



## ÁGUA VIRTUAL E A EXPORTAÇÃO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: REFLEXÕES SOBRE A CASTANHA DE CAJU

Sérgio R. **ROCHA**<sup>1</sup>, Ticiania M. C. **STUDART**<sup>2</sup>, M. Manuela **PORTELA**<sup>3</sup>, Rogério S. **STUDART FILHO**<sup>4</sup>,  
Alessandra de Mensurado **PIRES**<sup>5</sup>

*1 Banco Central do Brasil, Av. Heráclito Graça, 273 - Centro, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP 60140-061*

*2 Dept. de Enga. Hidráulica e Ambiental (DEHA) - Universidade Federal do Ceará (UFC), Bloco 713, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP 60451-970, e-mail: [ticiana@ufc.br](mailto:ticiana@ufc.br)*

*3 Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability (CERIS), Instituto Superior Tecnico (IST), Universidade de Lisboa (UL), Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal, email: [maria.manuela.portela@ist.utl.pt](mailto:maria.manuela.portela@ist.utl.pt)*

*4 Mestrado em Bioenergia, Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), Universidade Nova de Lisboa, Calçada de Alfazina 2, 2825-149, Caparica, Portugal, email: [rogeriosolianistudartfilho@gmail.com](mailto:rogeriosolianistudartfilho@gmail.com)*

*5 Mestrado em Urbanismo Sustentável e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (FCSH), Universidade Nova de Lisboa, Avenida Berna 26 C, 1069-061, Lisboa, Portugal, email: [alessandramensurado@hotmail.com](mailto:alessandramensurado@hotmail.com)*

### RESUMO

O presente estudo estimou a pegada hídrica azul, verde e cinzenta da castanha de caju - principal produto agrícola da pauta de exportação do Estado do Ceará, no Semiárido Brasileiro, no período 1997 a 2012. Conclui-se que praticamente toda a água virtual exportada em produtos agrícolas pelo Ceará foi proveniente da cadeia produtiva desta cultura, tanto pela grande quantidade exportada e quanto pela sua elevada pegada hídrica total. Felizmente, 72% da água virtual requerida na sua produção é água verde. O caso da castanha de caju evidencia que a água verde precisa de ser também urgentemente incorporada na gestão da água, eventualmente, através de técnicas de irrigação mais eficientes ou destinadas a reduzir a evapotranspiração do solo. Este último aspeto é tanto mais relevante, quanto o Ceará executa há quase 30 anos uma política de gestão de recursos hídricos considerada exemplar no Brasil, contudo, sem nunca ter considerado a água virtual como uma nova dimensão do problema. A metodologia que se apresenta, para além de chamar a atenção para o problema da gestão dos recursos hídricos em zonas semiáridas e para a relevância da compreensão e da quantificação das transferências do recurso inerentes à exportação de produtos agrícolas (designadamente nas componentes azul, verde e cinzenta que constituem a água virtual), pode ser replicada a contextos afins, como os que ocorrem em algumas Ilhas de Cabo Verde.

**Palavras-Chave:** Água Virtual; Pegada Hídrica; Castanha de Caju, Ceará

### 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho analisa a pegada hídrica associada a produtos agrícolas no Estado do Ceará, bem como trocas de água virtual – verde, azul e cinzenta - entre esse Estado e diversos países, seus principais parceiros comerciais. A pegada hídrica verde se refere à utilização da água retida no solo; a azul, à utilização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; e a cinzenta, à água poluída em consequência da produção de bens ou de serviços, correspondendo ao volume necessário para assegurar a diluição dos poluentes e as metas de qualidade. A distinção entre água azul e água verde é importante, dado que a azul tem um custo de oportunidade maior que a verde (Falkenmark 2003).

Localizado no Semiárido Brasileiro, o Ceará (área de cerca de 149.000 km<sup>2</sup>) é considerado hoje um dos estados brasileiros mais avançados na gestão de recursos hídricos. Apesar das suas características hidroclimatológicas desfavoráveis, os produtos agrícolas tem um peso considerável na balança comercial do Estado.

Assim, o objetivo deste trabalho é a compreensão e a quantificação dos fluxos de ‘água virtual’ entre o Ceará e parceiros internacionais seus, analisando a pauta de exportação anual dos principais produtos agrícolas do Estado durante o período de 1997 a 2012, com especial atenção à castanha de caju, responsável por 16,4% da pauta de exportação, e por 74%, da pauta dos produtos agrícolas mais relevantes. Análises do tipo da que se apresenta terão cada vez mais relevância na identificação de soluções para uma melhor gestão hídrica, designadamente em ambientes que se esperam vir a ser progressivamente mais afetados por escassez hídrica.

## 2. METODOLOGIA

Foram escolhidos os produtos básicos agrícolas mais relevantes, constantes das estatísticas do MDIC (2018), das pautas de exportação do Estado do Ceará, para o período de 1997 a 2012 (período com dados disponibilizados pelo MDIC).

A pegada hídrica dos produtos exportados foi calculada de acordo com a abordagem da produção, que quantifica a água virtual como sendo a consumida no lugar de produção da mercadoria (Chapagain and Hoekstra 2003). Para cada cultura exportada, foi selecionado o município cearense com maior produção (em Kg), no período pesquisado. O tipo de lavoura e o modo de satisfação das necessidades hídricas de cada cultura exportada foram os predominantes no respectivo município maior produtor.

O IPECE, o IBGE, o MAPA, a CONAB, a SDA, a EMBRAPA e a EMATERCE foram as fontes de pesquisa de dados de produtividade das culturas produzidas no Ceará. A produtividade de culturas de ciclo anual foi baseada nas estatísticas oficiais de produção agrícola, sendo considerada a produtividade média anual ao longo do ciclo completo da cultura. Para quantificar o consumo de água de uma cultura permanente é preciso determinar a média anual de utilização desse recurso ao longo de seu ciclo completo de vida (Hoekstra et al. 2011).

Os dados de coeficientes culturais e datas de plantação e de colheita no período de dezasseis anos a que se refere o estudo foram pesquisados na EMBRAPA e EMATERCE. Com base em tais dados, foram calculadas as respectivas médias anuais, para cada município e para cada cultura, as quais foram usadas nos cálculos anuais da pegada hídrica. Os dados de precipitação foram facultados pela FUNCEME.

O cálculo da evapotranspiração de referência de cada cultura, ETo, utilizou o método Penman-Monteith (Allen et al., 1998). Tais dados foram obtidos a partir das estações meteorológicas do INMET localizadas em cada um dos municípios selecionado como principal produtor de uma dada cultura. Caso não exista uma estação meteorológica nas anteriores condições, adotaram-se os dados da estação mais próxima. As estações climatológicas selecionadas foram as que se seguem, sendo que os municípios são identificados entre parêntesis: Beberibe (Jaguaruana), Icapuí (Jaguaruana), Iguatu (Iguatu), Limoeiro do Norte (Morada Nova), Mauriti (Barbalha), Meruoca (Sobral), Morada Nova (Morada Nova), Santa Quitéria (Sobral), Trairi (Acarauá) e Varjota (Sobral). Para cada município, foi calculada a média anual de evaporação de referência. A evapotranspiração de cada cultura foi obtida multiplicando a anterior evapotranspiração pelo coeficiente de cultura em causa.

A metodologia de cálculo de cada componente da pegada hídrica foram os recomendados pelo The Water Footprint Assessment Manual (Hoekstra et al. 2011).

## 3. RESULTADOS

Os produtos agrícolas exportados selecionados estão discriminados na Tabela 3.1, representando, em termos financeiros, cerca de 22% de toda a pauta de exportação cearense entre 1997 e 2012. Realça-se a grande importância da castanha de caju, responsável por 16,4% da pauta de exportação, e por 74% da pauta dos produtos agrícolas mais relevantes. A referida tabela mostra ainda a taxa de aplicação de fertilizantes, pesticidas e inseticidas e o coeficiente de cultura por produto de exportação do Ceará (1997–2012), para as culturas exportadas.

Tabela 3.1 – Produtos selecionados da pauta de exportação do Ceará (1997–2012), taxa de aplicação de fertilizantes, pesticidas e inseticidas por produto (TF), coeficiente de cultura (Kc), evapotranspiração de referência (ETo) e evapotranspiração da cultura.

Produto	Quantidade (t)	10 <sup>6</sup> US\$	%	TF (kg/ha)	(Kc)	Eto (mm)	Etc (mm)
Abacaxi fresco ou seco	111.841,8	52,7	0,39	80	0,88	5,2	4,57
Banana fresca ou seca	113.023,7	45,5	0,33	100	0,96	5,6	5,36
Banana fresca ou seca, exc. banana-da-terra	22.233,5	9,8	0,07	100	0,96	5,6	5,36
Castanha de caju, fresca ou seca, s/ casca	463.251,4	<b>2.228,7</b>	<b>16,37</b>	22	<b>0,55</b>	5,2	<b>2,85</b>
Manga fresca ou seca	29.244,8	19,8	0,15	240	0,91	5,0	4,59
Mamão (papaia) fresco	5.256,3	4,2	0,03	118	0,71	4,7	3,34
Melancia fresca	142.852,8	62,3	0,46	102	1,10	5,2	5,71
Melão fresco	<b>876.643,9</b>	559,8	4,11	50	1,06	5,2	5,50
Total		2.982,8	21,91				

Fonte: Elaborado com base em dados de IPECE (2018), IBGE (2018), MAPA (2018), CONAB (2018), SDA (2018), EMBRAPA (2018) e EMATERCE (2018), INMET (2018)



# 14.º SILUSBA

As pegadas hídricas (verde, azul, cinzenta e total) obtidas para os diferentes produtos exportados no período analisado são apresentadas na Tabela 3.2. Observa-se que a castanha de caju apresenta a maior pegada hídrica total, correspondendo, em valor absoluto, a 99,1% de toda a água virtual exportada em produtos agrícolas. Felizmente, 72% da água virtual necessária à sua produção provém diretamente da chuva (visto tratar-se de uma cultura de sequeiro). Em termos percentuais, de água oriunda da irrigação (água azul) para produzir castanha de caju no Ceará é superior à média mundial.

Tabela 3.2 – Pegadas hídricas (PHs) verde, azul e cinzenta e total (PHT) por produto de exportação do Ceará (1997–2012)

Produto	PH Verde		PH Azul		PH Cinzenta		PH Total	
	Consumo (hm <sup>3</sup> )	%						
Abacaxi fresco ou seco	22,5	60,5	13,2	35,5	1,5	4,0	37,2	0,2
Banana fresca ou seca	34,1	33,7	62,0	<b>61,4</b>	4,9	4,9	101,0	0,5
Banana fresca ou seca, exceto banana-da-terra	6,7	33,7	12,2	<b>61,4</b>	1,0	4,9	19,9	0,1
Castanha de caju, fresca ou seca, s/casca	13.200,1	<b>72,0</b>	4.742,6	25,9	378,9	<b>2,1</b>	<b>18.321,5</b>	<b>99,1</b>
Manga fresca ou seca	0,9	47,9	0,7	39,6	0,2	12,5	1,8	0,0
Mamão (papaia) fresco	13,7	58,1	7,8	33,1	2,1	8,8	23,7	0,1
Melancia fresca	-	0,0	16,2	<b>80,8</b>	3,9	<b>19,2</b>	20,0	0,1
Melão fresco	-	0,0	110,9	<b>87,7</b>	15,5	12,3	126,5	0,7
Soma	13.214,7	-	4.878,3	-	400,5	-	18.493,5	-
% PHT de todas as culturas		<b>71,5</b>		26,4		2,2		

Fonte: Elaborado com base em dados de MDIC (2018), FUNCEME (2018), INMET (2018), MAPA (2018), CONAB (2018), EMBRAPA (2018), IBGE (2018), SDA (2018), EMATERCE (2018), IPECE (2018), ADECE (2018), ADAGRI (2018).

#### 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que, em termos monetários, a castanha de caju é responsável por 16,4% da pauta de exportação do Estado. Pela grande quantidade exportada e pela sua elevada pegada hídrica total - a maior entre todos os produtos agrícolas exportados - praticamente toda (99,1%) a água virtual exportada em produtos agrícolas pelo Ceará é proveniente da cadeia produtiva dessa cultura. Felizmente, 72% da água virtual requerida na sua produção provém diretamente da chuva (agricultura de sequeiro), sendo que não produz muita carga poluidora (a pegada hídrica cinzenta é de apenas 2,1% da sua pegada hídrica total). Não obstante o volume de água virtual necessário para produzir 1 kg de castanha de caju no Ceará (40.000 l) ser quase o triplo da média mundial (Mekonnen and Hoekstra 2010) tal Estado é responsável por 80% de toda a castanha de caju brasileira exportada. Em 2011, o Brasil foi o quinto maior produtor e o terceiro maior exportador mundial desse produto (MDIC, 2018).

É importante ressaltar o papel da água verde para a pauta de exportação do Estado. No Ceará, apesar do bem sucedido modelo de gestão de recursos hídricos, as águas geridas são unicamente as azuis, armazenadas em reservatórios superficiais. Contudo, o foco no Estado exclusivamente na água azul subestima o papel da água verde, como fator de produção relevante e que precisa de ser também urgentemente incorporado na gestão da água, eventualmente, através de técnicas de irrigação mais eficientes ou destinadas a reduzir a evapotranspiração do solo (mulche). É importante lembrar que a precipitação interceptada, absorvida pelas plantas e evapotranspirada compreende cerca de 65% dos fluxos de água doce da Terra (Falkenmark and Rockstrom 2004). Contudo, por regra, as interações água-solo-planta são completamente desconsideradas (Brown et al. 2009).

No caso de estudo, este último aspecto é tanto mais relevante, quanto o Ceará executa há quase 30 anos uma política de gestão de recursos hídricos considerada exemplar no Brasil, contudo, sem nunca ter considerado a água virtual como uma nova dimensão do problema. Merece destaque ainda a metodologia que, para além de quantificar das transferências do recurso inerentes à exportação de produtos agrícolas (designadamente nas componentes azul, verde e cinzenta que constituem a água virtual), é detalhada o bastante para ser replicada a contextos afins, como os que ocorrem em algumas Ilhas de Cabo Verde.

#### AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAGRI. AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO CEARÁ. Governo do Estado do Ceará. Secretaria do Desenvolvimento Agrário. Defesa vegetal. Disponível em: <[www.adagri.ce.gov.br](http://www.adagri.ce.gov.br)>. Acesso em: 23 dez. 2018.
- ADECE. AGÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ. Governo do Estado do Ceará. Conselho Estadual de Desenvolvimento Econômico. Setores da economia. Disponível em: <<http://www.adece.ce.gov.br>>. Acesso em: 24 dez. 2018.
- Allen, R. G.; Pereira, L.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Irrigation and Drainage, Rome, paper 56, 1998. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/XO49OE/XO49OEOO.htm>>. Acesso em: 13 fev. 2018.
- Brown, S.; Schreier, H.; Lavkulich, L. M. Incorporating virtual water into water management: a British Columbia example. *Water Resources Management*, v. 23, p. 2681-2696, 2009.
- 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*, Delft, the Netherlands, Unesco-IHE Institute for Water Education, n. 13, 2003.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Governo do Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Produtos e serviços: indicadores da agropecuária. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- EMATERCE. EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO CEARÁ. Governo do Estado do Ceará. Secretaria do Desenvolvimento Agrário. Publicações. Disponível em: <[www.ematerce.ce.gov.br/](http://www.ematerce.ce.gov.br/)>. Acesso em: 13 out. 2018.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Governo do Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agricultura. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 11 out. 2018.
- Falkenmark, M.; Rockström, J. Balancing water for humans and nature: the new approach in ecohydrology. London: Earthscan, July 2004.
- FUNCEME. FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Governo do Estado do Ceará. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior. Tempo: download das séries históricas. Disponível em: <<http://www.funceme.br/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.
- Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. The water footprint assessment manual: setting the global standard. Water Footprint Network. London: Earthscan, 2011.
- Hoekstra, A. Y. Water Footprint Assessment: Evolvement of a New Research Field. *Water Resources Management*, v. 31: 3061, 2017.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Governo do Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Banco de dados. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 19 nov. 2018.
- INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Governo do Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estações e dados. Disponível em: <[www.inmet.gov.br/](http://www.inmet.gov.br/)>. Acesso em: 23 out. 2018.
- IPECE. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Governo do Estado do Ceará. Secretaria do Planejamento e Gestão. Banco de dados: cipp. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br/>>. Acesso em: 13 out. 2018.
- MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Governo do Brasil. Vegetal. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 13 dez. 2018.
- MDIC. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. Governo do Brasil. Secretaria de Comércio Exterior (Secex). Comércio exterior, 2013 (<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/index.php?area=5>). Acesso em: 13 out. 2018.
- Mekonnen, M. M.; Hoekstra, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Value of Water Research Report Series*, Delft, the Netherlands, Unesco-IHE Institute for Water Education, n. 47, 2010.
- SDA. Secretaria do Desenvolvimento Agrário do Estado Ceará. Governo do Estado do Ceará. Informações e serviços. Disponível em: <[www.sda.ce.gov.br/](http://www.sda.ce.gov.br/)>. Acesso em: 13 out. 2018.