

Estimativa do dispêndio de água virtual nas exportações brasileiras no período de 2003 a 2014

Estimation of virtual water use in Brazilian exports from 2003 to 2014

Mirian Veronica Sáez Herrera¹ , Thaís Tonelli Marangoni¹ ,
Jefferson Nascimento Oliveira¹ , Marcelo Libânio^{2*} 

RESUMO

O conceito de *água virtual* tem sido muito utilizado como importante indicador de consumo, sendo cada vez mais aceito na literatura, constituindo-se da água incorporada à produção de um bem ou serviço. Visando a estimar o volume de água virtual presente nos 25 principais produtos da pauta de exportação brasileira no período 2003-2014, utilizou-se o método de pesquisa exploratória a partir dos principais produtos que representavam aproximadamente 60% do montante arrecadado. Os resultados indicaram inflexão entre a relevância dos produtos manufaturados e dos produtos básicos (principalmente minério de ferro e soja) no período de 2009-2010, com apenas quatro produtos respondendo, em 2014, por 32% da receita auferida pelo País. Como consequência, a estimativa do dispêndio de água virtual realizada para os produtos avaliados indicou que o Brasil dispendeu, em média, 191 Gm³.ano⁻¹ (6.025 m³.s⁻¹), com os produtos básicos respondendo por 95% desse volume. Considerando-se apenas 2014, essa vazão elevou-se para 7.836 m³.s⁻¹, aproximadamente 14 vezes superior à demanda para abastecimento da população urbana brasileira.

Palavras-chave: água virtual; comércio de água virtual; pegada hídrica; exportações brasileiras; gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT

The Virtual Water concept has long been used as an important indicator of water consumption, increasingly being accepted in the literature, becoming the embedded water in the production of a good or service. In order to estimate the volume of virtual water present in the top 25 products of Brazilian exports in the period 2003-2014, we used the exploratory method from the main products that represented approximately 60% of the collected amount. Results indicated a shift between the relevance of manufactured products and commodities (mainly iron ore and soybeans) in the 2009-2010 period, with only four products accounting in 2014 for 32% of the revenue earned by the country. As a result, the estimated virtual water expenditure for the products evaluated indicated that Brazil spent, on average, 191 Gm³.year⁻¹ (about 6,025 m³.s⁻¹), with commodities accounting for 95% of this volume. Considering only 2014, this flow increased to about 7,836 m³.s⁻¹, 14 times higher than the supply demand of the Brazilian urban population.

Keywords: virtual water; virtual water trade; water footprint; Brazilian exportation; water resources management.

INTRODUÇÃO E RELEVÂNCIA

Os diversos usos das águas e a qualidade aos mesmos associada são comumente classificados em consuntivos e não consuntivos. Os primeiros referem-se à retirada da água do corpo hídrico para, principalmente, abastecimento doméstico e industrial, irrigação e aquacultura, apresentando, via de regra, requisitos mais estritos de qualidade. Já os não consuntivos remetem a navegação, recreação, harmonia paisagística, entre outros, nos quais não ocorre abstração do corpo d'água.

Em nível mundial, estimativa referente a 2007 aponta o dispêndio de recursos hídricos para o uso agrícola (69%) como o mais significativo, relegando o uso industrial (19%) e o consumo humano (12%)

a papéis secundários. Estima-se ainda que a população abastecida do planeta consuma algo como 14.650 m³.s⁻¹ (UNESCO, 2015).

A partir dos mencionados usos relacionados à indústria, à agricultura e à pecuária, emergem os conceitos de pegada hídrica e água virtual. A primeira remete à utilização de água doce para a produção de determinado bem, mensurando também os efeitos da poluição decorrente do lançamento dos despejos da indústria no corpo receptor e do transporte do produto ao consumidor. A pegada hídrica contempla o volume retirado dos corpos d'água — superficiais e subterrâneos —, denominado *água azul*, a parcela da precipitação que se incorpora ao produto agrícola e não contribui aos mencionados corpos hídricos (*água verde*) e o

¹Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Ilha Solteira (SP), Brasil.

²Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte (MG), Brasil.

*Autor correspondente: marcelo.libanio@gmail.com

Recebido: 12/04/2017 - Aceito: 25/09/2018 - Reg. ABES: 178447

volume despendido para autodepuração/diluição dos despejos (*água cinza*) (HOEKSTRA et al., 2009).

O conceito de água virtual restringe-se ao consumo de água especificamente associado à produção de determinado bem ou serviço, ainda que a quase totalidade do volume não se incorpore a ele (HOEKSTRA et al., 2011; ALLAN, 1998). Ela também pode assumir as noções de *água embutida* ou *água exógena*, a qual se relaciona à importação de água virtual por determinado país.

Ao ampliar o conceito de água virtual, pode-se afirmar que nas atividades de exportação e importação de determinado país se insere o balanço hídrico relacionado aos bens produzidos e adquiridos em período estabelecido. Essa abordagem quantifica a água virtual necessária à produção do bem, o volume despendido para produzi-lo no local de consumo e o volume economizado na importação do produto.

Comércio de água virtual

O comércio internacional de produtos — agrícolas ou industriais — traduz os fluxos internacionais de água virtual com implicações ambientais e socioeconômicas. Países de baixa disponibilidade de recursos hídricos e, conseqüentemente, dificuldade na produção agropecuária, conseguem contornar essa situação pela importação, tornando-se importadores de água virtual. Em situação contrária, países com maior disponibilidade de recursos hídricos e terras tornam-se exportadores de água virtual. O fluxo de água virtual entre duas nações depende do teor desse insumo inserido no produto comercializado e da magnitude do comércio. Estima-se que esse fluxo tenha dobrado no período 1986–2010 (TAMEA; LAIO; RISOLFI, 2016; CARR et al., 2013). Hoekstra e Mekonnen (2012) estimaram que um quinto da pegada hídrica mundial se relaciona à produção para exportação.

A grande gama de produtos comercializados torna difícil cobrir a lista de forma consistente. Assim, como a maior parte da água é utilizada para a produção de alimentos, os estudos de água virtual têm se concentrado nos produtos advindos da agricultura em escalas regional e nacional (SILVA et al., 2016; ZHANG et al., 2016; CHEN; CHEN, 2013). Como os produtos básicos correspondem à maior parte das exportações, estudos como os realizados por Hoekstra e Hung (2002; 2005), Lee et al. (2016) e Zhang et al. (2016) direcionaram-se ao comércio de produtos agrícolas.

Estimativas referentes ao período 1996–2005 apontaram sete países com maior exportação média anual de água virtual: Estados Unidos da América (EUA — $9.955 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), China ($4.534 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Índia ($3.963 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Brasil ($3.551 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Argentina ($3.107 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Canadá ($2.885 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) e Austrália ($2.822 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Em contrapartida, os valores médios dos sete principais importadores foram: EUA ($7.419 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Japão ($4.027 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Alemanha ($3.963 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), China ($3.836 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), Itália ($3.202 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), México ($2.917 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) e França ($2.473 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Evidencia-se, nesse rol, que, à exceção dos EUA e da China, os países exportadores de água

virtual não apresentam papel destacado na importação desse insumo (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2011). Na literatura, comumente alude-se ao dispêndio de água virtual em termos de $\text{Gm}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$. A conversão visou à maior facilidade de comparação entre outros usos.

Especificamente em relação ao Brasil, das vazões outorgadas no ano de 2010, a parcela do abastecimento urbano respondia por aproximadamente 23% da demanda total de água estimada em $1.592 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (ANA, 2012). Esse percentual praticamente manteve-se constante em relação a 2015 (22%), para demanda total estimada em $2.275 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (ANA, 2016). O menor dispêndio em irrigação e pecuária (54–55%), comparado ao restante do planeta, deve-se também às condições climáticas que se traduzem em alturas anuais de precipitação superiores a 1.200 mm na quase totalidade do Brasil, à exceção da região do semiárido, que engloba oito estados da região Nordeste e o norte de Minas Gerais.

Ainda no mesmo contexto, o uso preponderante para irrigação — compreendendo técnicas de aspersão por pivô central ou por gotejamento, inundação e infiltração — atingia, em 2000, área de 36,6 mil km^2 , o que representava aproximadamente 6% da área plantada do Brasil. Seis anos depois, a área irrigada elevou-se para 44,5 mil km^2 , abarcando 7,4% da área das lavouras temporárias ou permanentes. Em 2010, a área irrigada foi estimada em 54 mil km^2 , correspondendo a 8% da área cultivada (ANA, 2012), e elevou-se, em 2014, para 61,1 mil km^2 , 21% do potencial nacional. Esse aumento expressivo é atribuído, com crescimento acima da taxa de área plantada, à expansão dos métodos de irrigação (ANA, 2016).

À mencionada demanda por irrigação estimada pela ANA somam-se as outorgas estaduais de precisão variável. Por fim, tais vazões assumem maior relevância quando se estima, para 2015, em aproximadamente $570 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a vazão necessária ao abastecimento da população urbana do país (da ordem de 85% da total), para capacidade instalada dos sistemas da ordem $587 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (ANA, 2010).

Água virtual na economia e exportações brasileiras

Em um contexto geral, os produtos são classificados como básicos, semimanufaturados e manufaturados. Os primeiros, que assumem a denominação de *commodities*, guardam as características próximas do estado em que são encontrados na natureza, apresentando baixo grau de elaboração. A maior parte desses produtos é composta de insumos agrícolas ou minerais e, no caso do Brasil, a soja e o minério de ferro assumem posição de relevo. A segunda gama de produtos contempla os industrializados. Nesse grupo, os semimanufaturados não se apresentam em sua forma definitiva de uso, como a celulose transformada posteriormente em papel. Eles deverão passar por outros processos para se transformarem em manufaturados, como o açúcar bruto (semimanufaturado) que se converte em refinado (manufaturado).

Hoekstra e Hung (2005) utilizaram as estimativas de cálculo para os volumes de exportação e importação de água virtual para elaborar

ampla lista de produtos considerados como principais responsáveis pelas transações comerciais internacionais. Com isso, os autores estimaram a demanda de água para a produção de cada produto, considerando sua especificidade e a região da produção em termos de demanda por recursos hídricos. Desse modo, um mesmo produto, como a soja, pode necessitar de diferentes volumes de água, dependendo da região do Brasil ou do mundo onde é cultivada. Assim, a demanda por água na produção de soja vai depender do local onde foi plantada, das condições climáticas e dos métodos de produtividade que diferem de uma região para a outra.

Nesse contexto, os autores analisaram os parâmetros climáticos das regiões, a evapotranspiração da cultura, o consumo de água por unidade do produto, a produtividade e a água utilizada no processamento do produto, estimando, por fim, o volume de água virtual contido em cada produto (Hoekstra; Hung, 2005).

Gelain e Istake (2015) analisaram o comércio de água virtual para 189 produtos do agronegócio brasileiro para os anos de 1997, 2003, 2008 e 2013. Os autores concluíram que houve aumento no período de 562% na exportação de água virtual, conjecturando-se, para 2013, vazão exportada da ordem de $5.998 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Em relação às exportações brasileiras, o crescimento da economia mundial nas duas últimas décadas e a entrada de grandes novos consumidores vindos dos países emergentes aumentaram a demanda internacional e exerceram pressão sobre os preços de *commodities* internacionais. Como consequência, verificou-se, no período 2003–2014, o progressivo aumento na participação (%) dos produtos básicos no

montante arrecadado, mais acentuadamente a partir de 2006, conforme denota a Figura 1.

Como seria de se esperar, devido ao menor valor agregado, os produtos básicos responderam por aproximadamente 83% do volume (em massa) exportado no período, impactando significativamente no dispêndio de água virtual pelo país.

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa consistiu em estimar o dispêndio de água virtual verificada pelas exportações brasileiras no período 2003–2014. Adicionalmente, hierarquizaram-se os principais itens da pauta de exportações do Brasil no que tange ao gasto de água virtual e à receita auferida unitária ($\text{US}\$. \text{m}^{-3}$).

METODOLOGIA

Análise da pauta de exportações brasileiras

A análise da pauta de exportações brasileira no período 2003–2014 foi realizada por intermédio dos dados anuais fornecidos pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), pelo Departamento de Estatística do Comércio Exterior (DEAEX) e pelo Departamento de Operações de Comércio Exterior (DECEX) (BRASIL, 2015).

O documento utilizado para quantificar os produtos de exportação intitula-se *Exportação brasileira – produto por fator agregado* (AEB, 2012), de cada ano estudado. Obtiveram-se informações sobre arrecadação monetária, quantidade em toneladas do produto exportado e valores médios arrecadados por tonelada de cada produto. Esses produtos estão

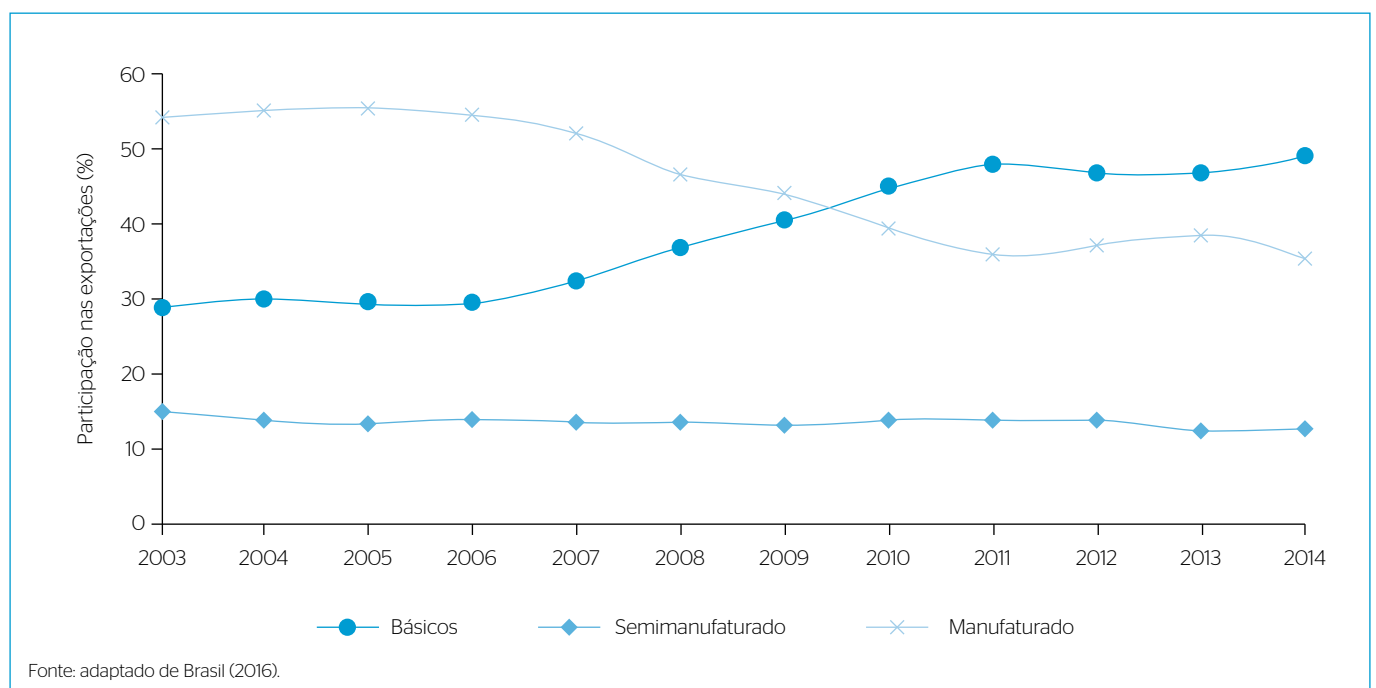


Figura 1 - Participação (%) dos tipos de produtos no montante arrecadado pelas exportações brasileiras no período 2003-2014.

classificados e divididos em básicos, semimanufaturados e manufaturados, e fazem-se presentes os principais exportados de acordo com sua participação em porcentagem na arrecadação monetária em dólar (US\$) da exportação brasileira (AEB, 2012).

Posteriormente, organizaram-se esses dados de acordo com suas classes, utilizando as informações sobre a arrecadação monetária, a quantidade em toneladas exportadas e a participação em porcentagem de cada classe apresentada.

Definição dos produtos integrantes do estudo

A partir dos dados de exportação brasileira disponibilizados anualmente pelo MDIC, discriminaram-se os produtos de acordo com as três mencionadas classes e com a participação em porcentagem de arrecadação na balança comercial brasileira.

Após essa etapa, os produtos quantificados foram tabelados e tratados anualmente, separados conforme a complexidade da produção e da participação em porcentagem dentro da balança comercial brasileira, para serem identificados e estudados. Nessa etapa, obtiveram-se o valor monetário arrecadado em US\$ *free on board* (FOB), a participação em porcentagem de cada produto da exportação e seu respectivo peso em toneladas. O conceito *free on board* que acompanha o símbolo da moeda norte-americana significa que o exportador se responsabiliza pela mercadoria até dentro do navio, para transporte, no porto indicado pelo comprador.

Dessa maneira, ordenaram-se os dados que correspondessem aos 12 anos de percentuais dos produtos amostrados. Após essa etapa, somaram-se as porcentagens de cada produto, resultando na porcentagem final da receita da exportação brasileira em termos de valor agregado.

Os produtos amostrados na pesquisa foram retirados da pauta de exportação de 2014, ou seja, elencaram-se os principais produtos de maior expressividade econômica no ano citado. Assim, o estudo foi composto de 25 produtos (Quadro 1), representando, aproximadamente, 60% da arrecadação monetária nacional com as exportações. Esses produtos sofreram variações percentuais durante o período investigado em relação à quantidade exportada. Observaram-se alterações durante o período, sendo o menor e o maior valor percentual da arrecadação monetária da pauta de exportação verificados para os produtos amostrados em 2003 (43%) e 2011 (62%).

Finalmente, a despeito da amostragem dos produtos exportados ter se norteado pelo montante arrecadado em 2014, a participação dos produtos básicos — cuja demanda de água é mais significativa — manteve-se aproximadamente constante no período analisado.

Estimativa do dispêndio de água virtual

As referências para quantidade produtiva e dispêndio de água foram obtidas a partir de relatórios anuais de sustentabilidade de cada empresa exportadora do País (BRASIL, 2015). Os mencionados relatórios

forneceram um breve histórico dos produtos, o volume anual de água retirado do corpo hídrico para sua produção e a quantidade anual produzida. Dessa maneira, o volume de água utilizado em cada ano é diferente. A Tabela 1 mostra o consumo de água em cada ano dos produtos analisados e a média do período analisado.

Utilizando o valor anual de cada produto contemplado na amostragem, a estimativa do volume de água virtual exportado efetuou-se por meio da Equação 1:

$$Ve = Me.Vp \quad (1)$$

Em que:

Ve = volume de água virtual exportado (m³);

Me = massa do produto exportado (t);

Vp = volume de água despendido na produção (m³.t⁻¹).

Três ressalvas cabem ser explicitadas. As informações do volume de água de recirculação não foram incluídas neste estudo, pela escassez de dados desse tipo de manejo. Em segunda instância, para a quase totalidade dos produtos,

Quadro 1 – Os 25 produtos básicos, semimanufaturados e manufaturados exportados pelo Brasil com maior montante arrecadado em 2014.

Básicos	Semimanufaturados	Manufaturados
(1) Minério de ferro e concentrados	(13) Açúcar de cana bruto	(20) Óleos combustíveis
(2) Soja, mesmo triturada	(14) Celulose	(21) Automóveis de passageiros
(3) Óleos brutos de petróleo	(15) Produtos semimanufaturados de ferro e aço	(22) Açúcar refinado
(4) Carne de frango congelada, fresca ou refrigerada, incluindo miúdos	(16) Ferro-liga	(23) Etanol
(5) Farelo e resíduos da extração de soja	(17) Óleo de soja bruto	(24) Veículos de carga
(6) Milho em grãos	(18) Ferro fundido bruto e ferro "Springel" (ex.: ferro gusa)	(25) Pneumáticos
(7) Carne bovina congelada, fresca ou refrigerada	(19) Alumínio bruto	-
(8) Café cru em grãos	-	-
(9) Fumo em folhas e desperdícios	-	-
(10) Minério de cobre e seus concentrados	-	-
(11) Carne de suíno congelada, fresca ou refrigerada	-	-
(12) Algodão bruto	-	-

Tabela 1 - Volume de água utilizado na produção anual de cada produto em metros cúbicos por tonelada.

Produtos	Minério de ferro	Soja	Óleo de petróleo	Carne de frango	Farelo de soja	Milho	Carne bovina	Café
2002	2,23E+08	3,58E+10	12.402.239	5,6E+09	7,58E+10	3,46E+09	1,85E+09	54177,587
2003	2,34E+08	4,46E+10	12.884.316	6,73E+09	8,24E+10	4,5E+09	2,67E+09	47812,074
2004	2,93E+08	4,32E+10	12.301.073	8,49E+09	8,77E+10	6,34E+09	3,98E+09	47812,074
2005	3E+08	5,03E+10	14.628.195	9,67E+09	8,74E+10	1,35E+09	4,67E+09	47219,212
2006	3,25E+08	5,6E+10	19.613.605	9,05E+09	7,47E+10	4,97E+09	5,27E+09	51.540,183
2007	3,61E+08	5,33E+10	22.457.224	1,05E+10	7,56E+10	1,38E+10	5,53E+09	51.981,630
2008	3,77E+08	5,5E+10	22.863.673	1,14E+10	7,44E+10	8,11E+09	4,4E+09	54.730,413
2009	3,56E+08	6,41E+10	27.337.275	1,14E+10	7,42E+10	9,81E+09	3,98E+09	57.259,693
2010	4,17E+08	6,52E+10	33.319.617	1,21E+10	8,28E+10	1,36E+10	4,09E+09	62.558,461
2011	4,43E+08	7,4E+10	31.945.310	1,25E+10	8,69E+10	1,2E+10	3,53E+09	62.564,249
2012	4,38E+08	7,39E+10	29.277.873	1,25E+10	8,65E+10	2,49E+10	4,07E+09	52.524,472
2013	4,42E+08	9,6E+10	20.291.282	1,24E+10	8,08E+10	3,36E+10	5,09E+09	59.351,126
2014	4,61E+08	1,03E+11	27.653.393	1,28E+10	8,31E+10	2,6E+10	5,28E+09	69.388,360
Média	3,59E+08	6,26E+10	22.075.006	1,04E+10	8,09E+10	1,25E+10	4,18E+09	55.301,502

Produtos	Fumo	Minério de cobre	Carne suína	Algodão	Açúcar	Celulose	Ferro e aço	Ferro-liga	Óleo de soja
2002	1,09E+09	-	2,7E+09	3,39E+08	480.710,3	98.725.219	21.615.992	657.074	80,57292
2003	1,09E+09	-	2,75E+09	5,43E+08	526.281,6	1,31E+08	20.102.102	686.337,3	64,48068
2004	1,35E+09	-	2,83E+09	1,02E+09	602.642,1	1,43E+08	17.535.956	747.744,1	71,8086
2005	1,44E+09	-	3,48E+09	1,21E+09	729.476,0	1,59E+08	16.326.190	803.136,4	69,32568
2006	1,32E+09	739.001	2,91E+09	9,42E+08	806.836,6	1,79E+08	15.947.307	744.514,6	74,90484
2007	1,62E+09	1.163.680	3,31E+09	1,3E+09	783.922,9	1,89E+08	14.174.014	726.223,8	81,74028
2008	1,58E+09	1.294.952	2,81E+09	1,65E+09	858.348,4	2,07E+08	15.748.200	763.024,9	84,4056
2009	1,55E+09	1.212.629	3,18E+09	1,56E+09	1.129.309,0	2,46E+08	12.934.935	553.184,9	103,9885
2010	1,15E+09	1.280.916	2,78E+09	1,59E+09	1.319.138,0	2,52E+08	14.612.834	715.369,4	104,7227
2011	1,25E+09	1.288.697	2,62E+09	2,35E+09	1.269.634,0	2,55E+08	19.932.332	767.912,5	101,8681
2012	1,46E+09	1.376.564	2,99E+09	3,26E+09	1.226.735,0	2,56E+08	18.451.427	899.456,4	99,54936
2013	1,43E+09	1.734.155	2,64E+09	1,77E+09	1.355.879,0	2,83E+08	14.659.888	830.248,2	104,1094
2014	1,08E+09	1.736.720	2,51E+09	2,32E+09	1.213.449,0	3,17E+08	17.500.361	776.318,8	82,60896
Média	1,34E+09	1.314.146	2,88E+09	1,53E+09	946.335,6	2,09E+08	16.887.811	743.888,1	86,46812

Produtos	Ferro fundido	Alumínio	Óleo combustível	Automóveis	Açúcar	Etanol	Veículos de carga	Pneumáticos
2002	9,35E+09	9,22E+08	-	-	-	-	-	-
2003	1,17E+10	9,84E+08	24.378.912	810.046,0	1E+08	1.785.932	51.957,20	2.840,846
2004	1,17E+10	8,74E+08	30.086.947	1.087.664,0	1,36E+08	5.718.806	86.106,82	2.974,258
2005	1,22E+10	8,42E+08	24.051.581	1.311.303,0	1,44E+08	6.426.753	118.519,30	3.247,553
2006	9,28E+09	9,21E+08	29.211.038	1.216.844,0	1,33E+08	8.746.380	116.491,60	3.515,237
2007	9,42E+09	8,72E+08	25.149.716	1.140.780,0	1,52E+08	9.037.171	120.822,10	4.015,719
2008	9,7E+09	8,21E+08	22.846.853	1.041.982,0	1,29E+08	13.103.863	111.198,70	3.729,143
2009	7,54E+09	9,74E+08	21.399.683	685.577,4	1,4E+08	8.469.463	52.620,37	2.894,133
2010	7,7E+09	7,87E+08	22.027.540	921.045,5	1,55E+08	4.877.874	83.978,83	3.224,683
2011	8,43E+09	7,3E+08	23.338.603	940.453,4	1,14E+08	5.036.944	98.325,13	3.250,845
2012	8,73E+09	7,41E+08	30.214.437	746.686,1	1,07E+08	7.931.642	88.011,81	2.735,213
2013	6,78E+09	6,07E+08	24.944.258	1.028.346,0	1,24E+08	7.431.704	92.883,46	2.520,548
2014	6,49E+09	4,65E+08	22.724.837	612.682,1	1,07E+08	3.568.835	67.375,43	2.520,401
Média	9,15E+09	8,11E+08	25.031.200	961.950,8	1,29E+08	6.844.614	90.690,90	3.122,381

em especial o minério de ferro, o volume de água para o beneficiamento incorpora-se, em pequena monta, ao produto na usina de pelotização, com significativa parcela retornando aos corpos hídricos, ainda que com qualidade variável. Apesar dessa limitação, consoante com a literatura, considerou-se o volume despendido nessa atividade econômica como volume exportado.

Por fim, para estimativa do dispêndio de água virtual, fiou-se na literatura mais recente, utilizando os mesmos indicadores para os anos anteriores e posteriores à publicação. Procedimento similar foi realizado de forma exitosa por outros pesquisadores (DUARTE; PINILLA; SERRANO, 2014). Complementou o estudo a revisão da literatura acerca do dispêndio de água para os principais itens da pauta de exportação brasileira (CARMO *et al.*, 2007; CAVALETT, 2008; HOEKSTRA; HUNG, 2005; IBRAM, 2012; KOTSUKA, 2013; PIMENTEL *et al.*, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerações iniciais

Os 25 produtos amostrados pela pesquisa com base no ano de 2014 responderam a, em média, aproximadamente — em termos

de montante arrecadado por cada classe — 90% dos produtos básicos (12), 75% dos semimanufaturados (7) e 18% dos manufaturados (6). O menor número de produtos manufaturados inseridos na amostra deveu-se à significativa dispersão destes na pauta de exportações brasileira, a maioria respondendo por menos de 0,5% do montante arrecadado, e ao menor dispêndio de água comparado ao dos produtos básicos. Esse rol de produtos representou, ao longo do período contemplado, os percentuais apresentados conforme evidenciado na Tabela 1.

Robustece a amostragem realizada a relevância dos produtos básicos no dispêndio de água virtual, cuja participação, nas exportações brasileiras, cresceu 78% (19,9 pontos percentuais) no período 2003–2014. Especificamente em 2014, as informações contidas na Figura 1 e na Tabela 2 evidenciam que a amostragem realizada contemplou 93% dos produtos básicos integrantes da pauta de exportações brasileira.

Dispêndio de água virtual

A evolução da estimativa do dispêndio de água virtual devido aos produtos básicos inseridos na amostra apresenta-se na Figura 2.

Tabela 2 - Participação da arrecadação monetária de cada categoria dos produtos amostrados na pauta de exportações brasileira no período 2003-2014.

Classe de produto/Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Básicos (%)	25,4	26,2	26,3	26,9	29,3	33,7	37,2	41,6	44,8	43,6	43,6	45,3
Semimanufaturados (%)	10,2	8,8	8,4	9,1	8,4	9,2	10,4	11,3	11,3	10,9	11,4	9,7
Manufaturados (%)	7,9	8,2	9,1	9,9	8,6	8,0	7,2	7,2	6,6	7,2	7,2	5,5
Total (%)	43,5	43,2	45,8	45,9	46,3	50,9	54,8	60,1	62,7	61,7	61,2	60,5

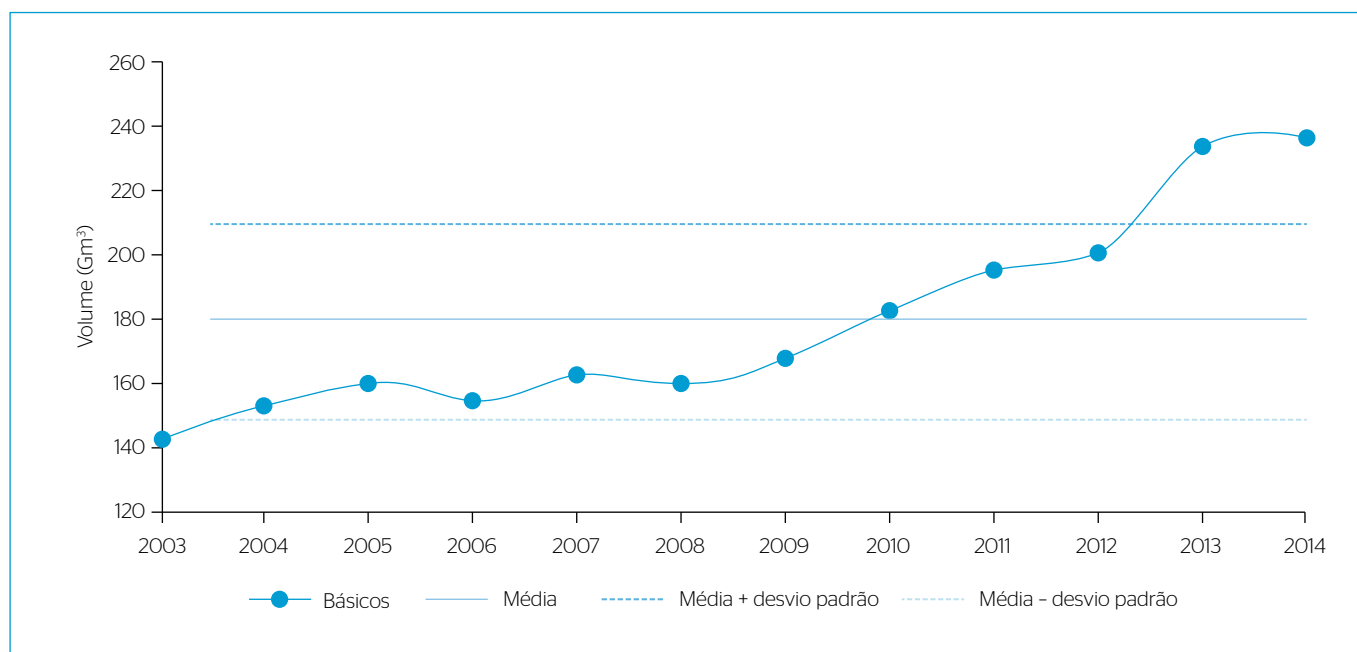


Figura 2 - Estimativa do dispêndio com água virtual pelos 12 produtos básicos amostrados da pauta de exportações brasileiras no período 2003-2014.

A partir do gasto de água virtual e do montante arrecadado, estimou-se a receita auferida por volume unitário (US\$.m⁻³) dos 12 produtos básicos amostrados, conforme denotado na Tabela 3.

Da análise da Tabela 3, depreende-se o impacto da cultura de milho (6) e soja (2) em relação ao montante arrecadado e, comparativamente a outros produtos básicos, a menor receita unitária advinda dessa atividade. Em contrapartida, posição de destaque com tal indicador aponta para os óleos brutos de petróleo (3) entre todos os 25 produtos amostrados.

Da mesma forma, estimaram-se a evolução do dispêndio de água virtual no período 2003–2014 pelos sete produtos semimanufaturados inseridos na amostra, conforme mostrado na Figura 3, e a receita unitária auferida na Tabela 4.

Em vertente semelhante à emanada pela análise da Tabela 1, o exame da Tabela 4 evidencia a menor receita unitária decorrente do cultivo de soja (17) comparada à obtida com as atividades ligadas à siderurgia (16 e 18).

Tabela 3 - Receita auferida por volume unitário despendido de água virtual (US\$.m⁻³) para os 12 produtos básicos amostrados da pauta de exportações brasileiras no período 2003-2014.

Ano/Produto básico	Minério de ferro	Soja	Óleo de petróleo	Carne de frango	Farelo de soja	Milho	Carne bovina	Café	Fumo	Minério de cobre	Carne suína	Algodão
2003	3,29	0,09	164,69	0,25	0,03	0,08	0,43	27,24	0,96	*	0,19	0,34
2004	3,62	0,12	205,49	0,29	0,03	0,09	0,49	27,24	1,01	*	0,26	0,39
2005	5,42	0,10	284,69	0,34	0,03	0,08	0,51	53,29	1,15	*	0,32	0,37
2006	6,14	0,10	351,51	0,32	0,03	0,09	0,59	56,81	1,28	4,32	0,34	0,35
2007	6,53	0,12	396,53	0,40	0,03	0,13	0,63	64,99	1,35	5,45	0,35	0,39
2008	9,78	0,19	592,89	0,50	0,05	0,17	0,91	75,49	1,69	5,68	0,48	0,42
2009	8,29	0,17	334,79	0,42	0,06	0,13	0,75	65,69	1,93	4,07	0,35	0,43
2010	15,49	0,16	484,73	0,47	0,05	0,16	0,94	82,83	2,34	5,94	0,44	0,51
2011	21,06	0,22	676,26	0,56	0,06	0,22	1,18	127,87	2,30	7,50	0,49	0,67
2012	15,81	0,23	693,56	0,54	0,07	0,21	1,10	108,93	2,18	6,75	0,44	0,64
2013	16,42	0,23	638,53	0,56	0,08	0,18	1,05	77,21	2,23	6,47	0,46	0,62
2014	12,49	0,22	591,49	0,53	0,08	0,14	1,09	87,06	2,24	6,39	0,57	0,58

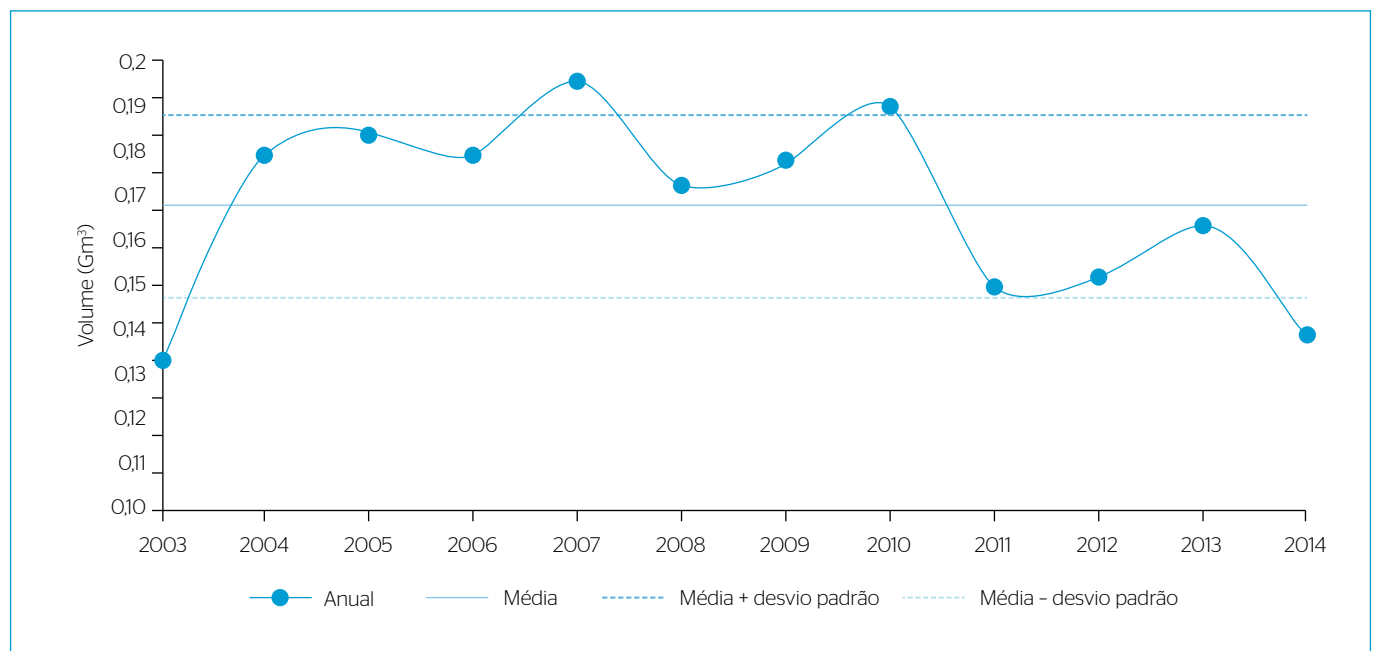


Figura 3 - Estimativa do dispêndio com água virtual pelos sete produtos semimanufaturados amostrados da pauta de exportações brasileiras no período 2003-2014.

Por fim, mesmo procedimento foi realizado para os produtos manufaturados, conforme apresentado pela Figura 4 e pela Tabela 5.

Percebe-se, pela análise da Figura 4 e da Tabela 5, o menor impacto dos produtos manufaturados no dispêndio de água virtual e a significativa maior receita unitária devido ao alto valor agregado inserido nesses produtos.

Considerando-se os 25 produtos amostrados, o dispêndio médio estimado de água virtual pelas exportações brasileiras no período 2003–2014 atingiu, aproximadamente, 191,6 Gm³.ano⁻¹ (6.076 m³.s⁻¹), para o qual os produtos básicos responderam por 95% desse caudal. Em cenário mais atual, considerando o ano de 2014 como referência, estima-se

que esse dispêndio seja da ordem de 247,1 Gm³.ano⁻¹ (7.836 m³.s⁻¹), com a participação dos produtos básicos superando 97%.

Cabe ressaltar que a estimativa realizada é da mesma ordem de grandeza da mencionada na literatura (5.998 m³.s⁻¹), calcada em 189 produtos agrícolas. Mesmo para outra estimativa de menor magnitude (3.551 m³.s⁻¹), a diferença pode ser explicada pelo período de exportações brasileiras menos significativas (1996–2005), pois, em 16 anos, o montante arrecadado elevou-se cinco vezes (BRASIL, 2015). Por fim, o incremento das exportações coaduna-se com o uso mais racional dos recursos hídricos, tendendo a reduzir o dispêndio de água virtual estimado pela literatura mais recente.

Tabela 4 - Receita auferida por volume unitário despendido de água virtual (US\$.m³) para os sete produtos semimanufaturados amostrados da pauta de exportações brasileira no período 2003-2014.

Ano/Produto semimanufaturado	Açúcar	Celulose	Ferro e aço	Ferro-liga	Óleo de soja	Ferro fundido	Alumínio
2003	1,04	13,31	80,53	685,22	0,09	713,88	0,92
2004	1,02	12,03	120,62	800,03	0,10	1058,61	1,09
2005	1,33	12,78	139,48	886,58	0,08	1419,42	1,21
2006	1,98	13,84	142,76	1126,31	0,09	1455,08	1,62
2007	1,62	15,97	165,06	2016,73	0,13	1741,88	1,74
2008	1,73	18,87	254,10	3022,88	0,20	2773,53	1,73
2009	2,15	13,43	134,06	2580,21	0,14	1916,78	1,04
2010	2,87	18,83	177,38	2850,23	0,15	2336,66	1,41
2011	3,70	19,56	232,63	3249,43	0,22	2743,17	1,60
2012	3,32	18,38	208,21	3099,55	0,21	2478,33	1,32
2013	2,75	18,32	184,85	2831,86	0,18	2205,40	1,30
2014	2,50	16,72	182,57	3537,35	0,15	2214,11	1,37

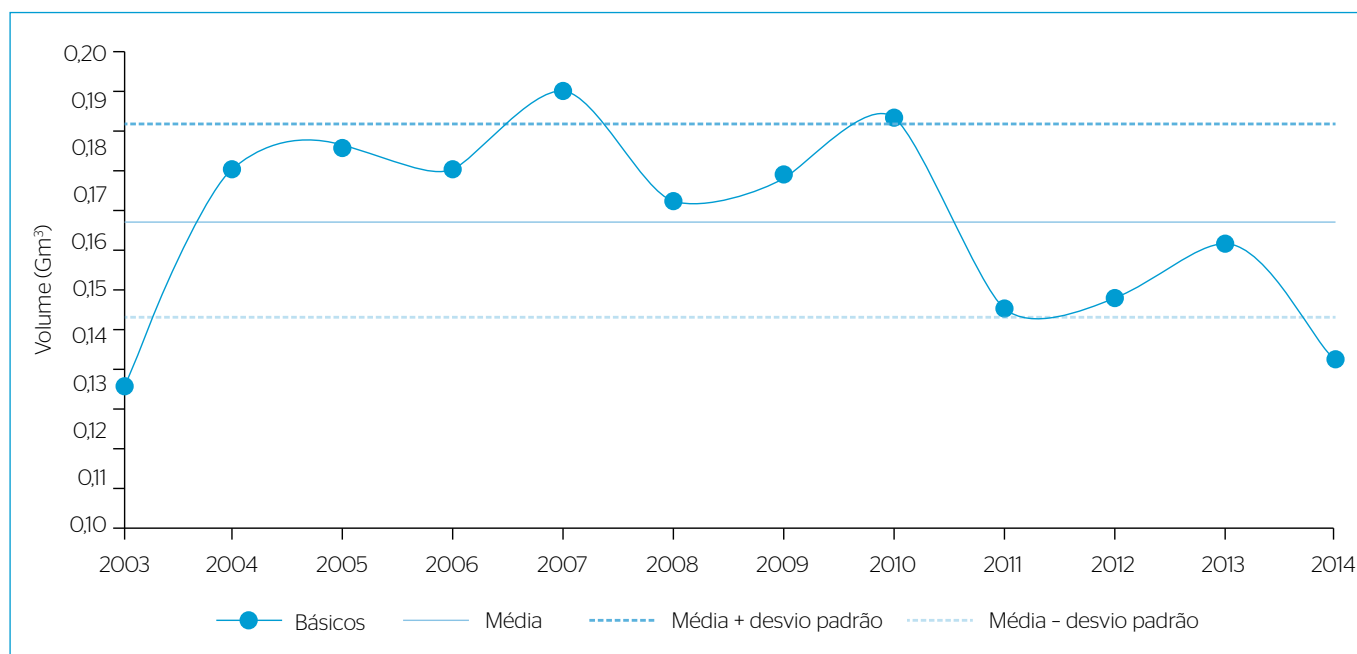


Figura 4 - Estimativa do dispêndio com água virtual pelos seis produtos manufaturados amostrados da pauta de exportações brasileiras no período 2003-2014.

Tabela 5 - Receita auferida por volume unitário despendido de água virtual (US\$.m⁻³) para os seis produtos manufaturados amostrados da pauta de exportações brasileiras no período 2003-2014.

Ano/Produto manufaturado	Óleo combustível	Automóveis	Açúcar	Etanol	Veículos de carga	Pneumáticos
2003	41,27	3278,45	7,87	82,18	12913,57	216,49
2004	39,86	3081,36	8,28	80,67	13042,48	231,97
2005	65,36	3351,76	10,63	115,54	14190,32	255,63
2006	77,09	3778,04	16,73	183,47	16046,75	289,65
2007	91,15	4079,20	12,95	163,51	17002,48	344,28
2008	129,75	4717,68	14,25	182,40	19568,24	400,23
2009	93,77	4733,11	17,12	158,00	18279,52	388,98
2010	117,01	4795,12	22,24	207,93	20087,13	422,46
2011	161,65	4652,70	29,62	296,17	22272,47	512,63
2012	166,78	4988,39	26,27	275,63	23658,42	577,31
2013	155,09	5333,54	21,61	251,48	23804,96	559,84
2014	150,85	5214,98	18,77	251,63	22169,76	524,20

CONCLUSÕES

A primeira conclusão que emerge de pesquisa desta natureza aponta a quase irrelevância dos produtos manufaturados no dispêndio de água virtual, comparado principalmente aos básicos. O custo unitário (US\$.m⁻³) é, naqueles, 87 vezes maior que nestes.

Como não podia deixar de ser, o incremento das exportações brasileiras no período amostrado contribuiu para o maior dispêndio de água virtual, estimado, para 2014, em algo como 7.836 m³.s⁻¹ — 14 vezes superior à vazão destinada ao abastecimento da população urbana do país.

Conforme mencionado, reduz-se a fragilidade da estimativa calculada no menor número de produtos semimanufaturados e manufaturados amostrados pela discrepância do dispêndio de água virtual pelos produtos básicos integrantes da pauta de exportações. Eventual aumento na amostragem do número desses produtos pouco elevaria a vazão estimada. Adicionalmente, pelo maior custo da água como

insumo — principalmente para as indústrias que não dispõem de captação própria e utilizam água da concessionária —, verifica-se crescimento significativo do reúso, reduzindo a abstração dos corpos hídricos.

Ademais, as receitas obtidas por volume unitário de dispêndio de água virtual prestam-se também a questionar, por esse prisma, a crescente cultura da soja, que ora representa pouco menos da metade da safra de grãos no País.

Por fim, não se pode considerar o volume despendido de água virtual como *volume exportado*, pois pequena parcela da água se incorpora à significativa maioria dos produtos exportados, à exceção de alguns gêneros alimentícios. Parcela significativa do caudal utilizado retorna aos corpos hídricos, ainda que usualmente com qualidade inferior. A estimativa, corroborada pela literatura, justifica-se pelo impacto nos recursos hídricos nacionais e por sua redução nos países compradores dos produtos brasileiros.

REFERÊNCIAS

ALLAN, J.A. (1998) Virtual water: a strategic resource. Global solutions to regional deficits. *Ground Water*, v. 36, n. 4, p. 545-546. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). (2007) *Cadernos de Recursos Hídricos 2: Disponibilidade e demanda de recursos hídricos no Brasil*. Brasília: ANA. 123 p.

AGENCIA NACIONAL DE AGUAS (ANA). (2010) *Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional*. Brasília: Agência Nacional de Águas, Engecorps/Crobape -ANA. v. 1. 65 p.

AGENCIA NACIONAL DE AGUAS (ANA). (2012) *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*. Informe 2012. Edição especial. Brasília: Agência Nacional de Águas.

- ÁGUAS, A. N. DE. (2016) *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*. Informe 2016. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2016.
- ASSOCIAÇÃO DE COMÉRCIO EXTERIOR DO BRASIL (AEB). (2012) *Radiografia do comércio exterior brasileiro: passado, presente e futuro*. AEB. Disponível em: <<http://www.aeb.org.br/userfiles/file/AEB%20-%20Radiografia%20Com%C3%A9rcio%20Exterior%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2016.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. *Portal*. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br>>. Acesso em: 27 ago. 2016.
- CARMO, R.L.; OJIMA, A.L.R.O.; OJIMA, R.; NASCIMENTO, T.T. (2007) Água Virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande "exportador" de água. *Ambiente & Sociedade*, v. 10, n. 2, p. 83-96. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2007000200006>
- CARR, J.A.; DODORICO, P.; LAIO, F.; RIDOLFI, L. (2013) Recent History and Geography of Virtual Water Trade. *PLoS One*, v. 8, n. 2, p. e55825. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0055825>
- CAVALETT, O. (2008) *Análise do Ciclo de Vida da Soja*. 245f. Tese (Doutorado em Engenharia Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CHEN, Z.; CHEN, G. (2013) Virtual water accounting for the globalized world economy: National water footprint and international virtual water trade. *Ecological Indicators*, v. 28, p. 142-149. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.024>
- DUARTE, R.; PINILLA, V.; SERRANO, A. (2014) The effect of globalisation on water consumption: A case study of the Spanish virtual water trade, 1849-1935. *Ecological Economics*, v. 100, p. 96-105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.01.020>
- GELAIN, J.G.; ISTAKE, M. (2015) Exportação Líquida de Água Virtual Brasileira e Estadual. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 9, n. 2, p. 150-168.
- HOEKSTRA, A.Y.; CHAPAGAIN, A.K.; ALDAYA, M.M.; MEKONNEN, M.M. (2009) *Water Footprint Assessment Manual Setting the Global Standard*. Earthscan publishing for a sustainable future. Londres/Washington, DC.
- HOEKSTRA, A.Y.; CHAPAGAIN, A.K.; ALDAYA, M.M.; MEKONNEN, M.M. (2011) *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. Earthscan publishing for a sustainable future. Londres/Washington, DC.
- HOEKSTRA, A.Y.; HUNG, P.Q. (2002) *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. Delft: UNESCO-IHE.
- HOEKSTRA, A.Y.; HUNG, P.Q. (2005) Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change*, v. 15, n. 1, p. 45-56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.06.004>
- HOEKSTRA, A. Y.; MEKONNEN, M. M. The water footprint of humanity. (2012) *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 109, n. 9, p. 3232-3237.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). (2012) *Informações e análises da economia mineral brasileira*. 7. ed. IBRAM. 68 p.
- KOTSUKA, L.K. (2013) *Avaliação dos conceitos de água virtual e pegada hídrica na gestão de recursos hídricos: estudo de caso da soja e óleo de soja*. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental – Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- LEE, S.-H.; YOO, S.-H.; CHOI, J.-Y.; SHIN, A. (2016) Evaluation of the Dependency and Intensity of the Virtual Water Trade in Korea. *Irrigation and Drainage*, v. 65, n. S1, p. 48-56. <https://doi.org/10.1002/ird.1957>
- MEKONNEN, M.M.; HOEKSTRA, A.Y. (2011) National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption. *Value of Water Research Report*, n. 50.
- PIMENTEL, D.; BERGER, B.; FILIBERTO, D.; NEWTON, M.; WOLFE, B.; KARABINAKIS, E.; CLARK, S.; POON, E.; ABBETT, E.; NANDAGOPAL, S. (2004) Water Resources: Agricultural and Environmental Issues. *Bio Science* 909, v. 54, n. 10, p. 909-918. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0909:WRAAEI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0909:WRAAEI]2.0.CO;2)
- SILVA, V.P.R.; OLIVEIRA, S.D.; HOEKSTRA, A.Y.; DANTAS NETO, J.; CAMPOS, J.H.B.C.; BRAGA, C.C.; ARAÚJO, L.E.; ALEIXO, D.O.; BRITO, J.I.B.; SOUZA, M.D.; HOLANDA, R.M. (2016) Water Footprint and Virtual Water Trade of Brazil. *Water*, v. 8, n. 11, p. 517-529. <http://dx.doi.org/10.3390/w8110517>
- TAMEA, S.; LAIO, F.; RIDOLFI, L. (2016) Global effects of local food-production crises: a virtual water perspective. *Scientific Reports*, v. 6, n. 18803. <http://dx.doi.org/10.1038/srep18803>
- UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). (2015) *The United Nations World Water Development Report 2015*. UNESCO. 75 p. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world/>>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- ZHANG, Y.; ZHANG, J.; TANG, G.; CHEN, M.; WANG, L. (2016) Virtual water flows in the international trade of agricultural products of China. *Science of the Total Environment*, v. 557-558, p. 1-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.166>