



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS,
ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS
CENTRO DE PESQUISA E EXTENSÃO DA FEAC
(www.upf.br/cepeac)

Texto para discussão

Texto para discussão Nº 01/2020

**A PEGADA HÍDRICA DA ECONOMIA BRASILEIRA E A BALANÇA
COMERCIAL DE ÁGUA VIRTUAL: UMA ANÁLISE INSUMO-PRODUTO**

Marco Antonio Montoya

A PEGADA HÍDRICA DA ECONOMIA BRASILEIRA E A BALANÇA COMERCIAL DE ÁGUA VIRTUAL: UMA ANÁLISE INSUMO-PRODUTO

THE WATER FOOTPRINT OF THE BRAZILIAN ECONOMY AND THE VIRTUAL WATER BALANCE: A PRODUCT-PRODUCT ANALYSIS

Marco Antonio Montoya¹

Resumo

Neste artigo, avaliam-se, no Brasil, a pegada hídrica nacional e a balança comercial de água virtual. Para isso, foi construído um modelo insumo-produto ecológico que incorpora o consumo setorial de água para o ano de 2015. Verificou-se que a pegada hídrica do país alcança 21.934 hm³/ano de água virtual, o que equivale a um consumo per-capita de 107,28 m³/ano ou de 293,92 litros/dia. Na balança comercial verificou-se, em função dos setores da agropecuária a agroindústria, um saldo exportador líquido de 8.620 hm³/ano de água virtual capaz de abastecer 80,35 milhões de habitantes durante um ano. Assim, frente a escassez de água global, o Brasil através de suas exportações contribui com abundantes recursos hídricos para o bem-estar da população mundial, contudo para proteger o meio ambiente de forma sustentável é necessário criar um mercado formal de água virtual.

Palavras-chave: insumo-produto; pegada hídrica; produção setorial; meio ambiente.

Abstract

In this article, in Brazil, the national water footprint and the virtual water trade balance are evaluated. For this, an ecological input-product model was built that incorporates the sectorial water consumption for the year 2015. It was found that the country's water footprint reaches 21,934 hm³ / year of virtual water, which is equivalent to a permanent consumption capita of 107.28 m³ / year or 293.92 liters / day. In the trade balance, depending on the sectors of agriculture and livestock, there was a net export balance of 8,620 hm³ / year of virtual water capable of supplying 80.35 million inhabitants during one year. Thus, in the face of global water scarcity, Brazil, through its exports, contributes with abundant water resources for the well-being of the world population, however to protect the environment in a sustainable way it is necessary to create a formal virtual water market.

Keywords: input-output; water footprint; sectoral production; environment.

JEL:C67, Q25, E23, Q50

1 Introdução

O Brasil, ao longo dos últimos 50 anos, vem pressionando ao meio ambiente por maiores recursos hídricos devido ao crescimento econômico, que lhe deu o *status* da oitava economia mundial, bem como ao aumento da população que duplicou, passando de 93,1 milhões em 1970 para 201,1 milhões de habitantes em 2020.

Embora a água seja um recurso abundante no país, já que possui as maiores reservas de água doce (12%) do planeta, na economia brasileira é tratada como um recurso escasso. Para entender o problema é preciso considerar que essas reservas estão desigualmente distribuídas geográfica e demograficamente. Enquanto a região Norte apresenta a maior concentração de água em virtude da localização da Bacia do Rio Amazonas e o Aquífero Alter do Chão, a grande parte da população brasileira concentra-se nas regiões Sudeste e Nordeste que, historicamente, sofrem de secas e escassez de água (Pena, 2018).

Para atender à crescente demanda de água e corrigir a distribuição natural das chuvas e rios, diversas obras de engenharia foram implementadas no país. Ao longo do território, destacam-se a construção de reservatórios artificiais, a integração do rio São Francisco com as bacias hidrográficas do nordeste setentrional através de sua transposição, a promoção de projetos de irrigação para o uso de pivôs centrais, que

¹ Doutor em Economia Aplicada. Professor Titular da Universidade de Passo Fundo - UPF. E-mail: montoya@upf.br, <https://orcid.org/0000-0003-1566-7417>. Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Ciência Econômicas Administrativas e Contábeis (UPF/FEAC), Campus I. BR 285, Km 292,7, Bairro São José, Passo Fundo, RS, CEP 99052-900, Brasil.

segundo a Embrapa (2016), irrigam uma área de 1,275 milhão de hectares e coloca o Brasil entre os dez países com maior área irrigada no planeta.

Nesse panorama que intensifica a necessidade cada vez maior de recursos hídricos para atender o crescimento econômico e populacional brasileiro, questionasse: quanta água é consumida na produção de bens e serviços finais do país? Responder a esta pergunta não é trivial já que o consumo ocorre de duas maneiras; de forma direta, quando alguém abre a torneira para realizar atividades cotidianas domésticas e, de forma indireta, através da aquisição de bens de consumo, como carros, roupas, material de limpeza, produtos alimentícios, etc. O problema do consumo indireto de água é que ela passa despercebida pelas pessoas por ser “invisível”, ou seja, se ignora as enormes quantidades de água embutida nos processos de produção de bens e serviços finais consumidos no país. Portanto, para avaliar a quantidade de água consumida no sistema econômico é necessária uma categoria de análise que integre o consumo direto e indireto de água, tal como o faz a Pegada Hídrica Nacional ao mensurar a água virtual; ou seja, o consumo de água incorporada ao longo dos processos de produção dos bens e serviços finais.

Deve-se considerar também que o Brasil no mercado internacional é considerado como um grande fornecedor de alimentos, assim, em função do consumo indireto de água na produção, pode-se inferir que, por meio de suas exportações também é um grande fornecedor de água para a economia mundial. Fato que também deve ser avaliado na balança comercial para ter a verdadeira dimensão do consumo de água no país.

Nesse contexto e no âmbito da contabilidade ambiental, este artigo tem como objetivo mensurar na estrutura da economia brasileira a pegada hídrica nacional, com fins de estabelecer a quantidade de água incorporada ou consumida na produção de bens e serviços finais, bem como avaliar no mercado internacional o saldo da balança comercial de água virtual do país. Com esses fins utiliza-se um modelo insumo-produto ecológico que incorpora o consumo setorial de água para o ano de 2015. Espera-se com esta pesquisa, em um primeiro momento, compreender melhor as interações das atividades econômicas do país com os fluxos da água, gerar informações acerca da inserção internacional do Brasil na escassez global de água, bem como fornecer indicadores para um melhor planejamento dos recursos hídricos nos próximos anos.

Após esta introdução, o presente artigo está dividido da seguinte maneira: na seção 2, é feita uma breve discussão sobre a noção conceitual da pegada hídrica nacional e os enfoques metodológicos adotados para sua avaliação; na seção 3, apresenta-se a estrutura matemática do método de mensuração da pegada hídrica, bem como a base de dados utilizada; a seção 4, avalia no país o consumo setorial de água e a água embutida nos produtos do país denominada como água virtual; a seção 5, avalia na estrutura da economia brasileira a dimensão da pegada hídrica nacional e a balança comercial da água virtual; na última seção, são apresentadas as principais conclusões obtidas no decorrer da análise.

2 Revisão Bibliográfica

A seguir são apresentadas noções conceituais sobre a pegada hídrica nacional e a abrangência dos enfoques metodológicos que mensuram a água virtual. Para isso, primeiramente, apresenta-se alguns aspectos inerentes a diferença entre o uso e consumo

de água, a pegada hídrica como categoria de análise ambiental, bem como a abrangência dos modelos insumo-produto ecológicos para avaliar a água virtual incorporada nos bens e serviços finais do país.

2.1 Diferença substancial entre o uso e o consumo de água

Nas atividades econômicas, os recursos hídricos contribuem permanentemente com o crescimento econômico do país, na medida em que a água é utilizada para o consumo humano e animal, produção de alimentos, como insumo de processos produtivos da indústria, bem como é usada na geração de energia elétrica, navegação, lazer, ou como local para descarte e diluição de afluentes domésticos e industriais. No sistema econômico, segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2018), **o uso total da água** considera toda a água retirada do meio ambiente e das atividades econômicas para ser utilizada pelos setores produtivos e pelas famílias. Já **o consumo total** de água constitui a parcela da água retirada para uso que não retorna ao ambiente, pois, durante o uso, foi incorporada nos produtos e consumida pelas famílias ou rebanhos.

Nesse contexto, com base no Anexo 1, observa-se, que o uso total de água na economia brasileira alcança 3.219.507 hm³ ao ano. Esse volume representa o total de água retirada do meio ambiente (3.201.731 hm³), mas as águas que são provenientes de outras atividades econômicas (17.775 hm³). Chama atenção que, do total de água utilizada no país, em sua grande maioria, 3.188.907 hm³ ou 99,05%, retornou ao meio ambiente (3.171.131 hm³) e às próprias atividades produtivas (17.776 hm³); e apenas 30.600 hm³ ou 0,95% foram consumidas pelas atividades econômicas (30.554 hm³) e pelas famílias (46 hm³). A respeito, cabe salientar que na literatura internacional e sites de informação confundem o uso da água com o consumo de água o que superestima a real dimensão do consumo per-capita de água nos países.

2.2 Pegada hídrica nacional e água virtual

Em analogia à pegada ecológica, como medida da apropriação humana das áreas biologicamente produtivas, Hoekstra e Huang (2002) introduziram o conceito de **pegada hídrica nacional** (PHN) como um indicador do volume total de água doce consumida ou incorporada no processo de produção de bens e serviços finais de um país. Note-se que devido a inerente interdependência setorial do sistema econômico, ao calcular nos processos produtivos o volume de água que é incorporada ou embutida nos produtos e serviços finais, a pegada hídrica leva em consideração os impactos diretos e indiretos do consumo de água no meio ambiente. Em virtude disso, a pegada hídrica de um indivíduo, família, comunidade, ou país pode ser estimada multiplicando-se todos os bens e serviços finais consumidos por seus respectivos volumes de água incorporados ou consumidos.

Considerando que muitos dos produtos finais são consumidos no mercado doméstico e outros no mercado internacional, Allan (1998) ao avaliar as *commodities* agrícolas introduz o conceito de **água virtual** como o volume de água incorporada nos produtos comercializados no mercado internacional, ou seja, refere-se à apropriação dos recursos hídricos de outros países no processo de exportação e importação de bens e serviços (Chapagain e Hoekstra, 2007; Oel et al., 2012).

Em função dessa definição conceitual, ao estimar o volume de água incorporada, existe uma relação complementar entre a pegada hídrica e o conceito de água virtual, razão pela qual na literatura a **pegada hídrica** também é definida como o volume de “água virtual” ou “água incorporada” nos bens e serviços finais consumidos pelos indivíduos e pelas nações (ver Hoekstra, 2009; Bleninger e Kotsuka 2015).

Portanto, a pegada hídrica e a água virtual constituem-se categorias de análise do desenvolvimento sustentável para avaliar a gestão dos recursos híbridos escassos, bem como sua desigual distribuição nos diversos segmentos territoriais do mundo. Isto é, com a avaliação da pegada hídrica dos países pretende-se descobrir como o planeta pode proporcionar água doce suficiente para assegurar o bem-estar das pessoas na terra, considerando que a água doce é escassa e representa, segundo Gleick (2000), apenas 2,5% do volume total de recursos hídricos.

2.2.1 Tipos de pegada hídrica

A pegada hídrica total está composta pela somatória da pegada hídrica verde, azul e cinza. A **pegada hídrica verde** representa a água proveniente da chuva, que não é retirada nem armazenada pelos mananciais e, sim, armazenada temporariamente na superfície no solo úmido ou vegetação (Hoekstra et al., 2009). Ela representa o volume de água da chuva consumida ou incorporada nos produtos durante o processo de produção. O cálculo da pegada hídrica verde é particularmente relevante para produtos agrícolas, devido à evapotranspiração, ou seja, a perda de água de um ecossistema para a atmosfera, causado pela evaporação ou a partir do solo e pela transpiração das plantas (Wichelns, 2010).

A **pegada hídrica azul** está constituída pelas águas da superficiais (rios, córregos, reservatórios artificiais, lagos e geleiras) e subterrâneas (aquíferos) que são consumidas ou incorporadas no processo de produção de um bem (Hoekstra et al., 2011).

Já a **pegada hídrica cinza** é aquela que se tornou poluída durante o processo produtivo, sendo definida como a quantidade de água necessária para diluir a carga de poluentes a níveis aceitáveis, estabelecidos nos padrões de qualidade e potabilidade existentes. Ainda que a Água Cinza não represente necessariamente entrada de água no sistema, compõe a pegada hídrica por representar o volume de água que seria necessário para a neutralização total da carga ambiental enviada aos recursos hídricos (Hoekstra et al., 2009).

Nesse contexto, cabe destacar que a pegada hídrica do ponto de vista ambiental considera que os impactos diretos se referem ao consumo da água em atividades cotidianas domésticas e o impacto indireto se refere ao consumo de água que está incorporada nos bens e serviços finais. Em virtude disso, pelo volume consumido de bens e serviços durante um ano, percebe-se que a pegada hídrica indireta é superior à pegada hídrica direta; apesar disto e por ser “invisível”, ela é geralmente negligenciada.

2.3 Enfoques metodológicos adotados para avaliar a pegada hídrica

Atualmente, os diversos estudos que avaliam a pegada hídrica, podem ser agrupados em duas categorias metodológicas: o método da árvore de produção e o método de insumo-produto ecológico.

O enfoque do **método da árvore de produção** é utilizado para calcular o teor de água virtual das culturas, este método geralmente combina com os dados climáticos locais. Quanto aos produtos de origem animal, este método estima primeiro a água verde, a água azul e a água cinza contida na alimentação animal e, em seguida, considera a escala ou volume de produção para calcular o conteúdo específico de água virtual dos produtos animais. Para os produtos industriais, a maneira de calcular o teor de água virtual é semelhante ao dos produtos de origem animal, e o valor correspondente da pegada hídrica pode ser obtido pela multiplicação do teor de água virtual pelo volume de produção ou consumo de produtos. (Ver Rodriguez et al., 2014; Su et al., 2015). Contudo, este método apresenta limitações para calcular a água incorporada, principalmente nos produtos industrializados e serviços, na medida em que não leva em consideração todo o sistema econômico. Isto é, negligencia a interdependência dos setores econômicos, não fornece a água virtual dos serviços nos fluxos do sistema econômico, bem como apresenta dupla contagem ao não considerar a água incorporada nos produtos importados que servem de insumos para as exportações do país.

Já o enfoque do **método insumo-produto ecológico** geralmente adota informações sobre os fluxos de água que interagem com as atividades econômicas. Os cálculos da água virtual e a pegada hídrica decorrem dos coeficientes de água direto e total do sistema econômico. Assim, a pegada hídrica pode ser derivada da multiplicação do coeficiente total de água pela demanda final do país ou região, ou seja, o consumo da água é captado de forma sistêmica no processo circular da economia (Ver Zhao et al., 2009; Zhang et al., 2016).

2.3.1 Abrangência analítica dos modelos insumo-produto no meio ambiente

A importância de avaliar a pegada hídrica está associada aos riscos e as incertezas ambientais decorrentes da escassez de água doce *versus* o crescente consumo de água no sistema econômico. A expansão da atividade econômica e da população nas nações e a maior necessidade de recursos hídricos destaca-se como o problema de maior probabilidade de risco para o desenvolvimento sustentável. Portanto, avaliar o volume de água que é incorporada nos produtos e serviços finais torna-se premente para a melhor gestão dos recursos hídricos de um país.

Cabe salientar, entretanto, que uma séria limitação da análise de impactos ambientais é a tendência a lidar isoladamente com cada produto ou setor (indústria), sem reconhecer a importância das relações setoriais. Embora não seja difícil conceber a existência dessas relações econômicas, no mundo real elas tendem a ser bastante complexas, envolvendo vários grupos de produtos e setores, diferentes formas de encadeamentos e várias hierarquias de ramificações. O modelo insumo-produto tem a capacidade de retratar essas relações em diferentes níveis de complexidade. É uma ferramenta adequada para avaliar os recursos incorporados nos produtos, usa rotinas matemáticas que permitem rastrear o uso direto, indireto e induzido de todos os recursos incorporados na produção que são destinados para o consumo final (Leontief, 1970).

Existem várias extensões possíveis da análise de insumo-produto, dentre as quais está a hipótese de incorporar unidades físicas ao modelo para avaliar a dimensão ambiental. Quando os fluxos monetários (vetor linha) de um setor são substituídos na

matriz de transações interindustriais por unidades físicas, o modelo é conhecido como insumo-produto híbrido. A vantagem dessa abordagem, que incorpora as unidades físicas “por dentro do modelo”, pressupõe que os fatores de conversão e os preços sejam diferentes entre os setores, o que torna o modelo consistente. Já, quando as unidades físicas são inseridas, por meio de um vetor linha, como parte dos fatores primários, são conhecidas como modelos insumo-produto ecológicos. A vantagem desse procedimento que incorpora as unidades físicas “por fora do modelo” permite, de maneira convencional, calculando a inversa de Leontief, converter as unidades monetárias em unidades físicas. Contudo, pressupõe que os fatores de conversão sejam os mesmos entre os setores e que os preços sejam os mesmos para os vários setores que a utilizam (ver Miller; Blair, 2009; Guilhoto, 2011).

Nesse contexto, o modelo insumo-produto híbrido e ecológico vem sendo utilizados para avaliar problemas relacionados ao meio ambiente, visto que recursos como terra, energia, emissões de dióxido de carbono (CO₂) e água, dentre outros, são incorporados na produção de bens e serviços. Por exemplo, Bicknell et al. (1998) e Wiedmann et al. (2006), utilizaram o uso da terra no modelo insumo-produto para estimar a pegada ecológica. Já, com relação ao aquecimento global, Ukidwe e Bakshi (2004), Hilgemberg e Guilhoto (2006) e Montoya *et al.* (2019), utilizam modelos insumo-produto híbridos e ecológicos para avaliar o impacto ambiental decorrente do consumo de energia e as emissões de CO₂. Com relação aos recursos hídricos, Dietzenbacher e Velazquez (2007) e Zhang et al., (2011) utilizam o modelo insumo produto inter-regional para avaliar o comércio virtual entre regiões do mesmo país e, finalmente, Zhao et al., (2009) e Zhi et al., (2014) utilizam o modelo insumo-produto regional para estimar a pegada hídrica nacional, bem como o comércio de água virtual no mercado internacional.

Para a economia brasileira, até onde sabemos, nenhum estudo utilizando o modelo insumo-produto foi realizado para estimar a pegada hídrica nacional. Isso até porque, pela primeira vez, no ano de 2018 a Agência Nacional de Águas do Brasil disponibilizou dados agregados, que descrevem a interação entre a água e as atividades econômicas, adequados e necessários para estimar a pegada hídrica e o comércio de água virtual do país.

3 Metodologia

Em geral, a pegada hídrica nacional está composta pela água doce de origem nacional e origem importada incorporada na produção dos bens e serviços finais do país. Para sua contabilidade ambiental, a seguir é apresentado o modelo insumo-produto, os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa, bem como a base de dados utilizada.

3.1 Modelo insumo-produto em unidades monetárias

O modelo insumo-produto descreve os fluxos de bens e serviços entre os diferentes setores da economia brasileira em unidades monetárias ao longo de um ano (Tabela 1). Os fluxos intersetoriais do modelo podem ser representados da seguinte maneira. A equação (1) mostra que a soma da demanda intermediária e da demanda final é igual a demanda total do produto do setor *i*. A equação (2) mostra que o consumo intermediário mais as contribuições dos fatores de produção (Valor Adicionado) é igual

a produção bruta do setor j . Finalmente, a equação (3) mostra a condição de equilíbrio entre a oferta e a demanda para cada um dos setores produtivos da economia.

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + \sum_{s=1}^n Y_{is} = X_i \quad (1)$$

Demanda intermediaria + Demanda final = Demanda Total

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} + \sum_{r=1}^n V_{rj} = X_j \quad (2)$$

Consumo intermediário + Fatores primários (Valor adicionado) = Oferta Total

$$X_i = X_j \quad (3)$$

Demanda Total = Oferta Total

Tabela 1: Matriz insumo-produto do Brasil

Insumo/Produto	Consumo intermediário (X_{ij})	Demanda final (Y_{is})		Valor bruto da produção (X_i)
		Consumo domestico	Exportações	
Consumo intermediário	x_{ij}	f_i	e_i	X_i
Importações	m_{ij}	m_i^f	m_i^e	m_i
Valor adicionado	V_{rj}	-	-	-
Valor bruto dos insumos	X_j	-	-	-
Consumo de água doce	w_j	-	-	-

Fonte: elaborado pelo autor

Para o estudo da pegada hídrica nacional no modelo foi deixado em evidencia as importações intermediarias e finais, equação (4), bem como adicionado, no lado dos fatores primários, um vetor linha, w_j , que contém o consumo de água doce em cada setor.

$$m_i = \sum_{j=1}^n m_{ij} + m_i^f + m_i^e \quad (4)$$

No modelo de insumo-produto, supõe-se que os coeficientes de produção são fixos; desse modo, os requerimentos de insumos intermediários têm uma participação fixa em relação à produção bruta dos setores. Os coeficientes técnicos (a_{ij}) representam a quantidade de insumos do setor i requerida ou necessária para produzir uma unidade do produto do setor j . Assim:

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j} \quad \text{ou} \quad X_{ij} = a_{ij}X_j \quad (5)$$

Substituindo a equação (5) na equação (2), e fazendo $\sum_{s=1}^n Y_{is} = Y_i$, obtém-se o sistema de equações (6).

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + Y_i = X_i \quad (6)$$

A solução do modelo insumo-produto clássico para estudar as interdependências dos setores de uma economia pode ser expressa matricialmente pela equação (7), cuja solução é dada pela equação (8):

$$AX + Y = X \quad (7)$$

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (8)$$

Os coeficientes da matriz inversa de Leontief $(I - A)^{-1}$ são chamados de requerimentos totais de produção, ou seja, os requerimentos diretos e indiretos de produção. Eles indicam, em unidades monetárias, a produção no setor i que é necessária para atender uma unidade monetária da demanda final. Note-se que a demanda final do

modelo é exógena e o elo de ligação com a produção total é construído com a matriz inversa.

3.2 Água virtual no modelo insumo-produto

Inicialmente, para mensurar pegada hídrica nacional é necessário calcular a água virtual do sistema econômico. No entanto, a água virtual, convencionalmente medida em metros cúbicos por tonelada de produção (m^3/t) deve ser modificada no modelo insumo-produto como a quantidade de água incorporada por cada unidade monetária produzida para a demanda final ($m^3/R\$$). A nova unidade de medida obedece aos seguintes fatos. Primeiro, uma das principais premissas do modelo insumo-produto é que cada setor produz um único produto e todo produto utiliza os mesmos processos e tecnologia, o que significa que cada setor representa apenas um único produto na estrutura do modelo. Segundo, embora sejam bens físicos circulando no sistema econômico, na estrutura insumo-produto a unidade monetária deve ser redefinida como uma unidade da água virtual, ou seja, nesta pesquisa metros cúbicos de água doce por real ($m^3/R\$$).

Na Tabela 1, com a inserção, de um vetor linha, do consumo setorial de água doce o modelo insumo-produto é estendido para calcular a água virtual. Então, a matriz de coeficientes diretos da água virtual pode ser derivada como:

$$\omega_j = \frac{w_j}{X_j} \quad (9)$$

onde w_j é o insumo água doce do setor j , X_j é o produto bruto do setor i , e ω_j é a quantidade de água consumida pelo setor i para aumentar uma unidade monetária de produção no setor j .

O vetor dos coeficientes de água diagonalizado ($\hat{\omega}_j$) e multiplicando pela matriz de coeficientes técnicos (A), o coeficiente direto de água virtual (α_j) será:

$$\alpha_j = \sum_i \omega_i A \quad (10)$$

sendo α_j a quantidade de água direta consumida pelo setor i para produzir uma unidade monetária da demanda final do setor j .

Logo o coeficiente total de água virtual pode ser conseguido multiplicando ($\hat{\omega}_j$) pela matriz inversa de Leontief, $(I - A)^{-1}$, ou seja:

$$\delta_j = \sum_i \omega_i (I - A)^{-1} \quad (11)$$

onde δ_j conhecido como água virtual, representa a água total consumida pelo setor i para gerar uma unidade monetária da demanda final no setor j .

Considerando que a demanda final de um produto está vinculada ao consumo direto e indireto de água, o coeficiente de água virtual indireto (γ_j) é calculado subtraindo da água virtual total (δ_j) à água virtual direta (α_j) o que indica a necessidade de água virtual indiretamente do setor i para produzir uma unidade monetária no setor j que será destinada para a demanda final.

3.3 Pegada hídrica nacional no modelo insumo-produto ecológico

Em termos gerais, a pegada hídrica nacional está composta pelos recursos hídricos de origem nacional e origem importada incorporada na produção dos bens e serviços finais do país, ou seja, conforme Hoekstra e Chapagain, (2007), a somatória da pagada

hídrica interna e pegada hídrica externa. Assim, torna-se necessário rastrear nas diversas cadeias produtivas do sistema econômico o consumo de água virtual.

3.3.1 Pegada hídrica interna

A pegada hídrica interna é definida como o consumo domésticos de recursos hídricos para produzir bens e serviços finais consumidos pelos habitantes do país, ou seja, o consumo total de água virtual do país para satisfazer a demanda final menos a água virtual consumida para produtos de exportação.

A pegada hídrica interna pode ser apresentada a seguir como:

$$T_j = \delta_j \times f_j \quad \text{ou} \quad T_j = \omega_i(I - A)^{-1}f_j \quad (12)$$

onde T_j representa a água utilizada para o consumo interno da demanda final, produzida no mercado interno no setor j , e f_j representa, na demanda final, o consumo interno do setor j , ou seja, não considera as exportações.

3.3.2 Pegada hídrica externa

A pegada hídrica externa é definida como o volume anual de recursos hídricos incorporados nos bens e serviços importados pela demanda intermediária e pela demanda final do país, ou seja, a água virtual importada para o país menos o volume de água virtual exportada para outros países como resultado da reexportação de produtos importados.

O cálculo da pegada hídrica externa não é trivial, pelo contrário é muito mais complexo devido as tecnologias de produção dos bens e serviços importados, ou seja, as importações provenientes de outros países apresentam diferentes processos tecnológicos de produção que incorporam volumes de água virtual diferentes. Certamente, um modelo insumo-produto inter-regional mundial permitiria diferenciar as tecnologias de produção de cada país e, portanto, o volume de água virtual de cada produto importado, contudo, essas informações integradas para todos os países não são disponíveis.

Para resolver o problema, assumimos a premissa, amplamente usada na literatura, que a tecnologia de produção de um produto importado como sendo a mesma do produto doméstico, em virtude da água virtual incorporada nas importações equivale a água que o país teria consumido se tivesse que produzir o produto importado no mercado doméstico (Ver Wiedmann et al., 2007; Zhao et al., 2009).

Nesse sentido, a pegada hídrica externa ou volume de água virtual importada em cada setor da demanda intermediária e cada componente da demanda final, pode ser expresso como:

$$F_j = S^f + S^{in} \quad (13)$$

em que S^f é a água virtual importada diretamente para a demanda final doméstica, e S^{in} representa a água virtual importada para o consumo intermediário induzido pela demanda final doméstica.

A água virtual importada diretamente para a demanda final pode ser calculada multiplicando o valor das importações incorporadas na demanda final por δ_j , ou seja:

$$S_j^f = \delta_j \times m_j^f \quad \text{ou} \quad S_j^f = \omega_i(I - A)^{-1}m_j^f \quad (14)$$

onde S_j^f denota a água virtual importada para a demanda final do setor j , e m_j^f é o valor da importação para a demanda final do setor j .

Reconhecendo que apenas parte dos produtos intermediários apoiará as exportações, então apenas uma fração da água virtual incorporada nos insumos intermediários será consumida pela demanda doméstica. A água virtual importada como uso intermediário e consumida pela demanda final doméstica (S^{in}) pode ser derivada como:

$$S_j^{in} = (\sum_i \delta_i \times m_{ij}) \times \theta_j \quad (15)$$

onde m_{ij} significa o valor de entrada intermediário da importação, θ_j representa um coeficiente de ajuste derivado como a proporção do resultado da demanda final menos a exportação sobre a demanda final, e S_j^{in} é a água virtual importada como uso intermediário do setor j .

Portanto, a pegada hídrica nacional (PHN) do sistema econômico como um todo é dada pela soma da pegada hídrica interna e externa, ou seja:

$$PHN = T + S^f + S^{in} \quad (16)$$

3.3.3 Intensidade da Pegada hídrica nacional

Para avaliar a distribuição do consumo de água da demanda final doméstica entre os setores do sistema econômico, o índice de intensidade da pegada hídrica (ρ_j), proposto por Zhao et al., (2009), é calculado como a participação da pegada hídrica nacional do setor j no total da pegada hídrica nacional dividido pela participação da demanda final doméstica do setor j na demanda final doméstica total, ou seja:

$$\rho_j = \frac{PHN_j}{\sum PHN_j} / \frac{f_j}{\sum f_j} \quad (17)$$

Os resultados da pegada hídrica nacional dividida pela demanda final doméstica total mostram a situação média do consumo de água dos setores na demanda final doméstica, assim se consideramos o resultado médio como um valor crítico da intensidade. Então, $\rho_j > 1$ significa que o setor j é um setor intensivo em consumo de água, $\rho_j < 1$ significa o setor não é intensivo no consumo de água e $\rho_j = 1$ significa que a intensidade do setor j é o mesmo que a situação média.

3.4 Balança comercial da água virtual

O comércio virtual de água pode ser derivado como um subproduto da contabilidade da pegada hídrica nacional. De fato, a pegada hídrica externa ou exportação virtual de água pode ser escrita como

$$u_j = \delta_j \times e_j \quad \text{ou} \quad u_j = \omega_i (I - A)^{-1} e_j \quad (18)$$

onde u_j é a exportação virtual de água para a demanda final do setor j , e_j é a exportação do setor j .

As exportações virtuais de água não estão incluídas na contabilidade da pegada hídrica nacional. Assim, tomando como referência as importações de água virtual, a balança comercial de água virtual será:

$$NX_j^{virtual} = (S_j^f + S_j^{in}) - u_j \quad (19)$$

onde $NX_j^{virtual}$ é o saldo da balança comercial de água virtual do setor j .

Note-se na balança comercial que as importações da água virtual têm o sinal positivo e as exportações o sinal negativo, isso porque está implícita a ideia da escassez dos recursos hídricos, ou seja, o alívio da crise hídrica de um país aumentará quanto mais água economizar através da importação de água virtual de outros territórios do planeta.

3.5 Base de dados

Os dados monetários utilizados nesta pesquisa foram extraídos das Matrizes de Insumo-Produto (MIP) de 2015, elaborada a partir das Contas Nacionais n. 62, fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018b). Os setores foram agregados em trinta e três setores em função dos objetivos da pesquisa. Os setores da agropecuária e indústria de transformação foram deixados em evidência em função de concentrarem o maior consumo de água do país. Para a compilação das matrizes, adotou-se o modelo de tecnologia do setor cuja hipótese central é que a tecnologia é uma característica das atividades, isto é, a tecnologia para a produção dos produtos é determinada pela atividade que os produz.

Os dados sobre a água foram extraídos das Contas Econômicas Ambientais da Água (CEAA) de 2015, elaboradas com base nas Contas Nacionais n. 60, fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018a), com informações das TRU Físicas construídas de acordo com o Sistema de Contas Econômico-Ambientais da Água (SEEA-Water). Isto é, a CEAA em sua metodologia integra informações hidrológicas com informações econômicas de produção, consumo intermediário e consumo final.

Cabe salientar que o conceito de pegada hídrica, associada ao consumo ou incorporação de água na produção, está contemplada nos estoques de água doce utilizados pela CEAA para construir a MIP ambiental da água do Brasil. Assim as informações setoriais da água utilizadas ao longo do sistema econômico insumo-produto mostram a somatória da água verde, azul e cinza incorporação nos bens e serviços finais do país.

Originalmente a CEAA apresentam uma Tabela de Recursos e Usos composta por sete fluxos hídricos e seis setores ou atividades econômicas em unidades físicas, contudo, para esta pesquisa essas Tabelas foram desagregadas com base nas metodologias propostas por Montoya, Lopes e Guilhoto (2014) e Montoya e Finamore (2019).

As informações da MIP estão a preços básicos e em milhões de reais de 2015, e as informações físicas da CEAA estão em hectômetros cúbicos (hm^3), o que corresponde a um milhão de metros cúbicos (m^3) ou um bilhão de litros de água.

4 O Consumo Setorial de Água e a Água Virtual na Economia Brasileira

A interação insumo-produto dos fluxos de água com as atividades econômica, evidenciam que o consumo de água no sistema econômico varia de setor para setor. A primeira coluna da Tabela 2, mostra que o consumo total de água das atividades econômicas no Brasil alcança o volume de 30.554 hm^3 ao ano. Em termos agregados, chama atenção que, a produção da agropecuária responde por 77,6% ou 23.704 hm^3 da água consumida no país, seguido de longe pela Indústria com 12,2% ou 3.729 hm^3 e pelos serviços com 10,2% ou 3.120 hm^3 .

Tabela 2: O consumo de água e a água virtual na economia brasileira - ano de 2015, em hm³ e hm³/10⁶ R\$ ano e percentuais

MIP ÁGUA 2015 BR – Setor	Consumo de água (w_j)		Composição da Água virtual em hm ³ /10 ⁶ R\$					
			Direto (α_j)		Indireto (γ_j)		Total (δ_j)	
	hm ³	%	hm ³ /R\$	%	hm ³ /R\$	%	hm ³ /R\$	%
1- Agricultura	16.278	53,3	0,0016	2,8	0,0534	97,2	0,0550	100,0
2- Pecuária	6.630	21,7	0,0038	7,0	0,0507	93,0	0,0545	100,0
3- Produção florestal, pesca e aquicultura	795	2,6	0,0018	6,7	0,0253	93,3	0,0271	100,0
4- Indústrias extrativas	282	0,9	0,0002	11,2	0,0017	88,8	0,0020	100,0
5- Abate e produtos de carne, produtos do laticínio e da pesca	1.201	3,9	0,0178	63,2	0,0103	36,8	0,0281	100,0
6- Fabricação e refino de açúcar	322	1,1	0,0278	75,4	0,0091	24,6	0,0369	100,0
7- Outros produtos alimentares	880	2,9	0,0128	65,3	0,0068	34,7	0,0196	100,0
8- Fabricação de bebidas	49	0,2	0,0017	39,8	0,0026	60,2	0,0043	100,0
9- Fabricação de produtos do fumo	1	0,0	0,0204	89,2	0,0025	10,8	0,0229	100,0
10- Fabricação de produtos têxteis	60	0,2	0,0046	59,8	0,0031	40,2	0,0077	100,0
11- Confeção de artefatos do vestuário e acessórios	4	0,0	0,0009	33,5	0,0018	66,5	0,0027	100,0
12- Fabricação de calçados e de artefatos de couro	4	0,0	0,0006	15,7	0,0031	84,3	0,0037	100,0
13- Fabricação de produtos da madeira	17	0,1	0,0032	61,5	0,0020	38,5	0,0052	100,0
14- Fabricação de celulose e papel	36	0,1	0,0016	50,2	0,0016	49,8	0,0032	100,0
15- Fabricação de biocombustíveis	230	0,8	0,0227	72,6	0,0086	27,4	0,0313	100,0
16- Refino de petróleo e coqueiras	13	0,0	0,0007	16,9	0,0033	83,1	0,0039	100,0
17- Fabricação de químicos, perfumaria e higiene pessoal	101	0,3	0,0004	19,8	0,0018	80,2	0,0022	100,0
18- Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	6	0,0	0,0002	17,1	0,0011	82,9	0,0014	100,0
19- Fabricação de produtos não-metálicos	119	0,4	0,0006	28,4	0,0016	71,6	0,0022	100,0
20- Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e fundição	295	1,0	0,0010	25,4	0,0028	74,6	0,0038	100,0
21- Fabricação de produtos de metal	21	0,1	0,0005	31,8	0,0011	68,2	0,0016	100,0
22- Fabricação de equipamentos eletrônicos e máquinas	23	0,1	0,0002	23,1	0,0007	76,9	0,0009	100,0
23- Fabricação de automóveis, peças e acessórios	30	0,1	0,0003	22,6	0,0010	77,4	0,0012	100,0
24- Fabricação de equipamentos de transporte e manutenção	19	0,1	0,0002	20,4	0,0008	79,6	0,0010	100,0
25- Construção	16	0,1	0,0003	29,4	0,0006	70,6	0,0009	100,0
26- Eletricidade e gás, água, esgoto e gestão de resíduos	2.371	7,8	0,0021	19,6	0,0086	80,4	0,0106	100,0
27- Comércio por atacado e a varejo	104	0,3	0,0007	53,4	0,0006	46,6	0,0012	100,0
28- Transporte, armazenagem e correio	25	0,1	0,0001	9,0	0,0010	91,0	0,0011	100,0
29- Informação e comunicação	8	0,0	0,0001	21,5	0,0004	78,5	0,0005	100,0
30- Intermediação financeira, seguros e previdência	13	0,0	0,0001	18,1	0,0003	81,9	0,0003	100,0
31- Atividades imobiliárias	9	0,0	0,0000	23,0	0,0001	77,0	0,0001	100,0
32- Administração públicas e seguridade social	338	1,1	0,0003	26,9	0,0007	73,1	0,0009	100,0
33- Outras atividades de serviços	253	0,8	0,0005	32,3	0,0010	67,7	0,0015	100,0
TOTAL	30.554	100,0	0,1298	38,2	0,2100	61,8	0,3398	100,0
Média			0,0039		0,0064		0,0103	
Multiplicador do consumo de água			1,0000		1,6185		2,6185	

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Lembrando que a água consumida é a água que foi incorporada nos bens, a elevada concentração do consumo de água na agropecuária evidencia que as atividades que envolvem a produção de grãos e proteína animal requerem grandes volumes de água do meio ambiente. Assim, quando observados os setores vinculados ao agronegócio brasileiro, ou seja, o consumo de água dos setores da agropecuária e da agroindústria, verifica-se que em conjunto concentram 86,8% ou 26.508 hm³ da água consumida no país. Em particular, destacam-se seis setores do agronegócio que respondem por 85,5% do consumo nacional. Tais setores são: o setor Agricultura (53,3% ou 16.278 hm³), setor Pecuária (21,7% ou 6.630 hm³), setor Abate e produtos de carne (3,9% ou 1.201 hm³),

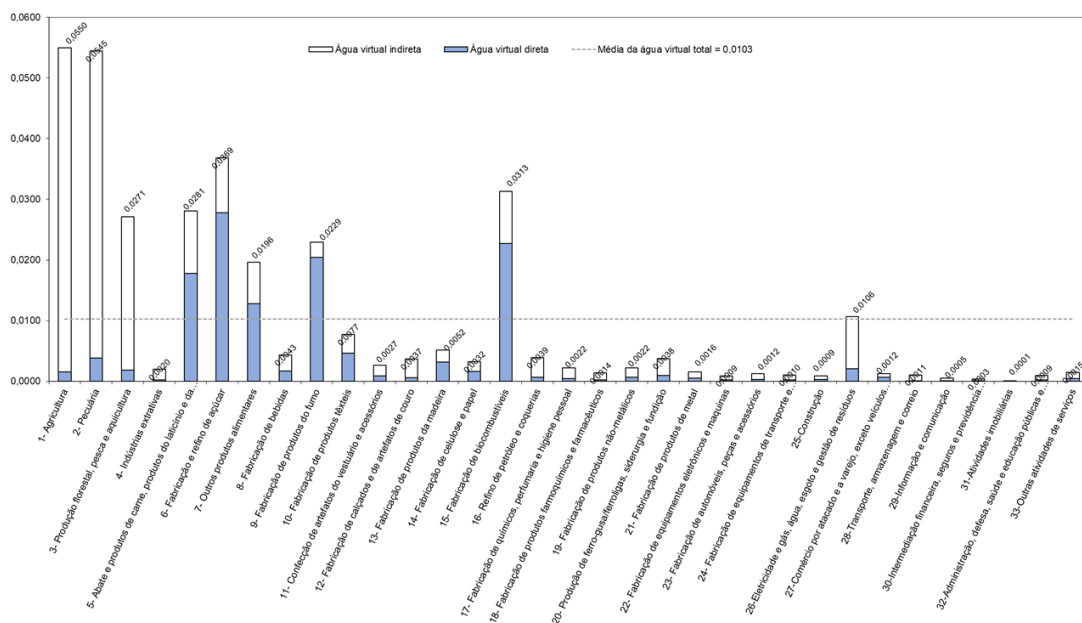
setor Produção florestal (2,6% ou 795 hm³), setor Outros produtos alimentares (2,9% ou 880 hm³) e, setor Fabricação e refino de açúcar (1,1% ou 322 hm³).

Cabe salientar, não entando que o setor Eletricidade e gás, água, esgoto e gestão de resíduos é relevante na medida em que consome 7,8% ou 2.371 hm³ da água do país. Contudo, no setor o consumo de água concentra-se principalmente nas atividades de água, esgoto e gestão de resíduos já que na geração de eletricidade a grande quantidade de água usada nas turbinas é considerada como uso não consuntivo, ou seja, 100% da água que foi usada na atividade, não é consumida, retorna a seu curso.

Considerando que no modelo insumo-produto cada setor produz um único produto, as informações das Tabelas 2 e Gráfico 1 mostram a água virtual total para cada produto e/ou serviço final, bem como a composição direta e indireta para cada setor. A água virtual direta representa a quantidade de água inicial consumida na produção de um setor para satisfazer a demanda final e, a água virtual indireta reflete o maior consumo de água nos fluxos de compras e vendas dos setores para atender à demanda final.

De modo geral, observa-se que existem setores mais intensivos e menos intensivos na incorporação de água. Para diferenciá-los foram estabelecidos, como parâmetro, o conteúdo de água virtual total de um produto acima da média do país. Isso porque o aumento na demanda final de um setor relevante, não somente, aumentará o consumo direto de água no próprio setor, mas também, forçará nos demais setores um aumento relativamente mais forte no consumo de água, de forma indireta na economia.

Gráfico1: Água virtual total nos setores da economia brasileira no ano de 2015. Em hm³/10⁶ R\$ ano



Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Considerando que a média de água virtual total do país é de 0,0103 hm³/R\$, verifica-se que nove setores exercem pressão significativa sobre o consumo de água. Dentre eles, destacam-se na Agropecuária; o setor Agricultura (0,0550 hm³/R\$) e setor Pecuária (0,0545 hm³/R\$) e, na Agroindústria; o setor Fabricação e refino de açúcar (0,0369 hm³/R\$), o setor Fabricação de biocombustíveis (0,0313 hm³/R\$), o setor Abate

e produtos de carne (0,0281 hm³/R\$), o setor Fabricação de produtos do fumo (0,0229 hm³/R\$) e o setor Outros produtos alimentares (0,0196 hm³/R\$).

Por exemplo, o setor Agricultura que produz alimentos para o consumo nacional e internacional, mostra que o aumento de um milhão de reais na demanda final, provocará um aumento de água virtual total de 0,0550 hm³/R\$, o que equivale a 55.000 m³ de água para ser consumida em seu processo produtivo. Logo, considerando os nove setores com maior nível de água virtual, fica evidente em função de um eventual crescimento da demanda final, deverá haver, simultaneamente, maiores necessidades de recursos hídricos no país.

Contudo, a pressão relativa que os diversos setores da economia podem exercer sobre a necessidade de água somente pode ser estabelecida analisando em separado a relação dos efeitos diretos *versus* indiretos no processo produtivo, ou seja, o poder de um setor sobre o consumo de água de outros setores.

Se, na composição da água virtual total, o efeito direto, que representam o consumo inicial de água por unidade de produção, for pequeno em relação aos efeito indireto, que reflete o maior consumo de água decorrente dos fluxos de compras e vendas dos setores para atender à demanda final, o poder que exerce um setor sobre o consumo de água no sistema econômico será grande. Assim, setores com alto peso na demanda de água e que, ao mesmo tempo, apresentam uma baixa relação no consumo de água direta *versus* indireta, tendem a produzir as mais fortes pressões de necessidade de água (ver Perobelli; Mattos; Faria, 2011; Montoya; Pasqual, 2015).

Na estrutura setorial de água virtual, a composição direto *versus* indireto mostra na economia brasileira, como um todo, consumo direto de água (38,2%), menor que o consumo indireto (61,80%). Dessa forma, a baixa relação do efeito direto *versus* indireto ($0,1298 \text{ hm}^3/\text{R}\$ \div 0,2100 \text{ hm}^3/\text{R}\$ = 0,6180$) indica em termos relativos, que os diversos setores exercem, por meio de suas atividades produtivas, pressão sobre a necessidade de recursos hídricos do país.

Nesse contexto, a partir de uma análise mais particularizada, verifica-se que o setor Agricultura (53,3%) e o setor Pecuário (21,7%) tem um peso significativo no consumo total de água do país e apresentam as mais baixas relações de água virtual direta *versus* indireta, indicando que exercem forte pressão sobre o consumo de água no sistema econômico. Por exemplo, a água virtual indireta do setor Agricultura é 33,38 vezes maior que a água virtual direta, indicando que para cada m³ de água consumida na produção do setor, precisara, adicionalmente, de 33,38 m³ de água virtual de forma indireta.

Cabe salientar que os maiores volumes de água virtual direta do sistema econômico estão localizados no setor Fabricação e refino de açúcar (0,0278 hm³/R\$), setor Fabricação de biocombustíveis (0,0227 hm³/R\$), setor Fabricação de produtos do fumo (0,0204 hm³/R\$), setor Abate e produtos de carne (0,0178 hm³/R\$) e no setor Outros produtos alimentares (0,0128 hm³/R\$). Contudo, se somente a água virtual direta fosse levado em consideração sem considerar a água virtual indireta, setores como Agricultura, Pecuária e de Produção florestal provavelmente seriam desconsiderados pelo planejador da política de recursos hídricos. Portanto, para economizar água, não apenas se deve prestar atenção à eficiência do consumo de água no local da produção, mas também se

deve observar ao longo das cadeias produtivas se os insumos intermediários também consomem água de maneira eficiente.

Finalmente, os resultados globais da água virtual da economia brasileira indicam que, caso se concretize o aumento de um milhão de reais na demanda final, ocorrerá inicialmente um aumento de água virtual direta da ordem de 0,1298 hm³, seguido de um aumento de água virtual indireta de 0,2100 hm³, perfazendo um total de 0,3398 hm³ de água virtual. Nota-se, portanto, que ocorrerá um efeito multiplicador de água virtual 2,6185 hm³ (ou, 0,3398 hm³ ÷ 0,1298 hm³ = 2,6185 hm³), ou seja, um aumento equivalente a 2.618.500 m³ de água virtual por cada milhão de reais de produção na economia brasileira.

5 Dimensão da Pegada Hídrica Brasileira e a Balança Comercial da Água Virtual

A política nacional que tenha como objetivo economizar o consumo de água pode ter seus alicerces a partir de dois enfoques, uma delas é identificar os setores consumidores de água virtual e incentivá-los a um padrão de consumo mais econômico, e a outra é implementar a estratégia que defenda a importação de água virtual de países com abundantes recursos hídricos, salientando sempre a relevância dos países exportadores de água virtual para o bem-estar mundial. A seguir avalia-se os resultados da quantificação da pegada hídrica nacional e da balança comercial tendo em vista esses dois enfoques mencionados.

5.1 A pegada hídrica nacional e o consumo per-capita de água virtual

Com base na metodologia utilizada, conforme a Tabela 3, a pegada hídrica nacional do Brasil em 2015 atinge o volume de 21.934 hm³ de água virtual por ano, que associada à população de 204.450.649 habitantes, equivale a um consumo de água virtual per-capita de 107,28 m³/ano ou de 293,92 litros/dia. Em termos econômicos, a pegada hídrica nacional associada ao Produto Interno Bruto (R\$/5.155.601milhões) evidencia no país que são consumidos 4,25 litros de água virtual para cada RS 1,00 de Valor Adicionado.

Tabela 3: A Pegada hídrica nacional (PHN) e o consumo per-capita de água virtual no Brasil em 2015

Indicadores	hm ³ /ano	m ³ /ano per-capita	litros/dia per-capita	litros/R\$
Pegada hídrica nacional	21.934	107,28	293,92	4,25
Uso de água das famílias	8.086	39,55	108,46	1,57
Consumo de água das famílias	46	0,22	0,62	0,01

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa e Anexo 1.

Considerando que dentre os componentes da demanda final, as famílias concentram 94,0% do consumo doméstico do país, os resultados também indicam que as famílias consomem muito mais água incorporada nos bens e serviços finais (21.934 hm³/ano) do que a água consumida (46 hm³/ano) diretamente no lar. Assim, fica evidente que as informações tradicionais do uso (8.086 hm³/ano) e do consumo (46 hm³/ano) de água das famílias subestimam a real demanda de recursos hídricos do país.

5.2 A composição setorial da pegada hídrica nacional

A Tabela 4, fornece a quantidade de água virtual interna e externa dos 33 setores da economia brasileira. A pegada hídrica total do Brasil em 2015 é estimada em 21.934 hm³/ano, dos quais 19.789 hm³/ano é a pegada hídrica interna e 2.145 hm³ é a pegada hídrica externa. A pegada interna é responsável por 90,2% da pegada hídrica total do país, evidenciando que a água virtual interna se constitui um componente substancial para atender ao consumo final do Brasil. Embora a pegada hídrica externa represente somente 9,8% da pegada hídrica nacional, cabe salientar que 61,1% ou 1.310 hm³/ano da água virtual importada está destinada para o consumo intermediário e 38,9% ou 835 hm³/ano para o consumo na demanda final, ou seja, grande proporção da água importada é incorporada na produção das diversas cadeias produtivas do país para atender a demanda final.

A pegada hídrica total do setor Agricultura é a mais alta de todos os setores, com uma quantidade de 8.962 hm³/ano que representando 40,9% do total, seguido de longe pelo setor Pecuária, com 5.414 hm³/ano ou 24,75%, e pelo setor Eletricidade, água, esgoto e gestão de resíduos, com 2.258 hm³/ano ou 10,3%. Em conjunto os três setores representam 75,9% da pegada hídrica nacional o que indica uma grande concentração setorial de água virtual no país.

Num patamar menor, os setores tais como Outros produtos alimentares (993 hm³/ano ou 4,5%), Abate e produtos de carne, laticínio e da pesca (980 hm³/ano ou 4,5%), Produção florestal, pesca e aquicultura (676 hm³/ano ou 3,1%), Administração públicas e seguridade social (383 hm³/ano ou 1,7%), Outras atividades de serviços (359 hm³/ano ou 1,6%) também têm uma pegada hídrica total relativamente alta e respondem em conjunto por 15,4% da pegada hídrica nacional.

A composição da pegada hídrica total dos oito principais setores consumidores de água virtual do país é apresentada no Gráfico 2. Esses setores representam, 91,3% da pegada hídrica nacional, 94,2% da pegada hídrica interna e 64,6% da pegada hídrica externa. Pode-se observar que a proporção de pegadas hídricas internas dos principais setores no consumo de água virtual é geralmente alta na pegada hídrica total. Por exemplo, a proporção da pegada hídrica interna da agricultura é de 94,4% ou 8.461 hm³/ano, da Pecuária é de 97,3% ou 5.270 hm³/ano e da Eletricidade, água, esgoto e gestão de resíduos é de 93,8% ou 2.118 hm³/ano.

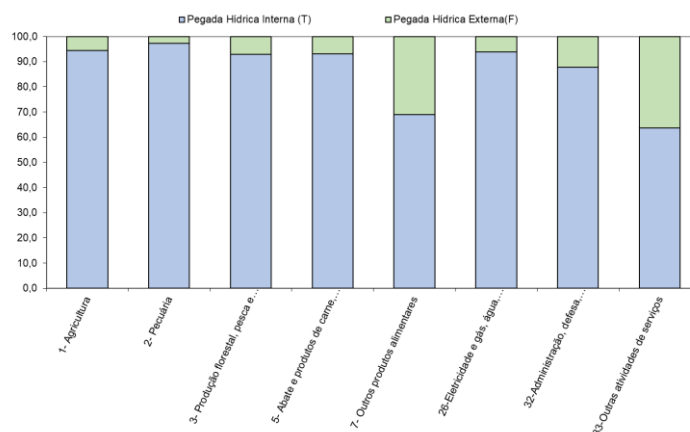
Já no setor Outras atividades de serviços, a proporção de pegada hídrica externa é relevante, com 36,4% ou 131 hm³/ano. Considerando que este setor contém as atividades de alojamento, alimentação, serviços domésticos, educação e saúde privada, a proporção hídrica externa sugere que a água importada está incorporada nos serviços de hotelaria, alimentos processados, bem como nos serviços pessoais de educação e saúde. Para o setor Outros produtos alimentares, a pegada hídrica externa é de 31,0% ou 307 hm³/ano, indicando que a água virtual importada é incorporada de forma significativa na produção de alimentos processados. Está evidência também corrobora em parte a elevada pegada hídrica externa do setor Outras atividades de serviços.

Tabela 4: Contabilidade ambiental da pegada hídrica na economia brasileira - ano de 2015, em hm³/ ano e percentuais

MIP ÁGUA 2015 BR – Setor	Pegada hídrica interna (T_j)		Água virtual importada				Pegada hídrica nacional (PHN_j)		Participação setorial na pegada hídrica nacional	Índice de intensidade (ρ_j)
			Demanda final interna (S_j^f)	Consumo intermediário interno (S_j^m)	Total Pegada hídrica externa (F_j)					
	hm ³ /ano	%	hm ³ /ano	hm ³ /ano	hm ³ /ano	%	hm ³ /ano	%	%	
1- Agricultura	8.461	94,4	479	22	501	5,6	8.962	100,0	40,9	37,68
2- Pecuária	5.270	97,3	117	27	144	2,7	5.414	100,0	24,7	36,91
3- Produção florestal, pesca e aquicultura	629	93,0	35	13	47	7,0	676	100,0	3,1	10,43
4- Indústrias extrativas	143	90,3	7	9	15	9,7	158	100,0	0,7	1,71
5- Abate e produtos de carne, produtos do laticínio e da pesca	913	93,1	27	40	68	6,9	980	100,0	4,5	1,58
6- Fabricação e refino de açúcar	155	96,8	5	0	5	3,2	160	100,0	0,7	4,16
7- Outros produtos alimentares	685	69,0	29	279	307	31,0	993	100,0	4,5	1,88
8- Fabricação de bebidas	44	68,9	2	18	20	31,1	65	100,0	0,3	0,41
9- Fabricação de produtos do fumo	0	12,9	0	2	3	87,1	3	100,0	0,0	0,10
10- Fabricação de produtos têxteis	51	63,7	8	21	29	36,3	80	100,0	0,4	1,45
11- Confeção de artefatos do vestuário e acessórios	4	11,3	1	27	28	88,7	31	100,0	0,1	0,15
12- Fabricação de calçados e de artefatos de couro	3	25,3	0	8	8	74,7	11	100,0	0,1	0,12
13- Fabricação de produtos da madeira	10	91,5	1	0	1	8,5	11	100,0	0,0	5,75
14- Fabricação de celulose e papel	20	74,5	1	6	7	25,5	27	100,0	0,1	0,67
15- Fabricação de biocombustíveis	172	93,9	6	5	11	6,1	183	100,0	0,8	2,99
16- Refino de petróleo e coqueiras	11	9,8	0	99	99	90,2	110	100,0	0,5	0,33
17- Fabricação de químicos, perfumaria e higiene pessoal	65	41,3	9	83	92	58,7	157	100,0	0,7	1,10
18- Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	5	28,8	2	12	13	71,2	19	100,0	0,1	0,12
19- Fabricação de produtos não-metálicos	95	76,6	5	24	29	23,4	125	100,0	0,6	2,35
20- Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e fundição	139	87,2	18	2	20	12,8	159	100,0	0,7	12,91
21- Fabricação de produtos de metal	16	50,7	2	14	16	49,3	32	100,0	0,1	0,44
22- Fabricação de equipamentos eletrônicos e máquinas	19	20,8	7	66	73	79,2	92	100,0	0,4	0,14
23- Fabricação de automóveis, peças e acessórios	23	33,4	4	42	46	66,6	69	100,0	0,3	0,15
24- Fabricação de equipamentos de transporte e manutenção	14	29,7	2	31	33	70,3	47	100,0	0,2	0,15
25- Construção	16	23,3	0	52	52	76,7	67	100,0	0,3	0,03
26- Eletricidade e gás, água, esgoto e gestão de resíduos	2.118	93,8	54	87	141	6,2	2.258	100,0	10,3	5,42
27- Comércio por atacado e a varejo	94	55,4	3	73	76	44,6	170	100,0	0,8	0,06
28- Transporte, armazenagem e correio	20	32,0	1	41	42	68,0	62	100,0	0,3	0,12
29- Informação e comunicação	7	20,1	0	28	28	79,9	35	100,0	0,2	0,05
30- Intermediação financeira, seguros e previdência	12	53,4	0	10	10	46,6	22	100,0	0,1	0,02
31- Atividades imobiliárias	9	83,7	0	2	2	16,3	11	100,0	0,0	0,01
32- Administração públicas e seguridade social	337	87,7	0	47	47	12,3	384	100,0	1,7	0,08
33- Outras atividades de serviços	229	63,6	9	122	131	36,4	359	100,0	1,6	0,11
TOTAL	19.789	90,2	835	1.310	2.145	9,8	21.934	100,0	100,0	

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Gráfico 2: Composição da pegada hídrica dos principais setores consumidores de água virtual da economia brasileira no ano de 2015. Em percentual



Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da Tabela 4.

Embora grande parte dos setores da indústria e serviços não tenham relevância na participação da pegada hídrica nacional, na composição da pegada hídrica setorial, a proporção da pegada hídrica externa é extremamente relevante. Dentre eles se destacam, na Tabela 3, o setor Refino de petróleo e coquerias (90,2%), o setor Confecção de artefatos do vestuário e acessórios (88,7%), o setor Fabricação de produtos do fumo (87,1), o setor Informação e comunicação (79,9%), o setor Construção (76,7%), o setor Fabricação de calçados e de artefatos de couro (74,7%) e o setor Fabricação de equipamentos eletrônicos e máquinas (70,3%). Assim, se o objetivo for poupar água virtual interna, estes setores deveriam ser levados em consideração para esse tipo de políticas.

5.3 A intensidade setorial na Pegada Hídrica Nacional

O índice de intensidade da pegada hídrica (ρ_j) permite identificar os setores que consomem mais quantidade de água por unidade monetária da demanda final doméstica. Os resultados listados na Tabela 4 indicam que dos trinta e três setores da economia brasileira, quatorze apresentam índices maiores do que um, ou seja, setores com intensidade no consumo de água acima da média nacional. Dentre eles, três padrões distintos emergem: **a)** setores como a Agricultura (37,68) e a Pecuária (36,91) que incorporam grandes volumes de água por unidade produzida, em torno de 37 vezes mais que a média nacional; **b)** setores que em média incorporam 8 vezes a média do país, tais como, os setores Produção de ferros, siderurgia e fundição (12,91), Produção florestal (10,43), Fabricação de produtos da madeira (5,75), Eletricidade, água, esgoto e gestão de resíduos (5,42) e, Fabricação e refino de açúcar (4,16); **c)** setores que se localizam um pouco acima da média nacional, como os setores Fabricação de biocombustíveis (2,99), Fabricação de produtos não-metálicos (2,35), Outros produtos alimentares (1,88), Indústrias extrativas (1,71), Abate e produtos de carne (1,58), Fabricação de produtos têxteis (1,45), Fabricação de químicos e higiene pessoal (1,10).

No outro extremo, localizam-se os setores mais racionais no consumo de água, ou seja, os setores menos intensivos no consumo de água por unidade produzida para a

demanda final. Dentre os vinte dois setores que compõem a indústria nacional destacam-se doze setores e dentre os oito setores que compõem os serviços destacam-se sete setores, ou seja, em termos relativos os setores de serviços em sua grande maioria são mais racionais no consumo de água virtual.

5,4 Balança comercial da água virtual na economia brasileira

A estratégia nacional direcionada a economizar água através da importação de água virtual dos países com abundantes recursos hídricos pode ser considerada uma política promissora para o alívio da crise hídrica de um país. Em virtude disso, na balança comercial de água virtual, as importações são consideradas benéficas para o meio ambiente nacional, com sinal positivo, e as exportações prejudiciais apresentando, portanto, um sinal negativo. Certamente, para equilibrar os impactos positivos e negativos sobre o meio ambiente, promover a interdependência sustentável da água virtual entre as nações torna-se um objetivo importante para obter ganhos de bem estar social mundial.

Na Tabela 5 é apresentada a balança comercial de água virtual na economia brasileira em 2015. Os resultados globais indicam que o Brasil é um exportador líquido, com um saldo exportador de 8.620 hm³/ano de água virtual. Na verdade, as exportações líquidas de água virtual da economia brasileira podem ser maiores do que os resultados alcançados. Como o cálculo da importação virtual de água é baseado na premissa de que os produtos importados possuem o mesmo volume de água virtual dos produtos produzidos no Brasil, isso pode estar superestimando a água importada na medida em que pode existir um consumo mais eficiente da água na produção dos países que importamos. Apesar disso, deve-se salientar que o volume de exportação de água virtual (10.765 hm³/ano) em relação volume de importações (2.145 hm³/ano) é de 5 vezes maior.

Embora as exportações de água virtual (10.765 hm³/ano) não fazem parte da contabilidade ambiental da pegada hídrica nacional (21.934 hm³/ano), elas equivalem a 49,08% da pegada hídrica do Brasil, ou seja, quase a metade do consumo de água virtual do país. Frente a esse fato e considerando que o Brasil no mercado internacional detém o *status* de um grande fornecedor de alimentos, pode-se afirmar que o agronegócio nacional, através dos setores Agricultura (72,62%), Pecuária (12,64%), Abate e produtos de carne (2,68%), Outros produtos alimentares (1,81%), Fabricação e refino de açúcar (1,55%) e Produção florestal (1,54%), que em conjunto concentram 92,84% da água virtual exportado pelo país, são os canais pelos quais a economia brasileira contribui significativamente, com recursos hídricos, para o bem-estar da população mundial.

A respeito, se considerarmos o consumo de água virtual per-capita do Brasil e o extrapolamos para a balança comercial, conforme mostra a Tabela 6, podemos observar que as exportações brasileiras de água virtual são capazes de satisfazer 100.34 milhões de habitantes com um consumo per-capita de 107,28 m³/ano ou de 293, 92 litros/dia.

Nesse sentido, as exportações líquidas da balança comercial (8.620 hm³/ano) representa o consumo de água virtual de 80.35 milhões de habitantes, o que equivale em 2015 a 7,8 vezes a população de Portugal (10.311.000), 1,2 vezes a população do Reino Unido (65.081.276) e, quase toda a população da Alemanha (81.276.000). Certamente, quando lembramos que os produtos brasileiros são exportados, principalmente como insumos e também como produtos finais para mais de 100 países no mundo, e em muitos

casos esses insumos são reexportados, podemos inferir que a água virtual brasileira é distribuída em grande parte da população mundial.

Tabela 5: Contabilidade ambiental da balança comercial de água virtual na economia brasileira - ano de 2015, em hm³/ano

MIP ÁGUA 2015 BR – Setor	Importação de água virtual ($S_j^f + S_j^{in}$)		Exportação de água virtual (u_j)		Saldo da balança comercial de água virtual ($NX_j^{virtual}$)	
	hm ³ /ano	%	hm ³ /ano	%	hm ³ /ano	%
1- Agricultura	501	23,34	-7.817	72,62	-7.317	84,88
2- Pecuária	144	6,73	-1.360	12,64	-1.216	14,11
3- Produção florestal, pesca e aquicultura	47	2,21	-166	1,54	-119	1,38
4- Indústrias extrativas	15	0,71	-139	1,29	-124	1,44
5- Abate e produtos de carne, produtos do laticínio e da pesca	68	3,15	-289	2,68	-221	2,56
6- Fabricação e refino de açúcar	5	0,24	-167	1,55	-162	1,88
7- Outros produtos alimentares	307	14,34	-195	1,81	113	-1,31
8- Fabricação de bebidas	20	0,94	-4	0,04	16	-0,18
9- Fabricação de produtos do fumo	3	0,12	-0	0,00	2	-0,03
10- Fabricação de produtos têxteis	29	1,35	-9	0,08	20	-0,24
11- Confeção de artefatos do vestuário e acessórios	28	1,29	-0	0,00	28	-0,32
12- Fabricação de calçados e de artefatos de couro	8	0,38	-1	0,01	7	-0,08
13- Fabricação de produtos da madeira	1	0,04	-7	0,06	-6	0,07
14- Fabricação de celulose e papel	7	0,32	-16	0,15	-9	0,11
15- Fabricação de biocombustíveis	11	0,52	-58	0,54	-47	0,55
16- Refino de petróleo e coquerias	99	4,62	-3	0,02	96	-1,12
17- Fabricação de químicos, perfumaria e higiene pessoal	92	4,29	-36	0,33	56	-0,65
18- Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	13	0,62	-1	0,01	13	-0,15
19- Fabricação de produtos não-metálicos	29	1,36	-24	0,22	5	-0,06
20- Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e fundição	20	0,95	-156	1,45	-136	1,58
21- Fabricação de produtos de metal	16	0,74	-4	0,04	12	-0,14
22- Fabricação de equipamentos eletrônicos e máquinas	73	3,39	-4	0,04	68	-0,79
23- Fabricação de automóveis, peças e acessórios	46	2,14	-7	0,07	38	-0,45
24- Fabricação de equipamentos de transporte e manutenção	33	1,56	-5	0,04	29	-0,33
25- Construção	52	2,41	-0	0,00	51	-0,60
26- Eletricidade e gás, água, esgoto e gestão de resíduos	141	6,56	-253	2,35	-112	1,30
27- Comércio por atacado e a varejo	76	3,53	-10	0,09	66	-0,76
28- Transporte, armazenagem e correio	42	1,98	-5	0,04	38	-0,44
29- Informação e comunicação	28	1,31	-1	0,00	28	-0,32
30- Intermediação financeira, seguros e previdência	10	0,48	-1	0,01	9	-0,11
31- Atividades imobiliárias	2	0,08	-0	0,00	2	-0,02
32- Administração públicas e seguridade social	47	2,19	-2	0,02	45	-0,53
33- Outras atividades de serviços	131	6,10	-24	0,22	107	-1,24
TOTAL	2.145	100,00	-10.765	100,00	-8.620	100,00

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Tabela 6: População equivalente ao Brasil com consumo de água virtual per-capita de 107,28 m³/ano ou de 293,92 litros/dia – ano de 2015.

Indicadores	hm ³ /ano	População
Pegada Hídrica Nacional	21.934	204.450.649
Importação de água virtual	2.145	19.992.638
Exportação de água virtual	-10.765	100.345.810
Saldo da balança comercial da água virtual	-8.620	80.353.172

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa e Tabela 3.

Para uma análise mais particularizada, o Gráfico 3 mostra o saldo da balança comercial de água virtual de cada setor no Brasil em 2015. Os setores acima da linha horizontal são os importadores líquidos de água virtual, enquanto os que estão abaixo da linha são exportadores líquidos.

Observa-se dos 33 setores da economia brasileira, 22 setores apresentam saldo de importação líquida, que em conjunto somam 848 hm³/ano de água virtual, e 11 setores apresentam saldo de exportações líquidas, alcançando em conjunto o volume de 9.469 hm³/ano de água virtual, ou seja, o saldo exportador extremamente elevado que representa 11,16 vezes o saldo importador.

Dentre os setores com saldo de exportações líquidas, destacam-se principalmente o setor Agricultura, com 7.317 hm³/ano, o setor Pecuário, com 1.216 hm³/ano, e o setor Abate e produtos de carne, com 221 hm³/ano. Já dentre os setores com saldo líquido de importações destacam-se o setor Outros produtos alimentares, com 113 hm³/ano, e o setor Outras atividades de serviços, com 107 hm³/ano.

Gráfico 3: Saldo líquido setorial no comércio de água virtual da economia brasileira no ano de 2015. Em hm³



Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da Tabela 5.

Nesse panorama e considerando que as Nações Unidas (ONU) estimam até 2025 que cerca de dois terços da população mundial sofrerão com a escassez de água, o consumo dos recursos hídricos, além de ser uma questão ambiental, nas últimas décadas, passou a ser um problema econômico, já que o consumo de água deve ser otimizado objetivando maiores benefícios para a população. Embora os recursos hídricos são escassos, atualmente ninguém paga pela água virtual incorporada nos produtos, não existe um mercado formal de água virtual.

Em termos econômicos, para que o consumo de água seja sustentável, a escassez e a poluição precisam ser incluídas no preço dos bens e serviços através da remuneração da água virtual. Isso certamente poderá criar um incentivo para consumir de forma mais

racional e poluir menos a água no planeta. Assim, o comércio de água virtual, com respeito ao meio ambiente, poderá criar grandes oportunidades de negócios ao Brasil por ser um líquido exportador de água virtual.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo mensurar a pegada hídrica brasileira, bem como avaliar no mercado internacional o saldo da balança comercial de água virtual. Para isso, foi construído um modelo insumo-produto ecológico que incorpora o consumo setorial de água para o ano de 2015.

Com relação ao consumo setorial de água, verificou-se, que existe no país concentração no consumo, na medida em que a agropecuária responde por 77,6%, a Indústria por 12,2% e os Serviços por 10,2%.

A quantidade total de água virtual consumida em cada setor para produzir uma unidade monetária destinada para a demanda final, destacou principalmente os setores da agropecuária e da agroindústria como aqueles que incorporam grandes volumes de água por unidade produzida no sistema econômico. Sendo o mais emblemático o setor Agricultura que produz alimentos para o consumo nacional e internacional, mostrando que o aumento de um milhão de reais na demanda final, provocará de forma direta e indireta um aumento de água virtual total de 55.000 m³ para ser consumida em seu processo produtivo.

Na estrutura setorial de água virtual total, a composição direto *versus* indireto mostra na economia brasileira que os maiores volumes de água virtual direta estão localizados, dentre outros, no setor Fabricação e refino de açúcar, setor Fabricação de biocombustíveis e setor Fabricação de produtos do fumo. Contudo, se somente o consumo direto fosse levado em consideração sem levar em conta o consumo de água virtual indireta, setores como Agricultura, Pecuária e de Produção florestal provavelmente seriam desconsiderados pelo planejador da política de recursos hídricos. Portanto, para economizar água, torna-se fundamental prestar atenção à eficiência do consumo de água ao longo das cadeias produtivas.

Quanto a pegada hídrica nacional, verificou-se que o Brasil consome 21.934 hm³ de água virtual por ano, o que equivale a um consumo per-capita de 107,28 m³/ano ou de 293,92 litros/dia. Constatou-se também que o sistema produtivo do país depende substancialmente da pegada interna responsável por 90,2% da pegada hídrica nacional. Embora a pegada hídrica externa represente somente 9,8%, ficou evidente que 61,1% da água virtual importada está destinada, na forma de insumos, para o consumo intermediário das diversas cadeias produtivas do país.

Em nível setorial, verificou-se elevada concentração na produção da Agricultura (40,9%) e da Pecuária (24,75%) já que em conjunto respondem por 65,65% da pegada hídrica nacional. Num patamar menor, apresentam destaque as atividades de água e gestão de resíduos, bem como o da agroindústria de alimentos. Verificou-se também que os setores da agropecuária e agroindústria em geral apresentam os maiores índices de intensidade no consumo de água virtual.

Com relação a balança comercial de água virtual, verificou-se que o Brasil é um exportador líquido, com um saldo de 8.620 hm³/ano de água virtual. Embora as

exportações de água virtual (10.765 hm³/ano) não fazem parte da contabilidade ambiental da pegada hídrica nacional (21.934 hm³/ano), verificou-se que elas equivalem a quase a metade do consumo de água virtual do país e, os setores do agronegócio são os principais canais pelos quais o país contribui significativamente, com recursos hídricos, para o bem-estar social da população mundial.

A respeito, verificou-se que o saldo líquido exportador da balança comercial de água virtual é capaz de abastecer 80,35 milhões de habitantes com um consumo per-capita de 107,28 m³/ano. Esses habitantes, equivalem a 7,8 vezes a população de Portugal, 1,2 vezes a população do Reino Unido e, quase toda a população da Alemanha.

Finalmente, considerando que a população mundial sofre com a escassez de água, o consumo dos recursos hídricos, além de ser uma questão ambiental, passou a ser um problema econômico. Assim, para que o consumo de água seja sustentável, a escassez e a poluição precisam ser incluídas no preço dos bens e serviços através da remuneração da água virtual. Isso certamente poderá criar um incentivo para consumir de forma mais racional e poluir menos a água no planeta. O comércio de água virtual, com respeito ao meio ambiente, poderá criar grandes oportunidades de negócios ao Brasil por ter abundantes recursos hídricos e ser um líquido exportador de água virtual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). Agência Nacional de Águas. **Contas econômicas ambientais da água no Brasil 2013–2015**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, 2018.
- Allan, J. A. Virtual water: a strategic resource. *Ground Water*, 36 (4), 545, ano 1998.
- Bicknell, K. B.; Ball, R. J.; Cullen, R.; Bigsby, H. R. New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy. *Ecological Economics*, 27 (2), p.149–160, ano 1998.
- Bleininger, T.; Kotsuka, L. K. Conceitos de água virtual e pegada hídrica: estudo de caso da soja e óleo de soja no Brasil. **Revista recursos hídricos**, Vol. 36, Nº 1, 15-24, maio de 2015.
- Dietzenbacher, E.; Velazquez, E. Analyzing Andalusian virtual water trade in an input–output framework. *Reg. Stud.* 41 (2), 185–196, ano 2007.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasil está entre os países com maior área irrigada do mundo. **Notícias**, 2016. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/12990229/brasil-esta-entre-os-paises-com-maior-area-irrigada-do-mundo>. Acesso em: 19 fev. ano 2019.
- Ferng, J.J. Using composition of land multiplier to estimate ecological footprints associated with production activity. *Eco. Econ.* 37, 159–172, ano 2001.
- Gleick, P. H. The changing water paradigm: A look at twenty-first century water resources development. *Water International*, v.25, p.127-138, ano 2000.
- Guilhoto, J. J. M. **Análise de insumo-produto: teoria e fundamentos**. São Paulo, agosto de 2011. Disponível em: <http://ssrn.com/abstract=1900073>. Acesso em: 19 abr. 2019.

- Hilgemberg, E. M.; Guilhoto, J. J. M. Uso de combustíveis e emissões de CO₂ no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto. *Nova economia*, Belo Horizonte, v. 16, n. 1, p. 49-99, abr., 2006.
- Hoekstra, A. Y. Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis. *Ecological Economics*, v.68, p.1963-1974, ano 2009.
- Hoekstra, A. Y. Value water: an introduction. Value of Water Research Report Series No. 12. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands, ano 2003.
- Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K.; Aldaya, M. M.; Mekonnen, M. M. Water Footprint Manual State of the Art 2009. Water Footprint Network, Enschede, The Netherlands, ano 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contas Nacionais n. 60**. Contas Econômicas Ambientais da Água de 2013-2015- CEAA. Rio de Janeiro: IBGE, 2018a.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contas Nacionais n. 62**. Matriz de Insumo Produto 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2018b.
- Leontief, W. Environmental repercussions and the economic structure: An input-output approach. **The Review of Economics and Statistics**, v. 52, n. 3, p. 262-271, 1970.
- Miller, E. R.; Blair, D. P. **Input–Output Analysis: foundations and extensions**. New York: Cambridge University Press, 2009.
- Montoya, M. A.; Bertussi, L. A.; Lopes, R. L.; Finamore, E. F. Uma Nota Sobre Consumo Energético, Emissões, Renda e Emprego na Cadeia de Soja no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, Vol. 73, No. 3, p345–369, Jul–Set, ano 2019.
- Montoya, M. A.; Finamore, E. F. A. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro: uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. **Texto para discussão**, n. 10, ano, 2019. Disponível em https://www.upf.br/_uploads/Conteudo/cepeac/textos-discussao/10-2019.pdf. Acesso em: 10 nov. 2019.
- Montoya, M. A.; Pasqual, C. A. O uso setorial de energia renovável *versus* não renovável e as emissões de CO₂ na economia brasileira: um modelo insumo-produto híbrido para 53 setores. **Pesquisa e Planejamento Econômico – PPE**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 288-335, ago. 2015.
- Oel, P. R.; Hoekstra, A. Y. Towards quantification of the water footprint of paper: A first estimate of its consumptive component. *Water Resource Management*, v.11, p.9942- 9949, ano 2012.
- Pena, R. F. A. Escassez de água no Brasil. **Brasil Escola**, 2018. Disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/escassez-agua-no-brasil.htm>. Acesso em: 24 out. ano 2018.
- Perobelli, F. S.; Mattos, R. S.; Faria, W. R. **A interdependência energética entre o estado de Minas Gerais e o restante do Brasil**: uma análise inter-regional de insumo-produto. 2006. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/6519902.pdf>. Acesso em: 8 jun. ano 2011.

- Rodriguez, C. I.; Galarreta, V. A. R.; Kruse, E. E. Analysis of water footprint of potato production in the pampean region of Argentina. *J. Clean. Prod.* V. p 90, 91-96, ano 2014.
- Su, M. H.; Huang, C. H.; Li, W. Y.; Tso, C. T.; Lur, H. S. Water footprint analysis of bioethanol energy crops in Taiwan. *J. Clean. Prod.* V. 88, p 132-e138, ano 2015.
- Ukidwe, N. U.; Bakshi, B. R. Thermodynamic accounting of ecosystem contribution to economic sectors with application to 1992 U.S. economy. *Environ. Sci. Technol.* 38 (18), 4810–4827, ano 2004.
- Wiedmann, T.; Lenzen, M.; Turner, K.; Barrett, J. Examining the global environmental impact of regional consumption activities—Part 2: review of input–output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade. *Ecological Economics*, 61, p 15–26, ano 2017.
- Wiedmann, T.; Minx, J.; Barrett, J.; Wackernagel, M. Allocating ecological footprints to final consumption categories with input–output analysis. *Ecological Economics*, 56, p 28–48, ano 2016.
- Zhang, Z.; Yang, H.; Shi, M. Analyses of water footprint of Beijing in na interregional inpuoutput framework. *Ecological Economics*. 70, p 2494-2502, ano 2011.
- Zhao, X.; Chen B.; Yang Z. F. National water footprint in na input-output framework: a case study of China 2002. *Ecological Modelling*, 220, p.245 – 253, ano 2009.
- Zhi, Y.; Yang, Z. F.; Yin, X. A. Decomposition analysis of water footprint changes in a water-limited river basin: a case study of the Haihe River basin, China. *Hydrol. Earth. Syst. Sci.* 18, p 1549-1559, ano 2014.

Anexo 1: Os fluxos relativos do uso e consumo da água na economia brasileira - 2015 (hm³/ano e percentuais)

Fluxos	Recursos e usos (hm ³ /ano)	Atividades econômicas							Famílias (8)	Total (9)
		Agro. (1)	Ind. Extrativa (2)	Ind. Trans. e construção (3)	Eletricidade e gás (4)	Água e esgoto (5)	Demais atividades (6)	Total das atividades (7)		
Do meio ambiente	1. Retirada total.	32.505	1.037	6.112	3.114.293	47.085		3.201.032	699	3.201.731.
Dentro da economia	2. Uso de água proveniente de outras atividades econômicas.	1.138	7	277	7	6.914	2.045	10.389	7.387	17.775
	3. Uso total da água (1+2).	33.643	1.044	6.389	3.114.300	53.999	2.045	3.211.421	8.086	3.219.507
Dentro da economia	4. Suprimento para outras atividades econômicas.	0	4	171	4	10.862	1.298	12.340	5.436	17.776
Retorno para o meio ambiente	5. Retorno total.	9.938	758	2.768	3.114.195	40.868		3.168.527	2.604	3.171.131
Retorno para o meio ambiente	6. Total fornecido (4+5).	9.939	762	2.939	3.114.199	51.730	1.298	3.180.867	8.040	3.188.907
	7. Consumo total (3-6).	23.704	282	3.450	101	2.270	748	30.554	46	30.600
	8. Participação no Uso total das atividades (3/coluna 8).	1,05%	0,03%	0,20%	96,98%	1,68%	0,06%	100,00%	0,25%	100,00%
	9. Participação no Consumo total das atividades (7/coluna 8).	77,58%	0,92%	11,29%	0,33%	7,43%	2,45%	100,00%	0,15%	100,00%

Fonte: IBGE, Ministério do Meio Ambiente, ANA (2018).

