10 Out. 2010.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, n. 5, p. 1577-1600, 2011.

MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife, PE: Editora Universitária UFPE, 2005. 258p.

MONTEIRO, M. C. D.; ANUNCIACÃO FILHO, C. J.; TABOSA, J. N.; OLIVEIRA, F. J.; REIS, O. V.; BASTOS, G. Q.; MONTEIRO, M. C. D. Avaliação do desempenho de sorgo forrageiro para o semi-árido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas - MG, v. 3, n. 1, p. 48-57, 2004.

MORGADO, L. B. Estudo sobre densidade de plantio de sorgo e feijão-caupi consorciados no semi-árido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 3, p. 357-363, 2006.

PÉREZ MARIN, A. M.; MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Produtividade de milho isolado ou em aléias de gliricídia e adubado com duas fontes orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 669-677, 2007.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; DIAS, F. M.; SANTOS, M. V. F.; FERRAZ, I. Produtividade de clones de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*), Caruaru - PE. In: VII ZOOTEC, 2005, Campo Grande, MS. **Anais do VII ZOOTEC**. Campo Grande, MS: Associação Brasileira de Zootecistas, v.único, 2005. p.1-5

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, D. O.; DANTAS NETO, J.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAUJO, L. E. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)**, v. 17, n. 1, p. 100-105, 2013.