



## XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### BALANÇA DE ÁGUA VIRTUAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: ANÁLISE DAS PRINCIPAIS COMMODITIES AGRÍCOLAS DO ESTADO DO CEARÁ

*Sergio Rodrigues Rocha<sup>1</sup>; Ticiano Marinho de Carvalho Studart<sup>2</sup>; Erika da Justa Teixeira  
Rocha<sup>3</sup>; Francisco de Assis Souza Filho<sup>4</sup> & Nilson Campos<sup>5</sup>*

**RESUMO** - Há um fluxo de água embutido em produtos comercializados entre diferentes regiões. Este fluxo, denominado de água virtual, é o volume de água transferida invisivelmente de um lugar para outro, como o resultado destas trocas comerciais. Este artigo tem foco no Estado do Ceará e quantifica a água virtual embutida nos produtos mais exportados e importados, mostrando as transferências de água entre as regiões. Como resultado desta quantificação, observou-se que o balanço de água virtual, durante os 16 anos analisados, foi negativo. Isto significa que o Estado tem importado mais água virtual do que exportado. Este resultado é considerado muito satisfatório para uma região semiárida com escassez recursos hídricos.

**ABSTRACT** – There is a flow of water embedded in traded products between different regions. This flow, named virtual water, is the volume of water transferred invisibly from one place to another, as a result of this commercial trade. This paper has focus in Ceará State and quantifies the virtual water for the most exported and imported products, showing the water transfers between regions. As a result of this quantification, it was observed that the virtual water balance, during sixteen years analyzed was negative. This means that the State has imported more virtual water than exported it. This result is considered very satisfactory for a semiarid region with scarce water resources.

**Palavras-chave:** água virtual, pegada hídrica, *commodity* agrícola.

<sup>1</sup>) UFC. Campos do Pici, bloco 713. Fone: 3366.9624. email: srocha90@hotmail.com.

<sup>2</sup>) UFC. Campos do Pici, bloco 713. Fone: 3366.9624. email: ticiano@ufc.br

<sup>3</sup>) IFCE. Av do Contorno Norte, s/n. Maracanaú/CE. Email: [erikadajusta@ifce.edu.br](mailto:erikadajusta@ifce.edu.br)

<sup>4</sup>) UFC. Campos do Pici, bloco 713. Fone: 3366.9624. email: assis@ufc.br

<sup>5</sup>) UFC. Campos do Pici, bloco 713. Fone: 3366.9624. email: nilson@ufc.br

## 1 INTRODUÇÃO

A água virtual é uma medida indireta dos recursos hídricos consumidos para a produção de um bem ou serviço. Sob essa perspectiva, a água virtual está embutida nos produtos, não apenas no aspecto físico, mas também no sentido virtual, considerando-se a água necessária aos processos produtivos. Na realidade, a água efetivamente contida nos produtos é, na maioria das vezes, insignificante, quando comparada com sua quantidade de água virtual.

Sendo assim, observa-se um fluxo de água embutido nos produtos comercializados entre regiões distintas. Esse fluxo de água entre duas nações (ou regiões) é o volume de água virtual que está sendo transferido de forma invisível, de um lugar para outro, como resultado de transações comerciais.

A quantificação da água virtual pode se transformar em uma importante ferramenta para determinar *o que* produzir e *onde*, em função do volume de água disponível no país e do volume de água demandado para a produção deste bem ou serviço neste país.

A crescente utilização de água na agricultura no Brasil aponta que é de fundamental importância a quantificação da água utilizada no processo produtivo que é virtualmente exportada. O presente trabalho tem foco no Ceará e quantifica a água virtual para as principais commodities exportada e importada, analisando os impactos das transações comerciais na transferência de água.

## 2 A ÁGUA VIRTUAL E O CONCEITO DE PEGADA HÍDRICA

A pegada de água mensura o volume de água utilizado nos bens e serviços que são consumidos pelos moradores de um país ou de uma região, levando-se em consideração o comércio mundial. Esse conceito inclui informação baseada na concepção de água virtual e demonstra o volume real de água necessário para a satisfação das demandas de consumo das pessoas (HOEKSTRA et al., 2011).

Segundo Lunardi e Figueiró (2012), na pegada hídrica, o conceito de água virtual pode ser empregado de maneira mais abrangente e não somente considerando-se a água consumida por pessoas ou empresas. Sendo assim, o método da pegada hídrica permite a quantificação do volume de recurso hídrico demandado, direta ou indiretamente, para a elaboração de determinado produto ao longo de toda a sua cadeia de produção.

Pode-se dividir a pegada hídrica em verde, azul e cinza. Sendo:

- a) A *pegada hídrica verde* é um indicador de utilização de recursos hídricos, pelo homem, que está diretamente relacionada à precipitação no continente, à evaporação potencial e aos requisitos da cultura.

- b) A *pegada hídrica azul* é o volume de água suplementar proveniente de fontes subterrâneas ou superficiais empregado na produção de bens ou serviços (LUNARDI; FIGUEIRÓ, 2012).
- c) *Pegada hídrica cinza* é o tamanho da poluição de água que pode ser expresso em termos de volume de água necessário para diluir os poluentes, de modo que se tornem inócuos. A pegada hídrica cinza de um processo de produção é um indicador do nível de poluição de água doce que pode ser associado ao processo produtivo.

## **2.1 Água Virtual versus Pegada Hídrica**

O termo água virtual não pode ser confundido com pegada hídrica de um produto. A água virtual refere-se ao volume de água contido no produto, ao passo que a pegada de água refere-se não apenas ao volume, mas também ao tipo de água que foi usada (superficial, subterrânea, pluvial ou efluente líquido) e, quando e em que local a água foi utilizada. A pegada hídrica é, portanto, um conceito multidimensional, que também pode ser usado em um contexto em que se incluem o consumidor e o produtor. A água virtual que está incorporada direta e indiretamente nos produtos é mais empregada no contexto do direito internacional ou inter-regional de fluxo de água e para o cálculo de exportações e importações de produtos contendo água sob a forma virtual (HOEKSTRA; CHAPAGAIN, 2008), sobretudo em *commodities* agrícolas.

A avaliação da pegada de água é uma ferramenta analítica que pode ajudar quanto à compreensão sobre como atividades e produtos interagem com a escassez e a poluição de recursos hídricos e seus impactos relacionados; bem como quanto ao que pode ser realizado para garantir que atividades e produtos não contribuam para a utilização não sustentável dos recursos hídricos. Como ferramenta, a estimativa da pegada hídrica proporciona uma visão complementar, mas não mostra às pessoas ‘o que fazer’. Por outro lado, ela direciona as pessoas quanto ao entendimento ‘do que pode ser feito’ (HOEKSTRA et al., 2011).

## **3 METODOLOGIA**

Os itens a seguir descrevem a metodologia para a quantificação da pegada hídrica das *commodities* analisadas.

### **3.1 Seleção dos produtos**

Os dados mensais dos das quantidades exportadas e importadas, assim como os valores monetários decorrentes, foram obtidos da Secretaria de Comércio Exterior (Secex/

MDIC/ AliceWeb). Os produtos escolhidos foram aqueles que mais se destacaram nas estatísticas do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) nas pautas de exportação e importação do estado do Ceará, durante o período de 1997 a 2012.

O produto exportado selecionado foi a castanha de caju (Tabela 1), que representa 16,37% da pauta de exportação do Estado. Já o produto importado selecionado foi o trigo (Tabela 2), que responde por 10,4% do total de produtos importados pelo Estado.

Tabela 1 – Produto selecionado da pauta de exportação do Ceará (1997–2012)

Produto		Quantidade (Kg)	Valor	
NCM	Descrição		US\$	%
08013200	Castanha de caju, fresca ou seca, sem casca	463.251.365	2.228.701.801	16,37

Tabela 2 – Produto selecionado da pauta de importação do Ceará (1997–2012)

Produto		Quantidade (Kg)	Valor	
NCM	Descrição		US\$	%
10019090	Trigo (exceto trigo duro ou para semeadura), e trigo com centeio	10.776.721.685	1.899.818.552	10,40

### 3.2 Cálculo do padrão de consumo de água

No caso do produto exportado, identificou-se qual o município do estado do Ceará que mais se destaca na sua produção. Para a castanha de caju, produzida de maneira difusa em todo o Estado, considerou-se que toda a produção fosse concentrada no município Beberibe.

Já para o produto importado, a pegada hídrica foi calculada de acordo com a abordagem do consumo, que representa o volume de água que teria sido necessário para produzir a *commodity* no local em que é consumida, ou seja, no Ceará. Para o trigo foi considerado o município da Meruoca.

O cálculo dos padrões de consumo de água, estimada a partir da evapotranspiração potencial de cada cultura, utilizou os dados climatológicos do município e das culturas selecionadas.

#### 3.2.1 Estimativa da Evapotranspiração

A evapotranspiração de uma cultura é uma das informações essenciais para o manejo de irrigação, bem como para fins de planejamento e gerenciamento de utilização de recursos hídricos.

Em termos de quantificação, a evapotranspiração da cultura resulta da multiplicação do coeficiente de cultura pela evapotranspiração de referência, conforme a Equação 1 (MENDONÇA et al., 2007).

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (1)$$

Onde:

$ET_c$ : evapotranspiração da cultura (mm)

$K_c$ : coeficiente de cultura (adimensional); e

$ET_o$ : evapotranspiração de referência (mm).

Os dados de coeficientes de cultura e datas de plantio e colheita foram pesquisados na Embrapa ([www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)) e Ematerce ([www.ematerce.ce.gov.br](http://www.ematerce.ce.gov.br)). Foram calculadas as médias anuais, para cada município e para cada cultura, no período de dezesseis anos, e em seguida foram utilizadas para os cálculos anuais de pegada hídrica. Para calcular a evapotranspiração de referência -  $ET_o$  de uma cultura foi utilizado o método de Penman-Monteith.

Os dados climáticos para o cálculo da evaporação de referência foram coletados de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Em caso da não existência de estação meteorológica no município, os dados meteorológicos foram obtidos de estações localizadas no Ceará e próximas do município produtor da cultura.

### **3.3 Precipitação**

A precipitação média diária foi calculada com base nos dados obtidos dos postos pluviométricos dos municípios analisados. Ressalte-se que cada cultura tem seu período de crescimento, sendo considerada, para efeitos de suprimento da necessidade hídrica da plantação, a precipitação que realmente ocorreu dentro desse período.

### **3.4 Método de cálculo da pegada hídrica**

Hoekstra e Chapagain desenvolveram a metodologia da pegada hídrica para calcular a quantidade de água necessária para a produção de culturas agrícolas e de outros produtos, ao longo de toda a cadeia produtiva, com a distinção dos componentes verde, azul e cinza da água (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008).

a) Pegada hídrica verde:

$$PH_{\text{verde}} = \frac{10 \times \sum_{d=1}^{dpc} ET_{\text{verde}}}{P} \quad (2)$$

Onde:

$PH_{\text{verde}}$ : pegada de água verde ( $m^3/t$ );

10: fator adimensional usado para converter a profundidade de água (mm) para volume de água por superfície ( $m^3/ha$ );

$ET_{\text{verde}}$ : parcela de evapotranspiração atendida com uso de água verde (mm/dia);

$\sum$ :  $ET_{\text{verde}}$  acumulada da data do plantio até a data da colheita (dias);

$d=1$ : dia do plantio;

$dpc$ : duração do período de crescimento (dias); e

$P$ : produtividade da cultura (t/ha).

b) Pegada hídrica azul

$$PH_{\text{azul}} = \frac{10 \times \sum_{d=1}^{dpc} ET_{\text{azul}}}{P} \quad (3)$$

Onde:

$PH_{\text{azul}}$ : pegada de água azul ( $m^3/t$ );

10: fator usado para converter a profundidade de água (mm) para volume de água por superfície ( $m^3/ha$ );

$ET_{\text{azul}}$ : parcela de evapotranspiração atendida com uso de água azul (mm/dia);

$\sum$ :  $ET_{\text{azul}}$  acumulada do plantio até a colheita (dias);

$d=1$ : dia do plantio;

$dpc$ : duração do período de crescimento (dias); e

$P$ : produtividade da cultura (t/ha).

c) Pegada hídrica cinza:

$$PH_{\text{cinza}} = \frac{(\alpha \times TA) / (c_{\text{máx}} - c_{\text{nat}})}{P} \quad (4)$$

Onde:

$PH_{\text{cinza}}$ : pegada hídrica cinza ( $m^3/t$ );

$\alpha$ : fração de lixiviação (adimensional);

$TA$ : taxa de aplicação de fertilizantes, inseticidas ou pesticidas (kg/ha);

$c_{\text{máx}}$ : concentração máxima aceitável ( $kg/m^3$ );

$c_{nat}$ : concentração natural química no corpo d'água receptor ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ); e

P: produtividade da cultura ( $\text{t}/\text{ha}$ ).

d) *Pegada hídrica total:*

$$PH_{total} = PH_{verde} + PH_{azul} + PH_{cinza} \quad (5)$$

A quantificação definitiva do volume de água virtual de um produto é obtida por meio da multiplicação do padrão de consumo da pegada hídrica, em litros por quilograma, pela quantidade exportada ou importada, em quilogramas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da quantificação da pegada hídrica e posteriormente ao cálculo da água virtual, foram construídas tabelas para as commodities importada e exportada.

### 4.1 Exportação de água virtual

A Tabela 3 apresenta o padrão de consumo de água virtual demandado para a produção da castanha de caju.

Tabela 3 – Padrão de consumo da pegada hídrica de exportação do Ceará (1997–2012)

Produto	Pegada Hídrica (L/Kg)			
	Verde	Azul	Cinza	Total
Castanha de caju, fresca ou seca, sem casca	28.494,42	10.237,64	817,84	39.549,90

Considerando-se os três tipos de água virtual, para o caso da exportação e para os dezesseis anos pesquisados, a do tipo verde teve a maior participação (Tabela 4).

Tabela 4 – Exportação de água virtual do Ceará (1997–2012)

Produto	Água Virtual ( $\times 10^6$ L)			
	Verde	Azul	Cinza	Total
Castanha de caju, fresca ou seca, sem casca	13.200.078,96	4.742.600,70	378.865,50	18.321.545,16

### 4.2 Importação de água virtual

A Tabela 5 apresenta a quantidade de água virtual demandada para o produto importado que foi selecionado. Observa-se que o consumo de água virtual é pequeno comparado a castanha de caju.

Tabela 5 – Padrão de consumo de pegada hídrica de importação do Ceará (1997–2012)

Produto	Pegada Hídrica (L/Kg)			
	Verde	Azul	Cinza	Total
Trigo (exceto trigo duro ou para semeadura), e trigo com centeio	3.627,27	-	783,93	4.411,20

Considerando-se os três tipos de água virtual a água verde apresenta o maior volume consumido em decorrência de que foi utilizada predominantemente a técnica de sequeiro para a plantação das culturas (Tabela 6).

Tabela 6 – Importação de água virtual do Ceará (1997–2012)

Produto	Água Virtual (10 <sup>6</sup> L)			
	Verde	Azul	Cinza	Total
Trigo (exceto trigo duro ou para semeadura), e trigo com centeio	39.090.079,27	-	8.448.195,43	47.538.274,70

### 4.3 Saldo da balança de água virtual

Aplicando-se o conceito de corrente de comércio, o somatório das exportações e importações foi de 65.859.811,20 milhões de litros de água virtual.

Ao fazer uma avaliação, tendo por base apenas os dois produtos pesquisados, observa-se que o saldo da balança de água virtual verde, cinza e total é negativo. Já para a situação da água virtual azul, não ocorreu importação, pois não houve irrigação da cultura.

De acordo com a Tabela 7, pode-se observar que pela análise das duas commodities líder em exportação e importação, o saldo de importação de água virtual é de 29.216.729 milhões de litros de água.

Tabela 7 – Balança de água virtual do Ceará (1997–2012)

Saldo de Água Virtual (10 <sup>6</sup> L)			
Verde	Azul	Cinza	Total
- 25.890.000,31	4.742.600,70	- 8.069.329,93	- 29.216.729,54

## 5 CONCLUSÃO

Como resultado da quantificação realizada nesta pesquisa, observa-se que o saldo da balança de água virtual nos dezesseis anos considerados é negativo, o que significa que o Estado importou mais do que exportou água virtual, sendo, por isso, caracterizado como uma região importadora líquida de água virtual. Esse resultado pode ser considerado satisfatório para o estado brasileiro que apresenta escassez de recursos hídricos.



Para mitigar a pegada hídrica dos produtos básicos agrícolas do Ceará, e de todo o mundo, podem ser empregadas medidas na agricultura para: aumentar a produção total da agricultura de sequeiro; diminuir a pegada hídrica verde (litros/kg) por meio do aumento da produtividade da água da chuva (kg/litros) na agricultura de sequeiro; diminuir a pegada hídrica azul com o aumento da produtividade na agricultura irrigada; diminuir a relação entre as pegadas hídricas azul e verde; restringir a utilização de fertilizantes e pesticidas artificiais; implantar a agricultura orgânica para anular a pegada hídrica cinza (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

Em um mundo em que muitos produtos estão relacionados à escassez e poluição da água, é muito útil que os governos elaborem regulamentações que façam com que as empresas, por exemplo, publiquem nos rótulos das mercadorias ou disponibilizem na internet informações, de forma transparente, sobre as pegadas hídricas dos produtos.

Do que foi exposto, observa-se que o emprego das ferramentas de análise água virtual e pegada hídrica pode auxiliar o processo de tomada de decisão e de investimento na gestão de recursos hídricos, com a finalidade de restringir o uso da água a um padrão aceitável de sustentabilidade e distribuir esse bem de modo eficiente entre os diversos usuários.

## REFERÊNCIAS

CHAPAGAIN, A.K.; HOEKSTRA, A. Y. “*Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products*”. Value of Water Research Report Series. UNESCO-IHE Institute for Water Education. Delft, the Netherlands, n. 13, 2003.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO CEARÁ – EMATERCE. Disponível em: <[www.ematerce.ce.gov.br/](http://www.ematerce.ce.gov.br/)>. Acesso em: 23 nov. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Cultivo. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/#>>. Acesso em: 19 nov. 2013.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. Estações e dados. Disponível em: <<http://www.funceme.br/>>. Acesso em: 23 nov. 2013.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. Globalization of water: Sharing the planet’s freshwater resources. Blackwell Publishing. Oxford, UK. 2008.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, MAITE M.; MEKONNEN, M. M. The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. Earthscan. London/Washington, DC. Water Footprint Network, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Disponível em: <[www.inmet.gov.br/](http://www.inmet.gov.br/)>. Acesso em: 23 ago. 2013.

LUNARDI, J.; FIGUEIRÓ, A. S. **Problematizando a água virtual em educação ambiental: conceito e forma de cálculo.** Revista Geonorte, Edição Especial, v.3, n.4, p. 290-300, 2012.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; SUGAWARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D. Determinação do coeficiente cultural ( $K_c$ ) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.11, n.5, p.471–475, 2007 Campina Grande, PB.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MDIC. “*Comércio exterior*”. Secretaria de Comércio Exterior (Secex). Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/index.php?area=5>>. Acesso em: 27 jun. 2013.