

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ECONOMIA,
NÍVEL DE MESTRADO**

ANA CLAUDIA BERGMANN

**O PAPEL DO BRASIL NO COMÉRCIO INTERNACIONAL DE ÁGUA
VIRTUAL: UMA ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO**

TOLEDO – PR

2019

ANA CLAUDIA BERGMANN

**O PAPEL DO BRASIL NO COMÉRCIO INTERNACIONAL DE ÁGUA
VIRTUAL: UMA ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO.**

Dissertação apresentada como requisito parcial de avaliação para a obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-graduação *strictu sensu* em Economia, nível de Mestrado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (*Campus* Toledo), com área de concentração em Desenvolvimento Econômico Regional.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Gonçalves Junior

TOLEDO – PR

2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Bergmann, Ana Claudia

O papel do Brasil no comércio internacional de água virtual : uma análise de insumo-produto / Ana Claudia Bergmann; orientador(a), Carlos Alberto Gonçalves Junior, 2019.

73 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Toledo, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Economia, 2019.

1. Água virtual. 2. Recursos hídricos. 3. Insumo-produto. I. Gonçalves Junior, Carlos Alberto. II. Título.

Dedico este trabalho a minha
família, por toda força e
compreensão.

AGRADECIMENTOS

Acredito que nenhuma batalha é vencida sozinha, então, gostaria de agradecer a todos os envolvidos no desenvolvimento deste trabalho, direta ou indiretamente, e às pessoas que fizeram parte desta fase importante de minha vida.

Em especial, agradeço ao meu companheiro, Guilherme Leme, pela ajuda, apoio, compreensão e carinho. Gostaria de deixar registrado também o meu reconhecimento aos meus pais Clarice e Luiz C. Bergmann e aos meus irmãos Izabella e Luiz E. M. Bergmann, pois deles recebi estímulos para buscar minha vitória e lutar pelo que acredito.

Aos amigos, agradeço a compreensão pelos momentos de ausência, pelo suporte fornecido e pelas vibrações com a evolução de cada passo desta batalha. Aos colegas e amigos de turma, minha profunda gratidão por compartilhar grandes momentos de aprendizado, em especial, às minhas amigas Camila Luca e Caroline Welter. Agradeço também ao apoio de minha amiga Ketlin Milani, a qual compreendeu toda a situação e esteve presente em todas as etapas da pesquisa.

Certamente, agradeço a dedicação e orientação do professor Carlos Alberto Gonçalves Junior, para o desenvolvimento deste trabalho, o qual não mediu esforços para me auxiliar. E agradeço aos professores da banca examinadora, Jefferson Andronio Ramundo Staduto e Alain Hernández Santoyo. Além de registrar o meu agradecimento à participação da Jaqueline Coelho Visentin neste trabalho. Meus sinceros agradecimentos vão para os demais professores do curso que estiveram presentes durante esta etapa da minha formação, Flávio Braga de Almeida Gabriel e Luiz Alberto Cypriano. Enfim, agradeço à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, ao seu corpo docente, à direção e à administração que oportunizaram este momento. Em especial, à Luci Barbieri Silva pela vivência, pelo suporte e pelo carinho nos momentos de estudo.

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

*“Você nunca fará nada neste mundo sem
coragem. É a melhor qualidade da mente
ao lado da honra.”*

Aristóteles

Dissertação intitulada “O papel do Brasil no comércio internacional de água virtual: uma análise de insumo-produto” apresentado por Ana Cláudia Bergmann como requisito parcial de avaliação para a obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-graduação *strictu sensu* em Economia, nível de Mestrado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (*Campus Toledo*), com área de concentração em Desenvolvimento Econômico Regional.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alberto Gonçalves Junior
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Jefferson Andronio Ramundo Staduto
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Dr. Jaqueline Coelho Visentin
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
(Agência Alemã de Cooperação Internacional)

Toledo, 06 de junho de 2019.

BERGMANN, ANA C. **O papel do Brasil no comércio internacional de água virtual: uma análise insumo-produto.** 2019. Dissertação (Mestrado em Economia) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo.

RESUMO

Diante da importância da água na sobrevivência de seres vivos e ecossistemas, e no desenvolvimento econômico das nações, destaca-se a necessidade em compreender sua situação de oferta e demanda e entender o papel das relações comerciais internacionais, as quais explicam a dependência por recursos hídricos entre os países. O termo água virtual está relacionado com a quantidade de água embutida no processo de produção de um bem ou serviço e pode estar relacionada ao suprimento e à necessidade de um país, levando-se ao questionamento acerca do quanto de água uma nação é capaz de economizar, em termos de recursos nacionais, se importar um produto ao invés de produzi-lo. Compreendendo que a indústria de alimentos do Brasil se destaca e garante ao país o título de segundo maior exportador agrícola do mundo e entendendo que o setor agrícola é o que possui maior demanda por recursos hídricos, o presente trabalho investigou a interdependência existente entre o Brasil e os demais países no que se refere à quantidade de água embutida nos produtos importados e exportados, ou seja, no fluxo de água virtual. Por meio da adaptação do método de extração hipotética proposto por Los *et al.* (2016) e das bases de dados de matriz insumo produto mundiais e as contas ambientais de 1995 a 2009, fornecidas pela *World Input-Output*, verificou-se que, de forma geral, as exportações brasileiras de água virtual doméstica azul, cinza e verde estão na proporção média aproximada de 12; 7 e 129 bilhões de m³ ao ano, respectivamente. Enquanto que as importações brasileiras de água virtual doméstica azul, cinza e verde, dos países e blocos econômicos estudados, estão em média na ordem de 4; 3 e 16 bilhões de m³, respectivamente. As comparações indicam uma situação deficitária do Brasil, uma vez que exportam mais do que importam recursos hídricos embutidos em processos produtivos. Além disso, ao analisar as exportações do Brasil para seus principais parceiros econômicos observou-se uma relação média entre o valor agregado doméstico pelo volume de água virtual exportada na ordem de U\$0,67/m³ para o período de 1995 a 2009. Enquanto que, ao comparar a relação entre o valor agregado doméstico e a água virtual gerada nas outras regiões estudadas devido às exportações para o Brasil, resultou-se em um custo médio de U\$ 22,29/m³. Isso indica que a água virtual exportada pelo Brasil para as outras regiões custa, em termos de valor adicionado, em média, 33 vezes menos do que a água virtual exportada pelas outras regiões custa para o Brasil. Tal resultado se faz coerente com os tipos de produtos importados e exportados pelo Brasil.

Palavras-chave: água virtual, recursos hídricos, insumo-produto.

BERGMANN, ANA C. **The role of Brazil in the international trade of virtual water: an input-output analysis.** 2019. Thesis (Master's degree in Economics) – Center for Applied Social Sciences, Western Paraná State University, Toledo.

ABSTRACT

Water is essential in the survival of living beings and ecosystems, and for economic development, understanding its supply and demand and comprehending the international trade relations explain the dependence on water resources between countries. Therefore, the term virtual water is related to the amount of water required in the production of a good or a service. Also, virtual water is related to the needs of a nation, leading to questioning how much water a nation can save, in terms of national water, if import a product rather than producing it. Understanding that Brazil is the second largest agricultural exporter in the world and knowing that the agricultural sector requires the greatest demand for water resources, this study investigated the interdependence between Brazil and the other countries regarding the amount of domestic virtual water in imports and exports. By adapting the hypothetical extraction method proposed by Los *et al.* (2016) and the input-output tables with environmental accounts from 1995 to 2009 (WIOD, 2012), it was found that, in general, the average export of Brazilian domestic virtual water of blue, gray and green resources are 12, 7 and 129 billion m³ per year, respectively. On the other hand, the Brazilian average imports of domestic virtual water of blue, gray and green resources are 4, 3 and 16 billion m³ per year, respectively. Consequently, it indicates a deficit situation in Brazil, once the country exports more than imports water resources embedded in the products. In addition, the research analyzed the relation between the domestic value added of Brazil with the amount of exported virtual water, resulting in an average of U\$ 0,67/m³ of water. Whereas, when comparing the relation between domestic value added of the other economic groups related to exports to Brazil, the virtual water average was U\$ 22,29/m³. Finally, it indicates that the water resources embedded in the production processes of Brazilian products represents 33 time less in domestic value added that Brazil generates in other countries when related to the amount of virtual water imported by Brazil. The result consists with the types of products imported and exported by Brazil.

Key-words: virtual water, water resources, input-output table.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Consumo anual de água total per capita no mundo em 2013 ou último dado disponível, por países (em metros cúbicos por ano)	19
Figura 2 – Projeção de mudanças no estresse hídrico dos países para o ano de 2040, perspectiva otimista	20
Figura 3 – Estimativa mundial de risco de estresse hídrico para o planeta em 2040 da perspectiva otimista.....	21
Figura 4 – Regiões Hidrográficas do Brasil de acordo com o CNRH.....	22
Figura 5 – Área Irrigada no Brasil em 2015	24
Figura 6 – Participação dos setores brasileiros nas exportações em 2006, 2009, 2012 e 2016	25
Figura 7 – Regiões Hidrográficas do Brasil (sub-bacias).....	27
Figura 8 – Esquema do consumo e emissão de poluentes na cadeia produtiva de um bem ou serviço: pegada hídrica	29
Figura 9 – Esquema sobre pegada hídrica e água virtual interna anual.....	31
Figura 10 – Esquema de pegadas hídricas em diferentes grupos de avaliação.....	32
Figura 11 – Esquema de pegadas hídricas em diferentes grupos de avaliação.....	35
Figura 12 – Pegada hídrica e água virtual dentro das 56 bacias hidrográficas - 2009	37
Figura 13 – Consumo brasileiro de água virtual nos anos de 1995 a 2009 (em m³)	47
Figura 14 – Participação de cada setor no consumo de água total do Brasil (em %)	48
Figura 15 – Diferenças no consumo de água virtual brasileira de 1995 a 2009 após extração de cada grupo econômico (em m³)	49
Figura 16 – Diferenças no consumo de água virtual brasileira de 1995 a 2009 pela extração de cada grupo econômico (em %).....	50
Figura 17 – Diferenças no consumo de água virtual azul brasileira de 1995 a 2009 pela extração de cada grupo econômico (em %)	52
Figura 18 – Diferenças no consumo de água virtual cinza brasileira de 1995 a 2009 pela extração de cada grupo econômico (em %)	53
Figura 19 – Diferenças no consumo de água virtual verde brasileira de 1995 a 2009 pela extração de cada grupo econômico (em %)	54
Figura 20 – Consumo agregado de água virtual vinculado às importações brasileiras de todas as regiões analisadas no período de 1995 a 2009	55
Figura 21 – Diferenças no consumo de água virtual das regiões analisadas causadas pela extração hipotética das importações brasileiras, no período de 1995 e 2009	56
Figura 22 – Diferenças no consumo de água virtual doméstica azul dos grupos econômicos de 1995 a 2009 pela extração do Brasil (em m³)	57
Figura 23 – Diferenças no consumo de água virtual doméstica cinza dos grupos econômicos de 1995 a 2009 pela extração do Brasil (em m³)	58
Figura 24 – Diferenças no consumo de água virtual doméstica verde dos grupos econômicos de 1995 a 2009 pela extração do Brasil (em m³)	59
Figura 25 – Saldo de água virtual do Brasil na série histórica de 1995 a 2009	60

Figura 26 – Saldo de água virtual azul do Brasil na série histórica de 1995 a 2009	62
Figura 27 – Saldo de água virtual cinza do Brasil no período de 1995 a 2009	63
Figura 28 – Saldo de água virtual doméstica verde do Brasil na série histórica de 1995 a 2009	63
Figura 29 – Saldo de água virtual doméstica azul, cinza e verde do Brasil na série histórica de 1995 a 2009	64
Figura 30 – Valor adicionado doméstico vinculado às exportações brasileiras nos anos de 1995 a 2009	65
Figura 31 – Contribuição do valor agregado do Brasil para os blocos econômicos nos anos de 1995 a 2009	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conceitos e teorias que influenciaram os trabalhos de Leontief..... 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Retirada, consumo e retorno de água por região hidrográfica em 2016	23
Tabela 2 – Relação entre o valor adicionado e o consumo de água virtual por m³ no período entre 1995 e 2009	66

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. ÁGUA NO MUNDO E NO BRASIL	18
2.1 Cenário Global	18
2.2 Cenário Brasileiro	22
3. PEGADA HÍDRICA E ÁGUA VIRTUAL	28
3.1 Pegada hídrica e água virtual	28
3.2 Cálculos da pegada hídrica e da água virtual de uma nação	31
3.3 Pegada hídrica e água virtual no Brasil	36
4. ANÁLISE INSUMO-PRODUTO	39
4.1 Teoria Básica	39
4.2 Análise Inter-regional	41
4.3 Procedimentos metodológicos	43
4.4 Base de dados utilizada na pesquisa	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 Consumo de água virtual no Brasil	47
5.2 Exportação brasileira de água virtual	48
5.2.1 Exportações brasileiras de água virtual azul	51
5.2.2 Exportações brasileiras de água virtual cinza	52
5.2.3 Exportações brasileira de água virtual verde	53
5.3 Importações brasileiras de água virtual	55
5.3.1 Importações brasileiras de água virtual azul	57
5.3.2 Importações brasileiras de água virtual cinza	58
5.3.3 Importações brasileiras de água virtual verde	59
5.4 Avaliação do saldo brasileiro de água virtual	60
5.5 Valor adicionado gerado pelo fluxo de comércio entre o Brasil e os principais parceiros comerciais	64
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
7. REFERÊNCIAS	70

1. INTRODUÇÃO

Embora o planeta tenha cerca de 70% de sua superfície coberta com água, é de suma importância compreender o comportamento da oferta e da demanda dos recursos hídricos. A partir de 1992, por meio da Agenda 21, ações voltadas à garantia de qualidade e abastecimento de recursos hídricos no planeta têm se destacado, uma vez que a água é um recurso imprescindível para sobrevivência e desenvolvimento econômico das nações (ONU, 1995).

No entanto, o relatório recentemente divulgado pela ONU (2018) aponta que a demanda mundial de água cresce na taxa de 1% ao ano, em função do crescimento populacional, do desenvolvimento econômico e das mudanças nos padrões de consumo. Da mesma forma, interferências na oferta estão sendo registradas em função das mudanças climáticas. No balanço, a tendência é que mais pessoas sejam afetadas com a escassez de água no mundo, em que, no atual cenário, cerca de 3,6 bilhões de pessoas vivem em regiões com escassez de água no período de ao menos um mês ao ano (ONU, 2018).

Grande parte da água consumida está relacionada à produção de bens e serviços em cada país. Nesse contexto, os conceitos de pegada hídrica e água virtual são de suma importância. Enquanto o termo pegada hídrica se define como a quantidade de água consumida por uma nação, a água virtual está relacionada com as transações de quantidade de água embutida em produtos de exportação e importação entre as nações (HOEKSTRA & HUNG, 2002; HOEKSTRA, 2002). Assim, Hoekstra (2002) levanta um questionamento essencial, que une o manejo de recursos hídricos com o suprimento de um país: “Quanta água uma nação economiza se importar um produto ao invés de produzi-lo?”.

Pimentel (2004) afirma que o setor de alimentos demanda abundantemente a utilização de recursos hídricos, em especial, o uso da água se torna altamente impactante perante a produção de carnes. Nesse sentido, compreendendo que a indústria de alimentos do Brasil se destaca perante os demais setores no cenário internacional, representando a segunda maior exportadora agrícola do mundo e maior fornecedora de alimentos como açúcar, suco de laranja, café, soja, tabaco, aves, milho, arroz e carne bovina (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2015), surge a necessidade de

investigar a interdependência existente entre o Brasil e os demais países no que se refere à quantidade de água embutida nos produtos importados e exportados, ou seja, no fluxo de água virtual.

No âmbito mundial, Yang *et al.* (2006) afirmam que o aumento no fluxo de água virtual entre os países é uma solução para combater a escassez de água regional, contudo os países exportadores devem entender os dados desse fluxo. Logo, a discussão sobre os fluxos de água virtual de um país se amplia a fim de entender seu balanço hídrico. As informações são confrontadas com a demanda e a oferta de água para o contexto nacional, gerando dados essenciais para tomada de decisões de políticas públicas quanto ao direcionamento do potencial hídrico da nação.

Assim, o presente trabalho se propõe a entender o papel do Brasil no comércio internacional de água virtual, por meio da adaptação do método proposto por Los *et al.* (2016). Foram utilizadas as matrizes de insumo produto mundiais e as contas ambientais de 1995 a 2009 fornecidas pela *World Input-Output Database* (WIOD, 2012), a fim de identificar se a situação brasileira é deficitária ou superavitária quanto à quantidade de água virtual observada nas relações de interdependência existentes entre as importações e exportações brasileiras no que tange à água embutida nos processos de produção.

De maneira específica, propõe-se aplicar os conceitos de água virtual e pegada hídrica de uma nação, analisar os dados brasileiros de consumo de água, caracterizar o cenário brasileiro acerca do comércio internacional de produtos, levantar dados de consumo de água em função do setor de produção e estabelecer o fluxo de água virtual do Brasil para com os demais países.

Com intuito de alcançar os objetivos propostos neste trabalho, esse se encontra dividido em cinco seções principais. Sendo a primeira parte referente à introdução do tema abordado, incluindo a problemática e a importância do estudo, a justificativa, os objetivos gerais e os objetivos específicos.

Na sequência, são introduzidas as conceituações necessárias ao desenvolvimento do presente trabalho, bem como a contextualização dos tópicos mencionados. Nesta seção, destacam-se os cenários brasileiro e mundial acerca do uso da água; além de explicitarem-se informações quantitativas quanto ao cenário hídrico do país.

A terceira seção inclui os conceitos essenciais de pegada hídrica e água virtual e, por fim, um entendimento amplo das relações de água virtual inter-regionais no Brasil.

A continuação do trabalho se dá com a quarta seção, a qual aborda a metodologia utilizada para elaboração das análises do presente estudo, descrevendo os aspectos metodológicos quanto aos dados tratados no estudo da água virtual brasileira.

A quinta seção contempla os resultados obtidos referentes à pesquisa, entendendo as exportações e importações brasileiras de água virtual doméstica azul, verde e cinza. Nesta seção, expõe-se o saldo entre o cenário de exportações e importações de modo a comparar com o valor agregado doméstico de cada metro cúbico de água virtual exportada no cenário brasileiro com o valor agregado doméstico de cada metro cúbico de água virtual importada pelo Brasil com referência a seu país de origem. Por fim, apresenta-se a conclusão do trabalho indicando o papel do Brasil no comércio internacional de água virtual.

2. ÁGUA NO MUNDO E NO BRASIL

2.1 Cenário Global

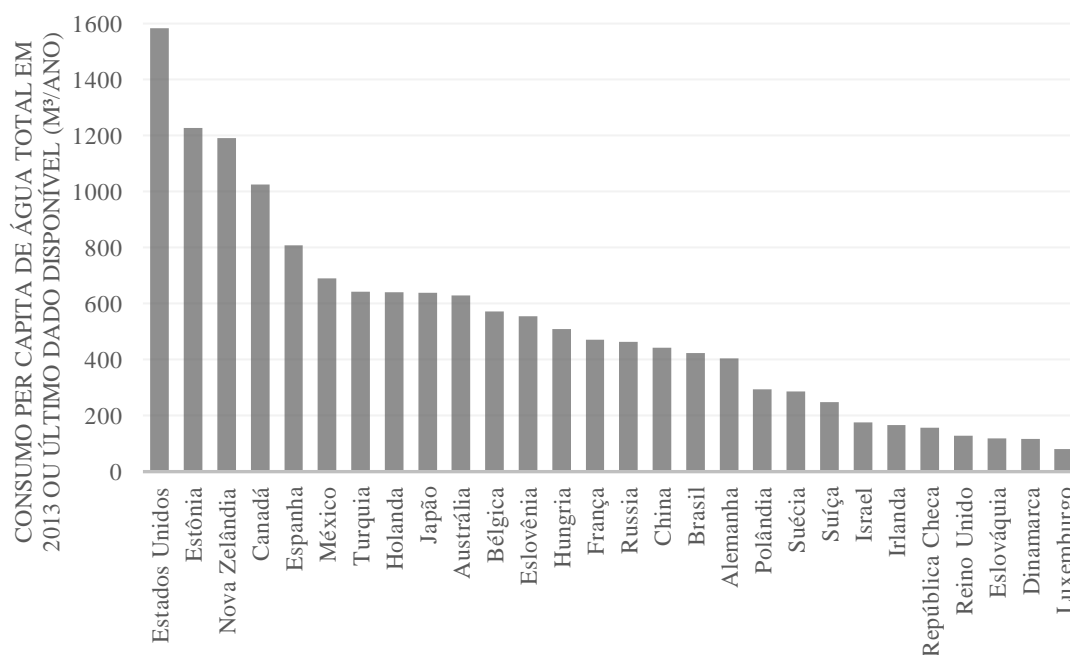
A água é essencial para as atividades cotidianas e, embora o planeta Terra seja coberto por cerca de 70% desse recurso, as discussões acerca de seu manejo são necessárias. Nesse contexto, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, por meio da Agenda 21, ressaltou a importância do tema, instaurando um marco de medidas e de ações a fim de garantir a qualidade e o abastecimento dos recursos hídricos no planeta, em específico da água doce (ONU, 1995).

Dessa forma, a compreensão das relações de oferta e demanda de água nos países é de suma importância para o gerenciamento dos recursos hídricos. Relacionado ao que trata do consumo, a Figura 1 aponta o consumo anual total de água *per capita* em alguns países no ano de 2013 ou último dado disponível. De acordo com a OECD (2016), os dados retratam a captação bruta de água doce *per capita* nos países, que são destinadas ao abastecimento público, irrigação, processos industriais e refrigeração de plantas de geração de energia. As informações apresentadas pela OECD estão disponíveis para a maioria dos países, contudo os métodos de estimação podem variar de acordo com o país e com o tempo. De forma geral, os valores incompletos são estimados pelo método de interpolação linear.

Verifica-se que a maior demanda fora proveniente dos Estados Unidos, 1583 m³ de água *per capita* por ano. Apesar disso, de acordo com a OECD (2016), os Estados Unidos apresentaram redução significativa de aproximadamente 20%, em comparação com o ano de 1985, o qual era de 1953 m³ *per capita*. Dieter *et al.* (2015) destacam que a irrigação representa grande parte da água consumida, uma vez que, no ano de 2015, 64% do total de consumo de água dos Estados Unidos fora destinado a esse setor.

Além disso, observa-se que a Estônia, a Nova Zelândia e o Canadá apresentaram consumo *per capita* superior a 1000 m³ de água por ano, sendo de 1227m³, 1191m³, e 1025m³, respectivamente. No mesmo contexto, o consumo *per capita* do Brasil por ano foi de 424m³. Embora os demais países apresentem informações de consumo *per capita* muito menores do que os quatro primeiros colocados, esses valores sobressaem a indicação de um consumo mínimo de 50 litros por pessoa ao dia ou 18,25 m³ por pessoa ao ano para sobrevivência indicado pela Organização das Nações Unidas.

Figura 1 – Consumo anual de água total *per capita* no mundo em 2013 ou último dado disponível, por países (em metros cúbicos por ano)



Fonte: elaborado a partir de dados da OECD, 2016.

De forma geral, o relatório desenvolvido pela ONU em 2018 aponta que há previsão de aumento de 1% ao ano da demanda mundial pela água, acarretado pelo crescimento populacional, pelo desenvolvimento econômico e pelas mudanças nos padrões de consumo. O relatório divulgado afirma que o setor econômico de maior demanda por água nas próximas duas décadas continuará sendo o setor agrícola (ONU, 2018).

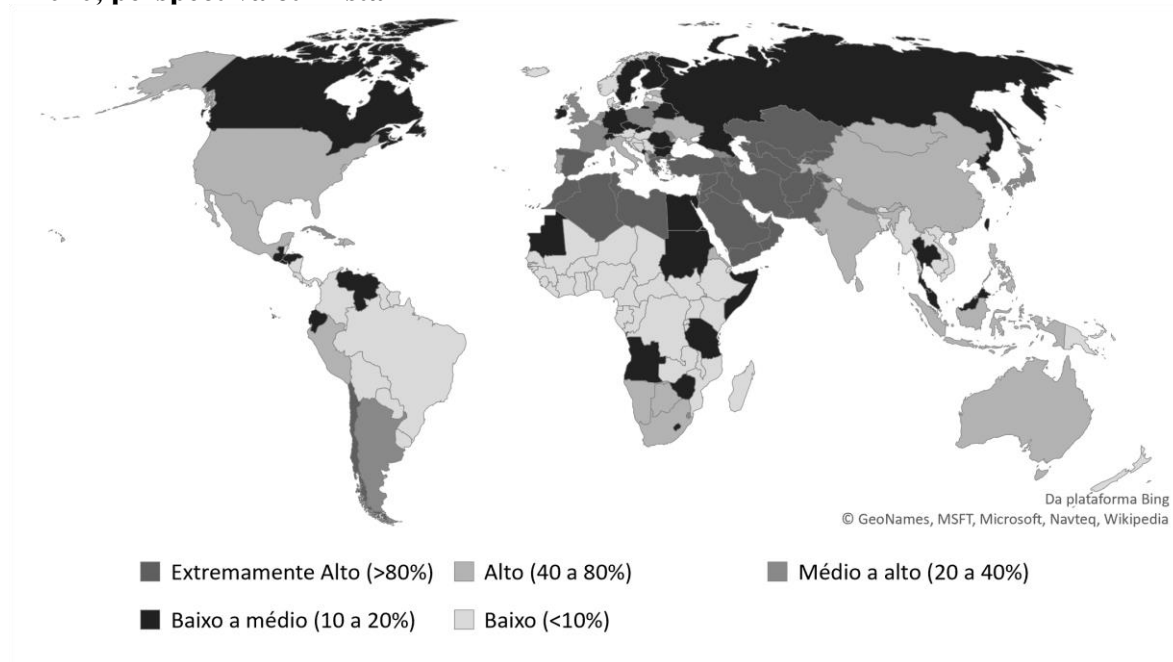
Do ponto de vista da oferta, o ciclo global da água sofrerá interferência em função das mudanças climáticas, pois, de acordo com a ONU (2018), haverá intensificação das características já observadas nas regiões, ou seja, áreas com índices de umidade elevados tendem a ter um aumento da umidade e áreas com índices de seca elevados tendem a ter um aumento das secas.

Com o aumento da demanda e as interferências na oferta, algumas regiões não conseguem repor a água em taxas adequadas, gerando situações de estresse hídrico. De acordo com a ONU (2018), metade da população mundial, cerca de 3,6 bilhões de pessoas, já enfrentam as consequências do estresse hídrico ao viverem em áreas com possibilidade de escassez de água no período de um mês ao ano. Ainda, a ONU (2018)

indica que, até o ano de 2050, a tendência é de que uma faixa de 4,8 a 5,7 bilhões de pessoas estejam nessas condições.

Olivo e Ishiki (2014) apontam que os esgotamentos de aquíferos que resultam na escassez de água estão relacionados ao desordenado e elevado crescimento populacional, aos ineficientes processos de irrigação e ao consumo exagerado do setor industrial. Dessa forma, observam-se na Figura 2 os níveis de estresse hídrico dos países para o ano de 2040, gerados a partir dos dados elaborados por Luo *et al.* (2015). Na metodologia desenvolvida, o estresse hídrico é medido em função dos valores de captação de águas superficiais e subterrâneas comparados com a competição entre os usuários. Os cenários elaborados captam os níveis de estresse de água para 2020, 2030 e 2040 das perspectivas atuais, otimistas e pessimistas (as figuras apresentadas neste trabalho são apenas referentes à perspectiva otimista). O autor afirma que se trata de uma metodologia comparativa entre as regiões no mesmo ano e esclarece que o cenário pode sofrer alterações por se tratar de estimações acerca de mudanças climáticas, população, economia e demanda de água. Enfim, o método estima a quantidade de água anual necessária para abastecimento municipal, industrial e agrícola expresso em porcentagem comparado com o total anual de água doce disponível, em que os altos valores indicam maiores competições entre os usuários.

Figura 2 – Projeção de mudanças no estresse hídrico dos países para o ano de 2040, perspectiva otimista

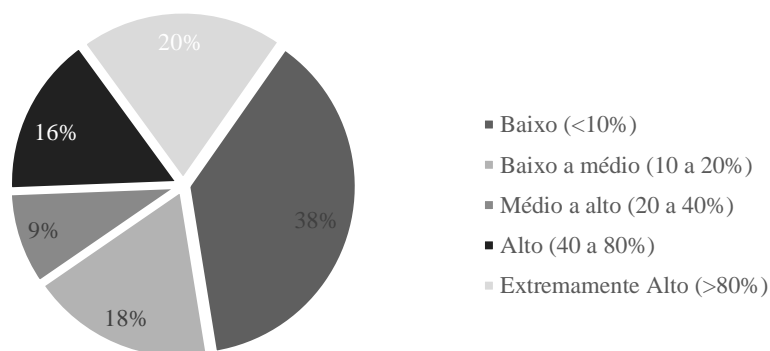


Fonte: elaborado a partir dos dados de LUO *et al.* e WRI, 2015.

Extraí-se dos dados, resumidos na Figura 3, que apenas 38% dos países permaneceram com baixas probabilidades de estresse hídrico, enquanto que 20% dos países estão suscetíveis a probabilidades extremamente altas dessa condição. O restante dos países divide-se nas condições de estresse hídrico da seguinte forma: 16% na faixa de alto, 9% na faixa de médio a alto e 18% na faixa de baixo a médio risco.

Luck *et al.* (2015) ressaltam que a projeção do estresse hídrico está associada às mudanças climáticas, às taxas de crescimento da população, às perspectivas econômicas e à demanda de água, considerando as seguintes variáveis: área de irrigação, área destinada à agricultura, eficiência de irrigação, captação de água industrial, captação de água doméstica, produto interno bruto *per capita*, urbanização, patamar do estresse hídrico, densidade populacional e população mundial.

Figura 3 – Estimativa mundial de risco de estresse hídrico para o planeta em 2040 da perspectiva otimista



Fonte: elaborado a partir dos dados de Luo *et al.* e WRI, 2015.

Por fim, ressalta-se a importância em compreender as relações de oferta e demanda de água em cada nação para que os efeitos de estresse hídrico sejam reduzidos (LUCK *et al.*, 2015). Para isso, no intuito de atender os objetivos do presente estudo, a próxima seção apresenta o cenário brasileiro.

2.2 Cenário Brasileiro

Para o cenário brasileiro, o ciclo hidrológico esquematizado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2017) apresenta as condições de equilíbrio do sistema, principalmente no que diz respeito aos fatores relacionados à oferta de água no território. No início do ciclo, são observadas as precipitações, 13,4 trilhões de m³ ao ano, e a entrada de outros países, por meio de rios, de cerca de 3,1 trilhões de m³ ao ano. No equilíbrio, a parcela da água que é evaporada no processo de evapotranspiração representa 10,2 trilhões de m³ ao ano. A parcela de 1,1 trilhão de m³ ao ano é infiltrada e se une às águas subterrâneas. Além disso, 124 bilhões de m³ de água são destinados aos reservatórios artificiais. E, por fim, há saídas para outros países, em formato de escoamento para os terrenos vizinhos, na parcela de 900 bilhões de m³ ao ano, resultando no escoamento de 8,4 trilhões de m³ ao ano de água para o mar.

De modo a entender o comportamento das águas, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, por meio da Resolução n° 32 de 2003, dividiu o território brasileiro em 12 regiões conhecidas como bacias hidrográficas. A divisão, conforme apresentada na Figura 4, surgiu da necessidade do controle de qualidade e planejamento quanto ao uso das águas (ANA, 2017).

Figura 4 – Regiões Hidrográficas do Brasil de acordo com o CNRH



Fonte: ANA, 2017.

Entendendo o território brasileiro quanto à localização de suas bacias, a ANA (2017) apresenta o resumo da retirada, do consumo e do retorno de água por região hidrográfica no ano de 2016, conforme verificado na Tabela 1. A retirada se refere ao total de água captado, o consumo está relacionado à água que não retorna ao ambiente e retorno é a parcela de água que retorna aos corpos de água. Ainda, sobre a Tabela 1, nota-se que, pelo comportamento geográfico, o retorno de água em uma região hidrográfica pode estar refletido em outro espaço, isso faz com que o total retirado não seja igual ao consumo mais o retorno. Nota-se que a Região Hidrográfica do Paraná apresenta o maior consumo da nação, cerca de 23%, enquanto que a Região do Atlântico Nordeste Ocidental possui o menor consumo, cerca de 4%.

Ainda é observado que a bacia do Atlântico Sudeste possui a maior taxa de retorno de água, 67% em relação à água captada, e que a bacia São Francisco conta com a menor taxa de retorno, cerca de 26% o que se justifica por sua ampla extensão. Embora a bacia do Paraná tenha a maior quantidade de água captada e de consumo, sua taxa de retorno é de 45%, sendo superior às taxas verificadas nas bacias Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Oriental, Parnaíba, São Francisco e Tocantins-Araguaia.

Tabela 1 – Retirada, consumo e retorno de água por região hidrográfica em 2016

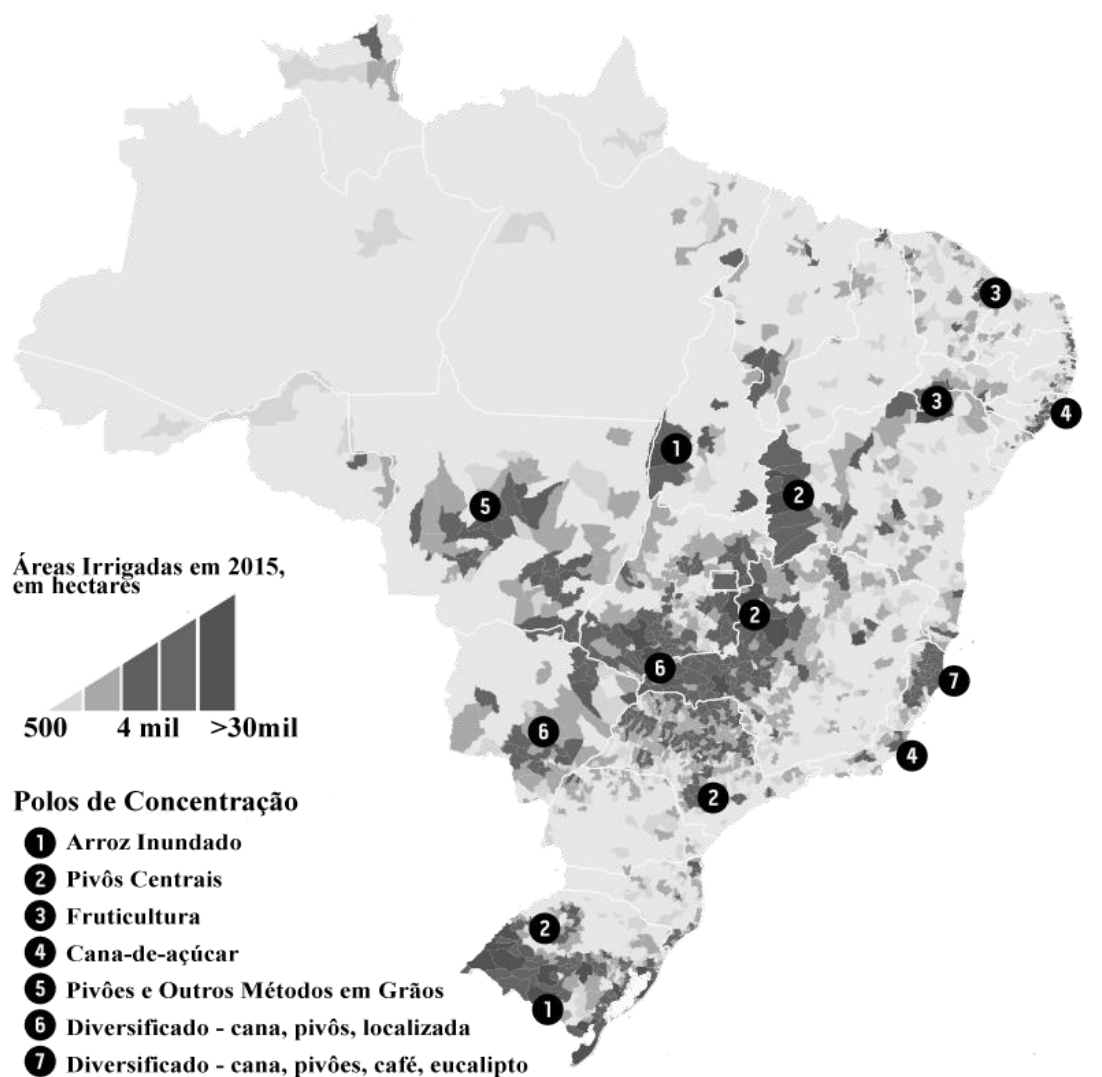
Região Hidrográfica	Retirada (m³/s)	Consumo (m³/s)	Retorno (m³/s)
Amazônica	124,77	44,55	75,32
Atlântico Leste	128,95	73,56	52,26
Atlântico Nordeste Ocidental	27,58	11,72	14,91
Atlântico Nordeste Oriental	190,71	103,57	82,14
Atlântico Sudeste	218,95	63,49	145,82
Atlântico Sul	333,43	175,10	175,50
Paraguai	31,86	15,68	15,23
Paraná	484,25	252,68	218,14
Parnaíba	23,22	13,84	8,85
São Francisco	226,66	164,06	59,54
Tocantins-Araguaia	126,36	74,11	54,34
Uruguai	181,04	117,05	87,00
Total	2097,78	1109,41	989,05

Fonte: ANA, 2017.

De acordo com a ANA (2017), a maior demanda brasileira por águas subterrâneas e superficiais está no sistema de irrigação (67,2%), seguido pelo abastecimento animal (11,1%), pelas indústrias (9,5%) e então pelo abastecimento urbano (8,8%) e rural (2,4%). Comprova-se, no cenário brasileiro, a afirmação da ONU, de que o maior consumo de água é observado no setor agrícola (ONU, 2018).

Neste sentido, a ANA (2017) mapeou a irrigação no território brasileiro para o ano de 2015 e conforme observado na Figura 5, são indicadas as áreas irrigadas as quais contemplam diferentes cultivos e métodos de irrigação, como: arroz inundado, pivôs centrais, fruticultura, cana-de-açúcar, pivôs e outros métodos em grãos, e áreas diversificadas com cana, pivôs, localizadas ou com cana, pivôs, café, eucalipto.

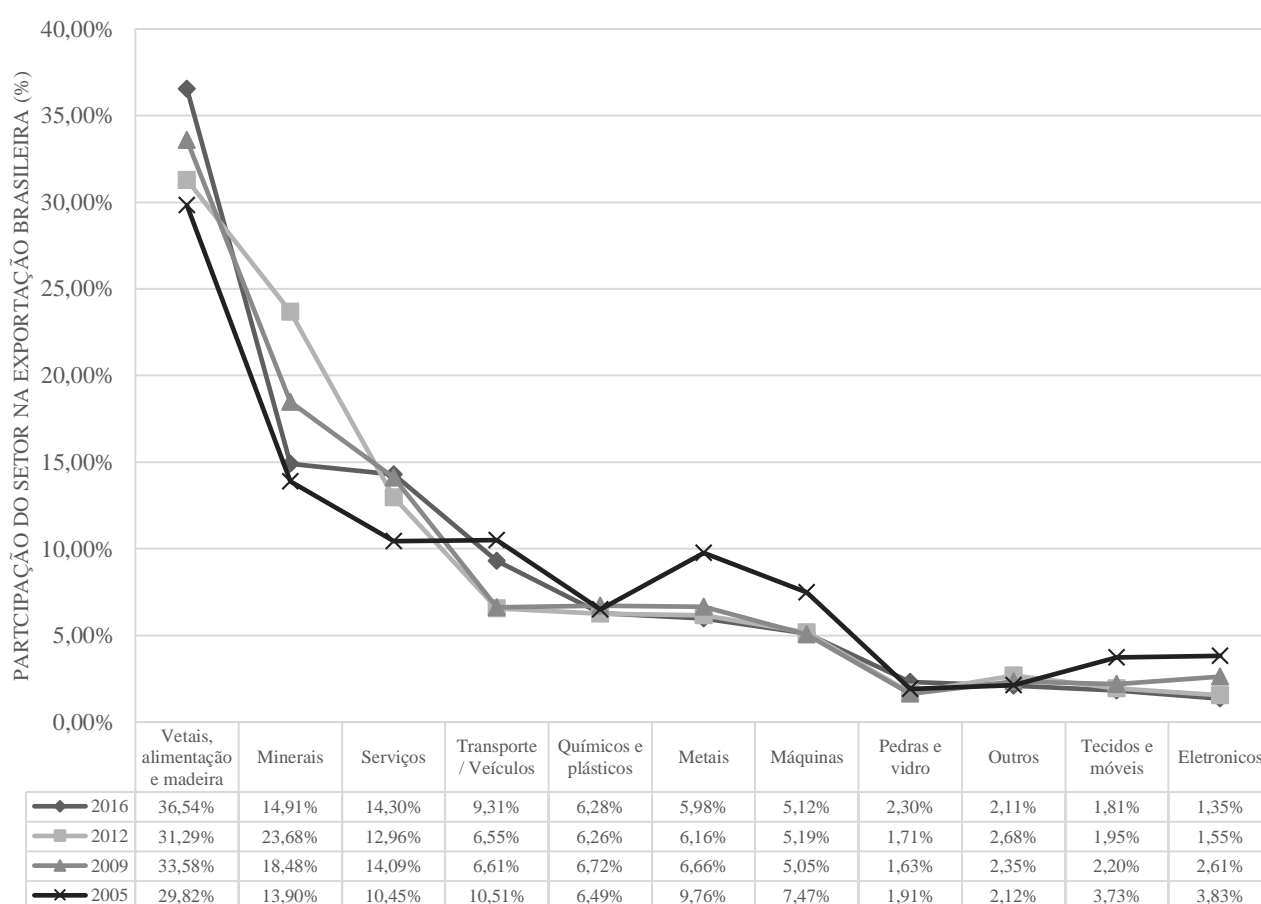
Figura 5 – Área Irrigada no Brasil em 2015



Fonte: adaptado de ANA, 2017.

Os dados apresentados são justificados pela posição do Brasil como segundo maior exportador agrícola do mundo e maior fornecedor de alimentos como açúcar, suco de laranja, café, soja, tabaco, aves, milho, arroz e carne bovina (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO, 2015). Conforme observado na Figura 6, no quesito exportação, observa-se a participação crescente de vegetais, alimentação e madeira do Brasil no contexto mundial, partindo de 29,82% em 2005 para 36,54% em 2016 (UN COMTRADE DATABASE, 2018).

Figura 6 – Participação dos setores brasileiros nas exportações em 2006, 2009, 2012 e 2016



Fonte: elaborado a partir de dados da *United Nations Statistical Division – COMTRADE (2018)*.

Todavia, de acordo com as Contas Econômicas Ambientais da Água no Brasil (2018), referente ao ano de 2015, nota-se que, embora o setor agrícola apresente a maior demanda de água superficial ou subterrânea (27,3 bilhões de m³/ano), esse setor retorna uma grande parcela de água para o ambiente (8,6 bilhões de m³/ano), em taxas de 31%. O setor pecuário com captação de 5,2 bilhões de m³/ano retorna 25% da água, gerando

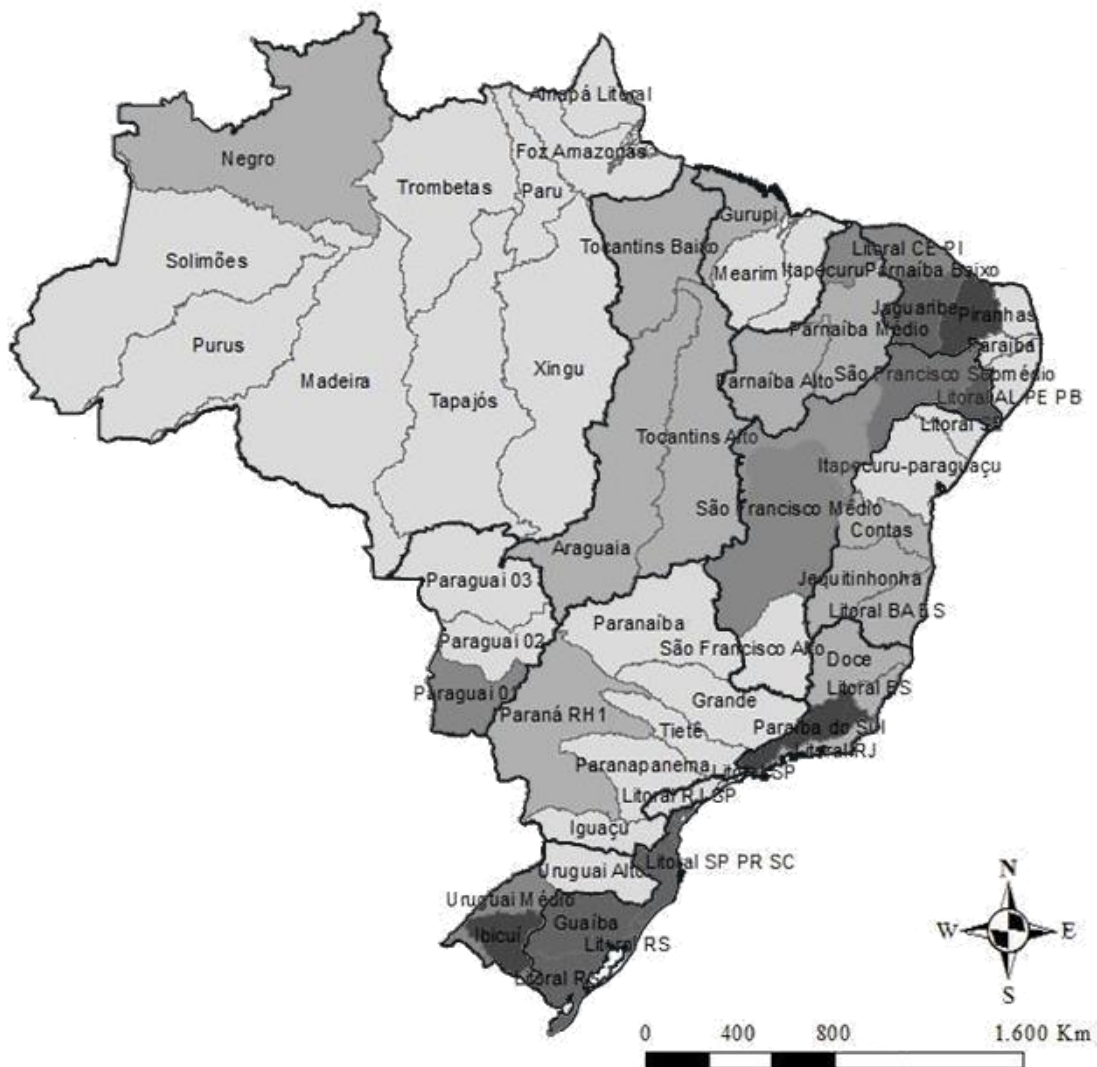
um total de 1,3 bilhões de m³/ano. A indústria de transformação e construção indica demanda de 6 bilhões de m³/ano, com retorno dos recursos hídricos de 2,85 bilhões de m³/ano, apresentando taxa de retorno de 47,5%. No entanto, a indústria extrativa e a mineração são as que apresentam o maior retorno de água, na proporção de 76%, com captação de 1,0 bilhão de m³/ano e retorno de 0,76 bilhões de m³/ano.

Visentin (2017) analisou o Brasil em função de suas sub-bacias (Figura 7) e de 50 setores econômicos compreendendo as relações inter-regionais do país para o ano de 2009. A autora resume os setores com maior participação no consumo total de água captada que foram Água e Esgoto (39%) captando 23,4 bilhões de m³, e as culturas de cana-de-açúcar (24%) captando 14,6 bilhões de m³ e Arroz (13%) captando 7,9 bilhões de m³. A partir da análise da autora, fica evidente que ao somar as demandas dos setores de produção agrícola, se confirma o apontado pelas contas ambientais, de que o setor agrícola tem maior participação no consumo do total de água captada. Nesse contexto, Visentin (2017) acrescenta que as restrições de disponibilidade de água doce no Brasil, por meio da análise inter-regional, são consequências da forte concentração econômica em algumas bacias, assim como da distribuição espacial de água no país.

Dessa forma, entende-se que o setor Água e Esgoto se destaca por ser constituído de captação, tratamento e distribuição de água e tratamento dos resíduos no que se refere à indústria extrativa de transformação e construção, das famílias, da drenagem pluvial urbana e das demais atividades econômicas (ANA, 2018). Contudo, a ANA (2018) aponta que esse setor prevê 10,86 bilhões de m³/ano de suprimento para outras atividades econômicas no país, sendo o seu consumo efetivo de 2,27 bilhões de m³ ao ano indicando 7,4% de participação no consumo total de água do país, com retorno de 87% da água captada.

De forma ao analisar o cenário global, o Ministério do Meio Ambiente (2012) alega que a disponibilidade hídrica no Brasil, como um todo, é confortável e está em uma condição satisfatória.

Figura 7 – Regiões Hidrográficas do Brasil (sub-bacias)



Fonte: adaptado de Visentin, 2017.

Na sequência, são apresentados os conceitos acerca de pegada hídrica e água virtual, essenciais para o entendimento do presente estudo. Além disso, são demonstrados os processos de cálculo desenvolvidos por Hoekstra e Hung (2002) acerca da quantificação da pegada hídrica e do volume de água virtual utilizado por uma nação.

3. PEGADA HÍDRICA E ÁGUA VIRTUAL

Diante do cenário global acerca do consumo de água, amplia-se a discussão para compreender a interdependência dos recursos hídricos disponíveis no mundo. Inclui-se no consumo nacional a quantidade de água embutida ao longo da cadeia de produção de bens e serviços que são importados. Assim como reduz-se do consumo nacional a quantidade de água ao longo da cadeia de produção de bens e serviços que são exportados.

Dessa forma, a presente seção inicia-se evidenciando os conceitos de pegada hídrica e água virtual, seguindo para o processo de mensuração dos termos conceituados e finalizando com a situação do Brasil perante sua pegada hídrica e água virtual presente nas relações internas.

3.1 Pegada hídrica e água virtual

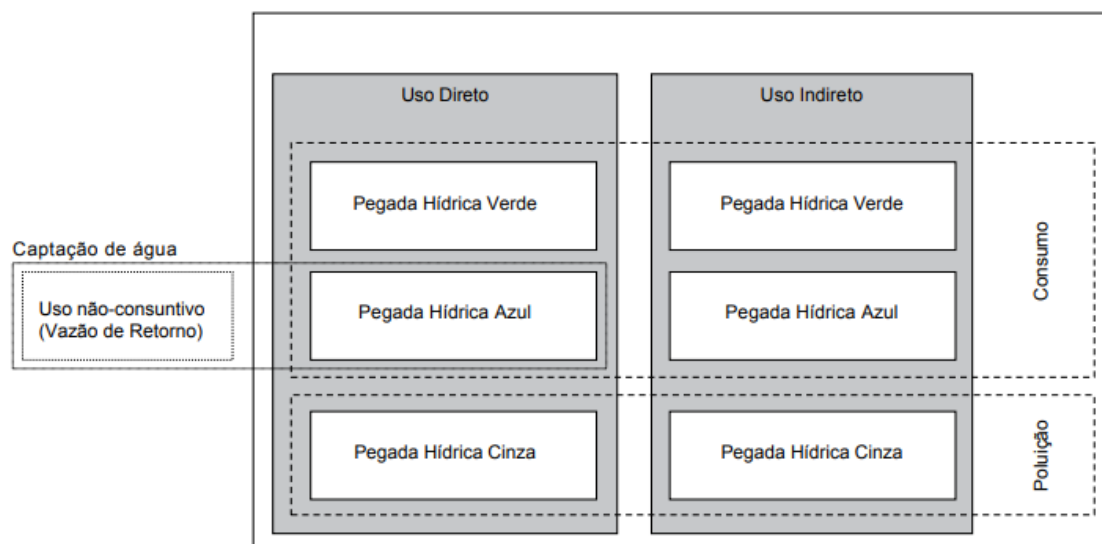
O artigo de Hoekstra & Hung (2002), “*A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*”, destaca o termo “pegada hídrica”, o qual se refere à quantidade de água doméstica utilizada, somada com a quantidade de água embutida ao longo da cadeia produtiva de bens e/ou serviços. Enfim, a pegada hídrica contempla o consumo de água direta e indireta que supre a demanda por bens e serviços dos habitantes de uma nação. Implica-se, então, que a pegada hídrica de uma nação não é composta apenas pelo consumo da água local, incluindo o consumo da água de outras regiões para a produção de bens e/ou produtos utilizados por essa nação.

Esclarece-se que o consumo de água se divide em direto, volume físico efetivo de água no processo de produção de bens e/ou serviços; e, em indireto, volume embutido, de forma indireta, no processo de produção de bens e/ou serviços, nota-se a diferença entre uso consuntivo e não consuntivo, os quais estão relacionados às águas captadas (VISENTIN, 2017). No uso consuntivo, há consumo efetivo da água captada para determinada atividade ou processo, sendo que uma parcela da água captada retorna para os corpos de água, encaixam-se como exemplo os processos de irrigação. Já no uso não consuntivo, a água não é efetivamente consumida durante determinada atividade ou processo, e retorna em sua quantidade e qualidade originais aos corpos de retirada, por exemplo, atividades de pesca e navegação (ZUFFO & ZUFFO, 2017).

Nesse contexto, observa-se que os indicadores de pegada hídrica são divididos em azul, verde e cinza, conforme observado na Figura 8. Essa separação, de acordo com

Hoekstra *et al.* (2011), esclarece os rastros do uso da água para a confecção de um produto. Ao realizar a separação, a pegada hídrica azul se refere ao consumo de água doce, sendo ela de origem superficial ou subterrânea; a pegada hídrica verde contempla o volume de água da chuva utilizado ao longo da cadeia produtiva. E, por fim, a pegada hídrica cinza indica a quantidade de água doce necessária para reverter a carga de poluentes gerados no processo produtivo, para que a água retorne a sua qualidade inicial.

Figura 8 – Esquema do consumo e emissão de poluentes na cadeia produtiva de um bem ou serviço: pegada hídrica



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011).

Hoekstra e Hung (2002) apontam três níveis que aumentam a eficiência de utilização dos recursos hídricos. O primeiro nível se refere à eficiência do uso da água local capaz de sofrer interferências pela conscientização da sociedade, pela mudança de preços e pelo estímulo de tecnologias que geram economia de água. Como exemplo verifica-se o proposto por Lima *et al.* (2011) com o caso observado em 40 cidades da Amazônia, no qual uma economia de água na ordem de 76% pode ser realizada por meio da adaptação de instalações hidrossanitárias quanto à reutilização de água pluvial.

O segundo nível, de acordo com Hoekstra e Hung (2002), corresponde à alocação dos recursos de água nos setores econômicos para produção de bens e serviços. As soluções observadas para esse item se referem às análises regionais, as quais podem ser amenizadas pelo incentivo da exploração de regiões com potencial hídrico pouco aproveitado, partindo de incentivos fiscais, por exemplo.

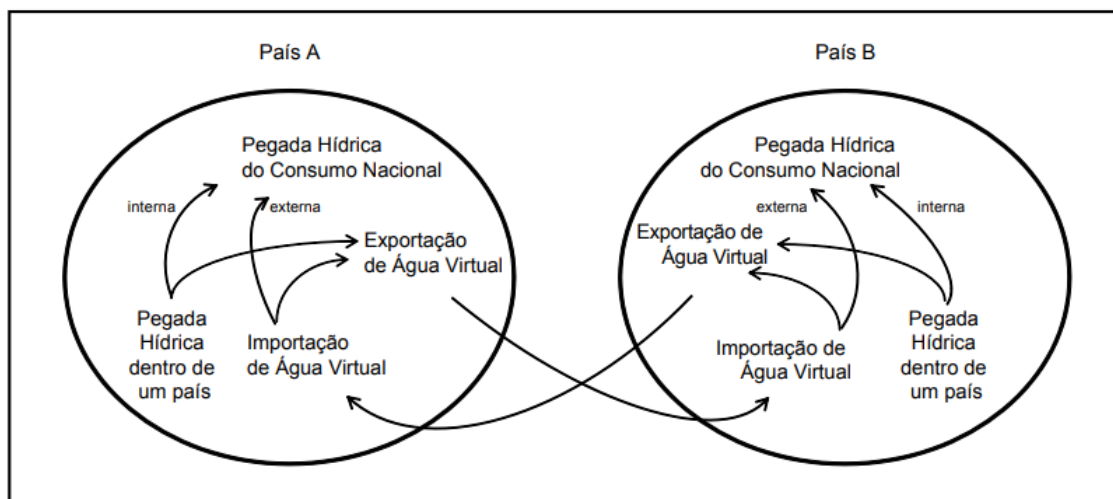
Por fim, compreende-se o nível relacionado à eficiência do uso da água global, entendendo que alguns países possuem o recurso escasso enquanto outros possuem água em abundância (HOEKSTRA; HUNG, 2002). Nesse contexto, Olivo e Ishiki (2014) concordam com o observado por Hoekstra e Hung (2002), ao afirmarem que a escassez da água gera problemas de cunho econômico, social e político naqueles países que insistirem na exploração dos recursos naturais sem planejamento.

Dessa forma, o conceito de pegada hídrica está relacionado a um ferramental quantitativo, expresso em volume de água anual, que exprime as formas de uso, consumo e poluição dos recursos hídricos relacionados ao consumo do grupo observado. No caso da análise de nações, as relações do comércio de água no mundo são essenciais para indicar esse valor de forma assertiva. Nesse contexto, Bleninger e Kotsuka (2015) indicam que pegada hídrica e água virtual estão diretamente relacionadas, uma vez que água virtual é definida como a água incorporada ao processo produtivo de bens industriais ou agrícolas, o que aborda essencialmente as relações comerciais.

Sendo assim, o conceito de água virtual, de acordo com Hoekstra (2002), é: água embutida no processo produtivo de um produto. Duas são as perspectivas de análise acerca do entendimento desse recurso, a primeira abordagem foca em compreender o volume de água que realmente fora utilizado no processo de produção, considerando as condições de produção, a eficiência do uso da água, o local e o tempo de produção. A segunda abordagem analisa a quantidade de água solicitada no processo de produção em que o produto será finalmente consumido, ou seja, essa abordagem apresenta uma questão essencial perante estratégias de importações: “quanta água uma nação economiza se importar um produto ao invés de produzi-lo?”.

A Figura 9 sugere as inter-relações observadas e esclarece as divergências analisadas entre pegada hídrica e água virtual. A figura evidencia os cenários dos países A e B, assim como suas relações.

Figura 9 – Esquema sobre pegada hídrica e água virtual interna anual



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011).

Nota-se, ao observar apenas o país A, que a Pegada Hídrica dentro de um país inclui o todo da produção realizada neste país (A), o qual teve por consumo recursos hídricos nacionais, assim, uma parcela se mantém no país para o consumo nacional e outra parcela é verificada nos produtos exportados ao país B, onde há exportação de água virtual. No entanto, a Pegada Hídrica do consumo nacional mede o que fora consumido pela sociedade do país, contemplando a parcela da pegada hídrica da produção interna (país A) e adicionando a água virtual que é importada pelos demais países (país B). Além disso, uma parcela da água virtual importada é direcionada para a exportação quando se trata da transformação de bens intermediários na produção.

Por meio dos conceitos abordados, destaca-se a importância do entendimento de água virtual, de modo que o presente trabalho tem por objetivo entender as inter-relações de água virtual nas exportações e importações brasileiras.

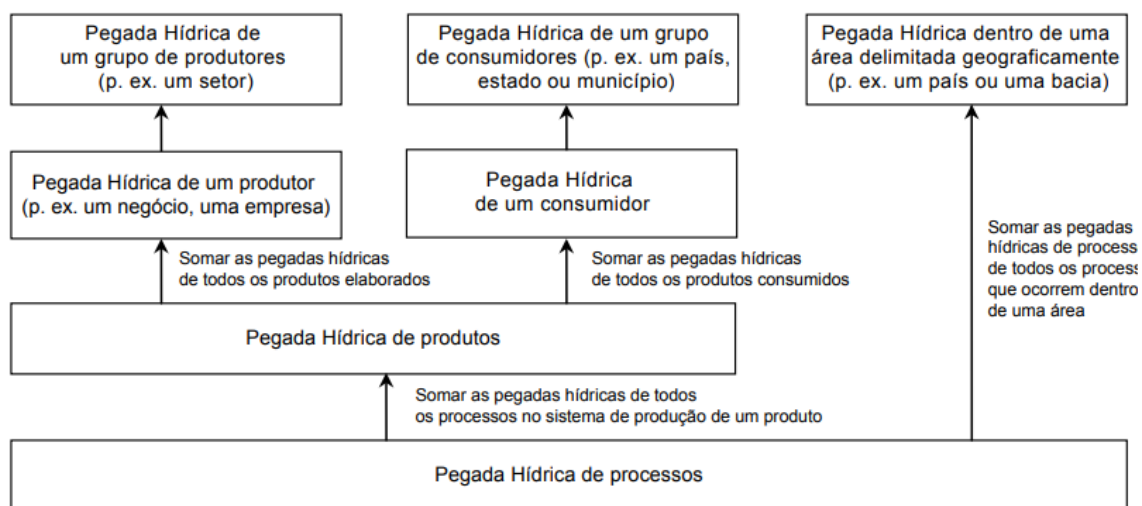
3.2 Cálculos da pegada hídrica e da água virtual de uma nação

A partir das definições do item 3.1, sugere-se que os conceitos de pegada hídrica e água virtual estejam fortemente relacionados. Dessa forma, para que seja possível explicá-las através da abordagem matemática, os conceitos serão apresentados paralelamente, seguindo a metodologia de estimação dos volumes de água proposta por Hoekstra *et al.* (2011).

A Figura 10 ilustra que a base para compreender a pegada hídrica partirá sempre dos processos. Dependendo da finalidade para a qual se pretende analisar a pegada hídrica, Hoekstra *et al.* (2011) apresentam o esquema no qual são resumidas as considerações a serem adotadas. No caso de entender a pegada hídrica dentro de uma área, delimitada geograficamente, são somadas as pegadas hídricas de todos os processos que ocorrerem dentro dessa área, pode se tratar de um país, de uma bacia, entre outros. Se o objetivo for determinar a pegada hídrica de certo produto, é necessário compreender todos os processos para a fabricação do produto e somar a pegada hídrica de cada um dos processos envolvidos. Nesse sentido, vão se escalando e unindo os dados obtidos a fim de definir a pegada hídrica que será avaliada.

Por fim, para definir a pegada hídrica de um país, é necessário ter informações acerca da pegada hídrica dos consumidores, que se referem às somas da pegada hídrica dos produtos, que são consequência da pegada hídrica dos processos. Assim sendo, a Figura 10 resume o exposto e indica as formas de avaliação de acordo com grupo a ser estudado.

Figura 10 – Esquema de pegadas hídricas em diferentes grupos de avaliação



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011).

Dessa forma, o esquema de contabilidade da pegada hídrica nacional, expressa por Hoekstra *et al.* (2011), é apresentado nas equações subsequentes. A Equação 3.1 apresenta o conceito referente à pegada hídrica do consumidor de um país, expresso pela soma do volume de recursos hídricos nacionais demandados na produção de bens e serviços, ou seja, aqueles que são propriamente consumidos pelos habitantes da nação de origem do recurso hídrico, com a pegada hídrica externa do consumidor, que se refere aos

bens e serviços produzidos com recursos hídricos internacionais e que abastecem o consumidor do país em questão.

$$PH_{cons,país} = PH_{cons,país,int} + PH_{cons,país,ext} \quad (3.1)$$

Sendo:

$PH_{cons,país}$ = pegada hídrica do consumidor de um país [volume/tempo]

$PH_{cons,país,int}$ = pegada hídrica do consumo nacional [volume/tempo]

$PH_{cons,país,ext}$ = pegada hídrica externa do consumo nacional [volume/tempo]

Na sequência, a Equação 3.2 compreende a pegada hídrica do consumidor de um país, uma vez que se remete à diferença entre a pegada hídrica do próprio país e o volume da exportação bruta de água virtual, desde que tais exportações contenham produtos confeccionados a partir de recursos hídricos nacionais.

$$PH_{cons,país,int} = PH_{área,país} - V_{e,d} \quad (3.2)$$

Sendo:

$PH_{área,país}$ = soma da pegada hídrica dentro do país [volume/tempo]

$V_{e,d}$ = volume da exportação bruta de água virtual [volume/tempo]

De mesma forma, a Equação 3.3 aborda a pegada hídrica externa do consumidor nacional, representada pela diferença entre o volume de água virtual importada pelo país e o volume de água virtual exportado para outros países, o que se considera a reexportação dos produtos importados.

$$PH_{cons,país,ext} = V_i - V_{e,r} \quad (3.3)$$

Sendo:

V_i = volume de água virtual importada ao país [volume/tempo]

$V_{e,r}$ = volume de água virtual exportado para outros países, considerando a reexportação de produtos importados

A Equação 3.4 aborda o entendimento do volume de água virtual exportada de um país, sendo a soma dos volumes de água virtual exportados para outros países, na reexportação de produtos importados e no volume da exportação bruta de água virtual.

$$V_e = V_{e,d} + V_{e,r} \quad (3.4)$$

Sendo:

V_e = volume de água virtual exportada de um país [volume/tempo]

Assume-se que a importação de água virtual (V_i) será em parte consumida pela população ($PH_{cons,páís,ext}$), mas também que será reexportada para outras nações ($V_{e,r}$), conforme verificado na Equação 3.5.

$$V_i = PH_{cons,páís,ext} + V_{e,r} \quad (3.5)$$

Enfim, a Equação 3.6 apresenta uma relação de igualdade entre a soma de importação da água virtual no país e a pegada hídrica dentro do país para com a soma de volume de água virtual exportada e a pegada hídrica do consumidor de um país. Tais relações compõem o balanço de água virtual de um país.

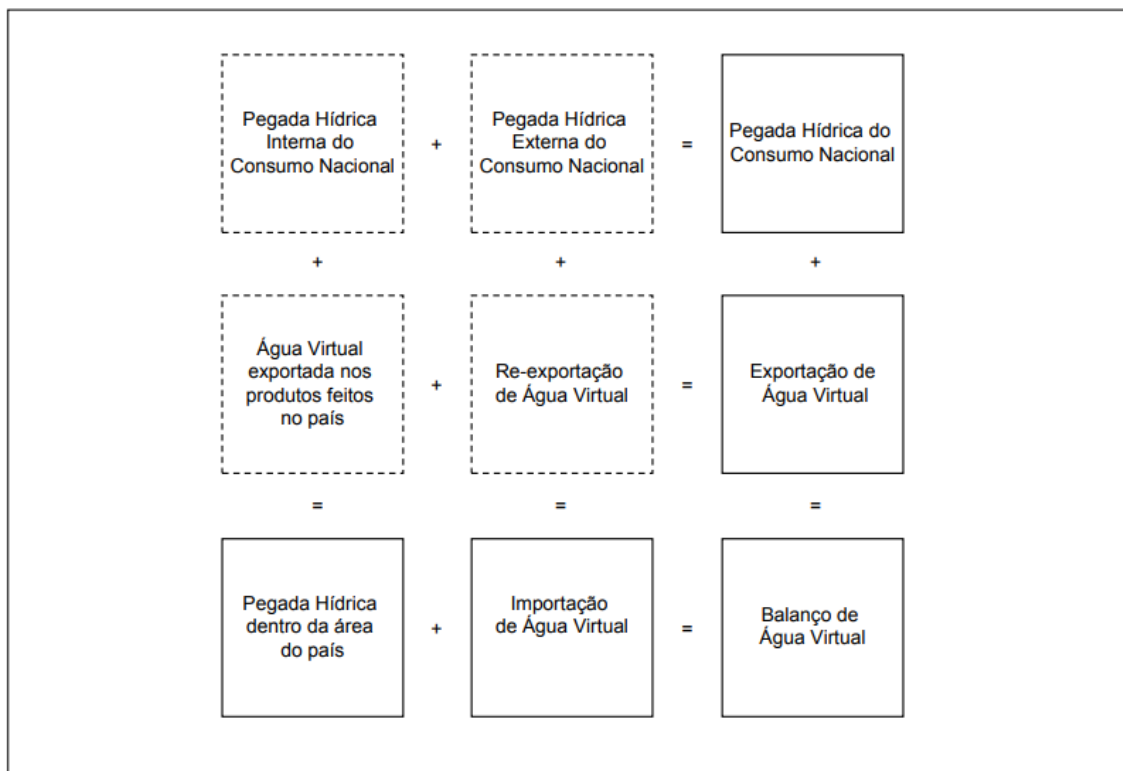
$$V_b = V_i + PH_{área,páís} = V_e + PH_{cons,páís} \quad (3.6)$$

Sendo:

V_b = balanço de água virtual de um país [volume/tempo]

Em resumo, segue a Figura 11, a qual esquematiza o processo de cálculo da pegada hídrica nacional, abordando as diferentes perspectivas de balanço da pegada hídrica. Identifica-se, nessa etapa, a situação do país em questão perante o saldo de água virtual, em um cenário superavitário, trata-se de maiores importações de água embutida em produtos e no cenário deficitário, maiores exportações de água embutida nos produtos.

Figura 11 – Esquema de pegadas hídricas em diferentes grupos de avaliação



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011).

A fim de esclarecer os itens adotados acima no processo de cálculo, na Equação 3.7, apresenta-se a formulação que define a pegada hídrica dentro de um país. A qual se resume na soma dos processos que consumam ou poluam os recursos hídricos no país.

$$PH_{\text{área,pais}} = \sum q PH_{\text{proc}}[q] \quad (3.7)$$

Sendo:

q = processo;

$PH_{\text{proc}}[q]$ = pegada hídrica de um processo, nomeado por 'q', dentro do país, sendo esse consumidor ou poluidor de água.

No que diz respeito à mensuração do consumo de águas azul, verde e cinza, Hoekstra *et al.* (2011) sugerem pela publicação “*The water footprint assessment manual: setting the global standard*” uma metodologia padrão para definição de seus volumes. Assim, de acordo com os autores, a estimativa do consumo de água azul está relacionada com a quantidade de água evaporada, a quantidade de água incorporada no produto, a quantidade de água retirada de uma região e que não retorna para essa região e a

quantidade de água retirada e que não retorna no mesmo período. Assim, o volume de água azul é calculado pela soma da evaporação de água azul, incorporação de água azul e fluxo de retorno perdido.

No entanto, o consumo de água verde no processo produtivo está relacionado ao ciclo hidrológico de precipitações, ou seja, refere-se à água precipitada que não é escoada nem infiltrada, mas que permanece na vegetação ou na superfície do solo, evaporando ou transpirando por entre as plantas. Enfim, a água verde está relacionada à quantidade de água de chuvas utilizada no processo produtivo do crescimento de culturas (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

Para estimar a água verde, métodos empíricos ou modelos matemáticos podem ser utilizados em função do tipo de cultura, solo e clima da região. Em suma, a estimativa da água verde dependerá da quantidade de evaporação e incorporação de água verde nos processos de cultivo (HOEKSTRA *et al.*, 2011). Observa-se que, neste cenário, a água verde será estimada para atividades econômicas voltadas à produção de alimentos.

Por fim, Hoekstra *et al.* (2011) indicam que água cinza remete à poluição gerada no processo produtivo, sendo definida como o volume de água limpa necessário para assimilar a carga de poluentes e retomar o efluente para as concentrações naturais dos corpos de água de descarte desse efluente. Assim, o volume de água cinza é estimado em função da quantidade de carga de poluentes (L) dividida pela diferença entre os padrões de qualidade da água com relação ao poluente em questão, sendo a diferença entre a concentração máxima aceitável do poluente (c_{max}) e a concentração natural do corpo receptor de água (c_{nat}).

A metodologia desenvolvida por Hoekstra *et al.* (2011) para a obtenção dos valores de pegada hídrica e consumo de água virtual das nações é a referência de obtenção dos dados apresentados pelas contas ambientais da *World Input Database (WOID)* do ano de 2009, a ser explanada na seção 4.4; sendo essa última a base de dados utilizada para o desenvolvimento do presente estudo.

3.3 Pegada hídrica e água virtual no Brasil

A base de dados da Agência Nacional das Águas e a pesquisa elaborada por Visentin (2017) resultam no exposto pela Figura 12 quanto à pegada hídrica interna das bacias, ou seja, do cenário nacional, e quanto às relações de exportações de água virtual levantadas (em milhões de m³). Visentin (2017) conclui que as bacias com maior

dependência de importação inter-regional de água virtual são aquelas localizadas na região Norte do país. No entanto, as regiões com maiores exportações de água virtual são: Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste.

Figura 12 – Pegada hídrica e água virtual dentro das 56 bacias hidrográficas - 2009



Fonte: Visentin (2017).

No quesito pegada hídrica, Visentin (2017) destaca que a Bacia Tietê foi responsável por 14% da Pegada Hídrica do Brasil no ano de 2009, com as atividades de maior demanda sendo Água e Esgoto, Cana-de-açúcar e Arroz, com representação de 39%, 18% e 15%, respectivamente.

Silva *et al.* (2016) alegam que o Brasil é autossuficiente na produção de alimentos, sendo 21% do total da pegada hídrica do consumo nacional brasileiro gerado pela produção de carne. Dessa forma, gera a média elevada de pegada hídrica no setor agrícola de 1619m³ de água por pessoa ao ano. Além disso, os autores apontam que a exportação líquida de água virtual é de 54,8 bilhões de m³ por ano e a exportação bruta é de 67,1 bilhões de m³ de água virtual, sendo que 41% das exportações brutas de água virtual são destinadas à Europa. Isso indica que o Brasil recebe cerca de 12,3 bilhões de m³ por ano de água virtual e de acordo com Silva *et al.* (2016), os principais fornecedores de água

virtual ao Brasil são a Argentina, Uruguai e Paraguai por meio de produtos como arroz, feijão, milho e carne.

Após a definição dos conceitos de água virtual e de pegada hídrica, e após ressaltar a importância do tema no Brasil e no mundo, o presente estudo se propõe a entender o papel do Brasil no comércio internacional de água virtual, por meio da adaptação do método proposto por Los *et al.* (2016). Cabe mencionar que o presente trabalho se destaca pela utilização da base de dados, a qual transpõe as informações originais de consumo de água para cada um dos países estudados, compilados pela World Input-Output Database (WIOD).

Nesse contexto, a próxima seção será dedicada à apresentação da metodologia de insumo-produto, que será utilizada para atingir o objetivo proposto.

4. ANÁLISE INSUMO-PRODUTO

4.1 Teoria Básica

Leontief (1973) afirma que tanto a economia mundial quanto a economia de um país podem ser percebidas através de um sistema de processos independentes, nos quais a correlação está na formação de um produto, partindo-se da combinação de certos insumos. Assim, as análises se tornam mais completas e complexas quando observadas as interdependências entre mais de um produto.

Nesse contexto, a interdependência do sistema econômico, mencionada por Leontief (1973), pode ser descrita no formato de uma tabela de insumo-produto em dois sentidos, abordando os produtos e os serviços em diferentes setores. Todavia, Guilhoto (2011) exemplifica de forma genérica uma tabela de insumo-produto para uma economia que possui dois setores, a qual está exposta no Quadro 1.

Quadro 1 – Conceitos e teorias que influenciaram os trabalhos de Leontief

	Setor 1	Setor 2	Consumo Famílias	Governo	Investimento	Exportações	Total
Setor 1	Z_{11}	Z_{12}	C_1	G_1	I_1	E_1	X_1
Setor 2	Z_{21}	Z_{22}	C_2	G_2	I_2	E_2	X_2
Importação	M_1	M_2	M_C	M_g	M_i		M
Impostos	T_1	T_2	T_C	T_g	T_i	T_e	T
Valor Adicionado	W_1	W_2					W
Total	X_1	X_2	C	G	I	E	

Fonte: Guilhoto, (2011).

Sendo:

Z_{ij} : fluxo monetário entre os setores i e j;

C_i : consumo das famílias dos produtos do setor i;

G_i : gasto do Governo junto ao setor i;

I_i : demanda por bens de investimento produzidos no setor i;

E_i : total exportado pelo setor i;

X_i : total de produção do setor i;

T_i : total de impostos indiretos líquidos pagos por i ;

M_i : importação realizada pelo setor i ;

W_i : valor adicionado gerado pelo setor i .

As relações extraídas da tabela são expressas conforme as Equações 4.1 a 4.11.

$$X_1 + X_2 + C + G + I + E = X_1 + X_2 + M + T + W \quad (4.1)$$

Eliminando X_1 e X_2 e rearranjando a Equação 4.1, obtém-se a Equação 4.2, na qual se verificam as relações macroeconômicas.

$$C + G + I + (E - M) = T + W \quad (4.2)$$

Ao estabelecer uma tabela que contemple n setores, observa-se a relação descrita na Equação 4.3.

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} + c_i + g_i + I_i + e_i \equiv x_i \quad (4.3)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

Sendo:

z_{ij} : produção do setor i que é utilizada como insumo intermediário pelo setor j ;

c_i : produção do setor i que é consumida domesticamente pelas famílias;

g_i : produção do setor i que é consumida domesticamente pelo Governo;

I_i : produção do setor i que é destinada ao investimento;

e_i : produção do setor i que é exportada;

x_i : produção doméstica total do setor i .

Guilhoto (2011) retoma que os fluxos intermediários por unidade do produto final são fixos, assim é possível derivar o sistema de Leontief resultando na Equação 4.4.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + y_i = x_i \quad (4.4)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

Sendo:

a_{ij} : coeficiente técnico que indica a quantidade de insumo do setor i necessária para a produção de uma unidade de produto final do setor j ;

y_i : demanda final por produtos do setor i , isto é, $c_i + g_i + I_i + e_i$.

Assim sendo, escreve-se a Equação 4.4 em seu formato matricial, conforme exposto pela Equação 4.5.

$$Ax + y = x \quad (4.5)$$

Sendo:

A : matriz de coeficientes diretos de insumo de ordem $(n \times n)$;

x e y : vetores colunas de ordem $(n \times 1)$.

Ao resolver e isolar a variável x da Equação 4.5, obtém-se a produção total para satisfazer a demanda final, a qual se encontra expressa pela Equação 4.6.

$$x = (I - A)^{-1} y \quad (4.6)$$

Sendo:

$(I - A)^{-1}$: matriz de coeficientes diretos e indiretos, ou a matriz de Leontief.

Chamando $(I - A)^{-1}$ de uma matriz B , os elementos b_{ij} são entendidos como a produção total do setor i requerida para produzir uma unidade de demanda final do setor j .

Na sequência, é apresentada a aplicação da ferramenta da análise insumo-produto no que se refere à análise inter-regional.

4.2 Análise Inter-regional

De acordo com Blair e Miller (2009), a ideia original de matriz insumo-produto mostrou-se ferramenta essencial para entender a relação entre um grupo de regiões, expandindo-se para regiões metropolitanas, estados e países. Nesse contexto, surge a

compilação das informações nacionais de modo a obter os dados correlatamente de insumos e produtos dentre os setores verificados.

Gonçalves Junior *et al.* (2013) retomam o Quadro 1 e explicam as relações inter-regionais e os fluxos intersetoriais para uma situação hipotética de regiões L e M, entendendo dois setores i e j, conforme exposto na Equação 4.7.

$$Z = \begin{bmatrix} Z^{LL} & Z^{LM} \\ Z^{ML} & Z^{MM} \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

Onde:

Z^{LL} e Z^{MM} são fluxos intrarregionais e Z^{ML} e Z^{LM} são fluxos inter-regionais;

Z^{LL}_{ij} e Z^{ML}_{ij} são os fluxos monetários do setor i para o setor j da região L e o fluxo monetário do setor i da região M, para o setor j da região L, respectivamente.

Assim, o modelo inter-regional de insumo-produto se resume na Equação 4.8.

$$X^L_1 = z^{LL}_{11} + z^{LL}_{12} + z^{LM}_{11} + z^{LM}_{12} + Y^L_1 \quad (4.8)$$

Onde:

$Y^L_1 = Y^{LL}_1 + Y^{LM}_1$, Y^{LL}_1 e Y^{LM}_1 são as demandas intra e inter-regional do bem 1, respectivamente e Y^L_1 é a demanda final total do bem 1 na região L;

X^L_1 se refere ao total de produção do bem 1 na região L.

Assim, os coeficientes técnicos de produção são expressos na forma matricial, conforme Equação 4.9. Sendo os coeficientes técnicos da produção intrarregionais da região L representados pela Equação 4.10.

$$A^{LL} = Z^{LL} (\widehat{X^L})^{-1} \quad (4.9)$$

$$A = \begin{bmatrix} A^{LL} & A^{LM} \\ A^{ML} & A^{MM} \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

Assim, a produção total das duas regiões e a demanda final para os setores das duas regiões são apresentados no vetor coluna verificados nas Equações 4.11 e 4.12, respectivamente.

$$X = \begin{bmatrix} X^L \\ \dots \\ X^M \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

$$Y = \begin{bmatrix} Y^L \\ \dots \\ Y^M \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

Nesse contexto, o sistema inter-regional de insumo-produto resume-se na Equação 4.13.

$$X = (I - A)^{-1} Y \quad (4.13)$$

Após apresentar os aspectos básicos da análise insumo-produto, a próxima seção se dedica à metodologia especificamente utilizada na pesquisa.

4.3 Procedimentos metodológicos

O processo metodológico a ser seguido na presente pesquisa se baseia no trabalho realizado por Los *et al.* (2016) que foi inicialmente construído para a análise do valor adicionado doméstico por meio de extrações hipotéticas de matrizes insumo-produto. Com a metodologia proposta, substituindo o coeficiente de valor adicionado doméstico por um coeficiente de água virtual doméstica, objetiva-se identificar o papel do Brasil no comércio internacional de água virtual. No entanto, o método original proposto por Los *et al.* (2016) também será aplicado a fim de gerar informações acerca do valor adicionado doméstico dos setores e posterior análise do valor adicionado gerado pelos setores vis-à-vis a quantidade de água consumida nos processos produtivos.

I – Decomposição das exportações brutas baseada na “Extração hipotética”

A metodologia utilizada é baseada na “Extração hipotética” de regiões, a qual representa uma economia hipotética com a extração de algumas informações comerciais dentre os países observados. Assim, os dados sobre a quantidade de água virtual de um país podem ser obtidos comparando as diferenças entre os cenários da economia global real e o cenário hipotético definido.

A partir de então, a quantidade de água virtual (QAV) das exportações de um país 's' é vista como a diferença entre os cenários reais e hipotéticos no mesmo país.

Da mesma forma que apontado na Equação 4.10, depara-se com a construção da matriz A (Equação 4.14), que infere a relação entre os países 's', 'r' e 't'.

$$A = \begin{bmatrix} A_{ss} & A_{sr} & A_{st} \\ A_{rs} & A_{rr} & A_{rt} \\ A_{ts} & A_{tr} & A_{tt} \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

Em que:

'A' contém os coeficientes de insumo a_{ij} , os quais representam as quantidades de bens intermediários requeridos pela indústria i para produção de uma unidade bruta na indústria j. A_{ss} representa a necessidade de compra no mercado interno de indústrias no país 's', enquanto que A_{sr} fornece a necessidade das indústrias em 'r' de produtos comprados das indústrias em 's'. A demanda final poderá ser escrita de forma similar e é apresentada na Equação 4.15.

$$Y = \begin{bmatrix} y_{ss} & y_{sr} & y_{st} \\ y_{rs} & y_{rr} & y_{rt} \\ y_{ts} & y_{tr} & y_{tt} \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

Em que:

y_{ss} e y_{sr} representam os valores de fluxos da indústria do país 's' para todos os usuários finais em 'r'.

Os índices de quantidade de água virtual para a produção bruta das indústrias do país 's' estão contidos nas linhas do vetor av_s . O comprimento desse vetor se iguala ao número de indústrias em 's' e em 'r', com índices de quantidade de água virtual para as indústrias de 's' como os primeiros elementos ($\tilde{a}v_s$) e zero para as demais: $av_s = [\tilde{v}_s \ 0 \ 0]$. Ao aplicar a relação apresentada por Leontief, a quantidade de água virtual real consumida pelo país 's' ($QAVR_s$) é encontrada de acordo com a Equação 4.16.

$$QAVR_s = av_s (I - A)^{-1} Y_i \quad (4.16)$$

Em que:

i : é um vetor de colunas em que todos os elementos são unitários, implicando que se somam os dois elementos em cada uma das linhas da matriz Y;

$(I - A)^{-1}$: inversa de Leontief;

I : matriz identidade com as dimensões apropriadas.

Dando sequência à metodologia apresentada por Los *et al.* (2016), parte-se para o questionamento: qual a quantidade de água virtual deve ser atribuída para as exportações do país ‘s’ para o país ‘r’? Para mensurar tal informação, o mundo hipotético fora criado, conforme mencionado anteriormente, um cenário em que ‘s’ não exporta nada para ‘r’, enquanto o restante da estrutura econômica mundial não é modificada. Isso quer dizer que os blocos A_{sr} e y_{sr} são iguais a zero. Dessa forma, as matrizes A' e Y' são definidas e apresentadas nas Equações 4.17 e 4.18, respectivamente.

$$A' = \begin{bmatrix} A_{ss} & 0 & A_{st} \\ A_{rs} & A_{rr} & A_{rt} \\ A_{ts} & A_{tr} & A_{tt} \end{bmatrix} \quad (4.17)$$

$$Y' = \begin{bmatrix} y_{ss} & 0 & y_{st} \\ y_{rs} & y_{rr} & y_{rt} \\ y_{ts} & y_{tr} & y_{tt} \end{bmatrix} \quad (4.18)$$

Assim sendo, o valor da quantidade de água virtual hipotética (QAV'_s) do país ‘s’ é obtida através da multiplicação da situação hipotética inversa de Leontief com a demanda final teórica, conforme descrito na Equação 4.19.

$$QAV'_s = av_s (I - A')^{-1} Y'_s \quad (4.19)$$

Seguindo a lógica da extração hipotética, a quantidade de água virtual (QAV) das exportações do país ‘s’ é derivada da diferença obtida entre a quantidade de água virtual real e a situação hipotética, conforme representa a Equação 4.20.

$$QAV_s = QAVR_s - QAV'_s \quad (4.20)$$

4.4 Base de dados utilizada na pesquisa

A pesquisa se baseia na fonte de dados secundários fornecidos pela *World Input Output Database (WIOD)*, das matrizes de insumo-produto contendo informações acerca das transações monetárias entre os principais países do mundo e das contas ambientais de

consumo de água por setor. Menciona-se que ambas as tabelas possuem mesma estrutura, com data de divulgação referente a 2012, sendo coerentes suas comparações.

As estimativas quanto ao consumo de água virtual verde, azul e cinza por setor econômico seguem a metodologia sugerida por Hoekstra *et al.* (2011), conforme abordado na seção 3.2 e incluem os dados originais de cada grupo econômico estudado.

A base de dados contempla informações acerca transações para os anos de 1995 a 2009 de 35 setores e 40 países mais a categoria Resto do Mundo, no entanto, para a apresentação dos resultados os 40 países foram agregados em 13 grupos, considerando a relevância de cada grupo na economia mundial e nas relações com o Brasil. As agregações resultaram nos seguintes grupos e países econômicos:

- Brasil

- União Europeia: Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, República Checa, Alemanha, Dinamarca, Espanha, Estônia, Finlândia, França, Reino Unido, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Lituânia, Luxemburgo, Latvia, Malta, Holanda, Polônia, Portugal, Romênia, Eslováquia, Eslovênia, Suécia

- Canadá

- China

- Índia

- Japão

- Coreia

- México

- Rússia

- Estados Unidos

- Resto do Mundo: Austrália, Indonésia, Turquia, Taiwan e Resto do Mundo

Após apresentar a metodologia utilizada no estudo, a próxima seção será destinada à apresentação dos resultados e às discussões obtidas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção tem por finalidade apresentar e discutir os resultados obtidos. Assim, abrange o comportamento histórico de importação, exportação e saldo de água virtual brasileiro para os anos de 1995 a 2009. Inicialmente, são apresentados os resultados referentes ao fluxo de água virtual total vinculado às exportações brasileiras, então,

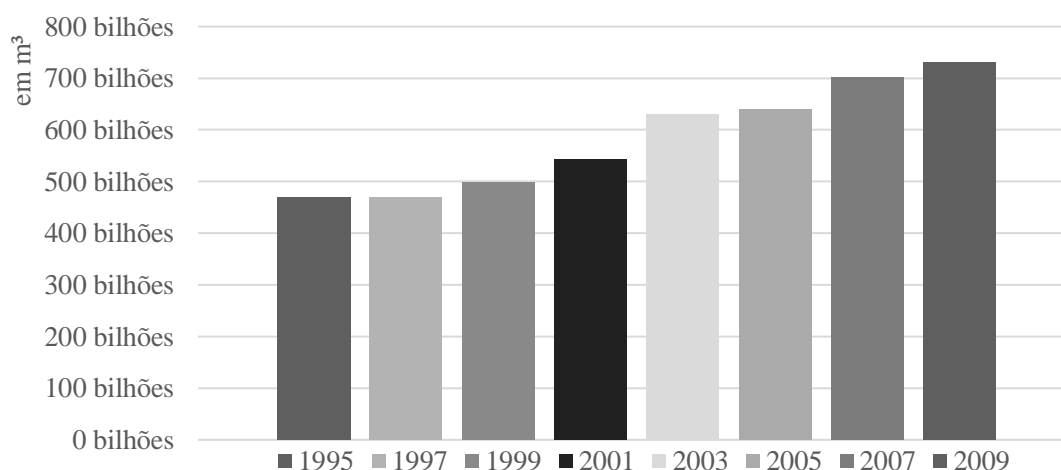
ampliam-se os resultados para apresentação de dados referente à água virtual azul, verde e cinza.

Em seguida, são apresentados os resultados referentes ao fluxo de água virtual embutido nas importações brasileiras, ampliando-os para os três tipos de água já mencionados. Na sequência, analisa-se o saldo dos fluxos de água virtual, considerando as exportações vis-à-vis as importações. Finalmente, são apresentados os resultados referentes à relação existente entre a água virtual e o valor adicionado vinculado às importações e exportações brasileiras.

5.1 Consumo de água virtual no Brasil

Sobre o consumo de água virtual no Brasil, nota-se uma crescente demanda no período de 1995 a 2009. Conforme ilustra a Figura 13, parte-se de uma demanda de aproximadamente 470 bilhões de m³ para uma demanda de cerca de 732 bilhões de m³ de água em um período de 14 anos, representando um aumento de aproximadamente 56% em comparação ao ano de 1995.

Figura 13 – Consumo brasileiro de água virtual nos anos de 1995 a 2009 (em m³)



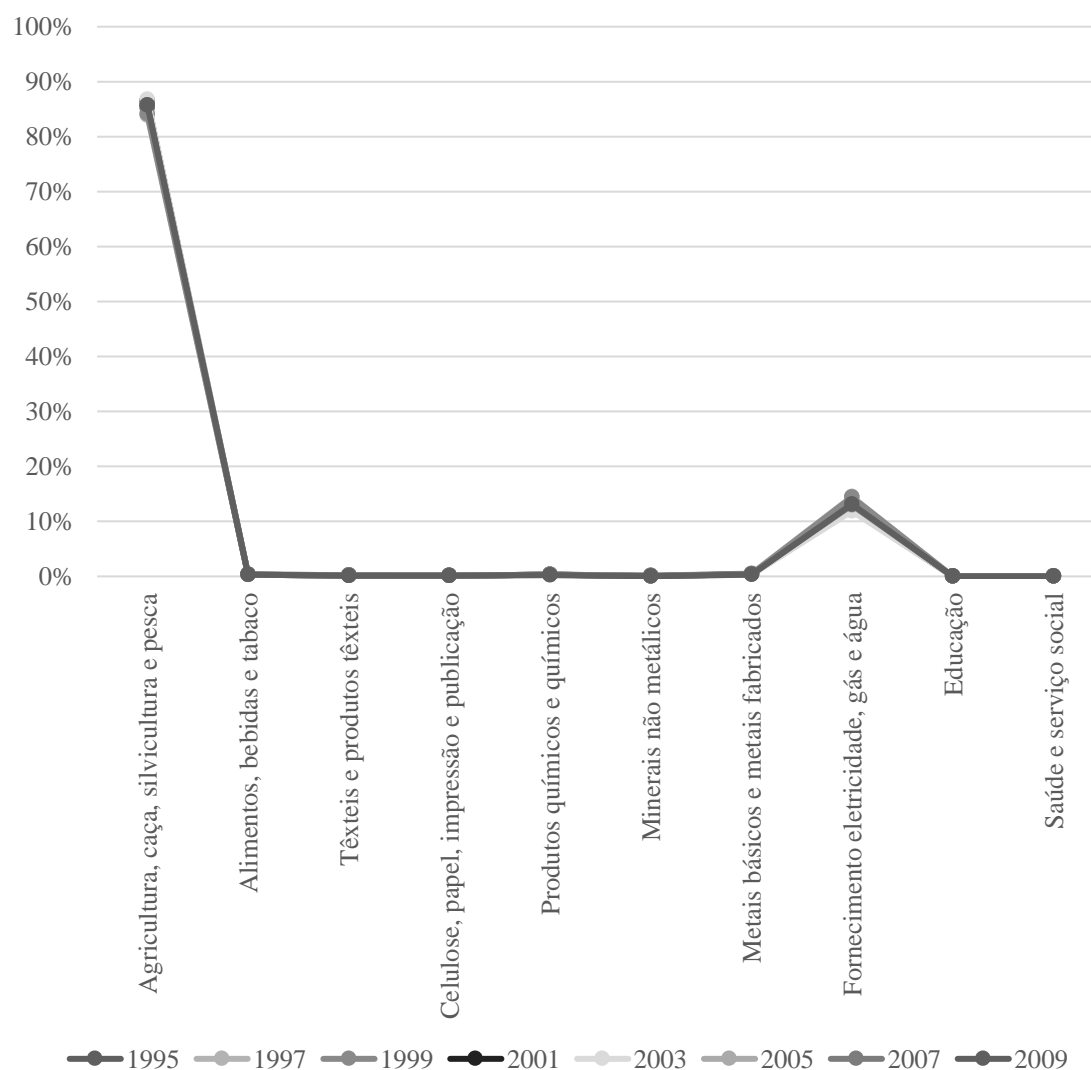
Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Neste quesito, cabe mencionar que a demanda do ano de 2009, de aproximadamente 732 bilhões de m³ de água, é equivalente a 25 vezes o volume de água no nível máximo normal do reservatório da Usina Hidroelétrica de Itaipu¹.

¹ Maior usina hidrelétrica do mundo em termos de produção acumulada, 2,61Mwh em janeiro de 2019. Capacidade do reservatório de 29 bilhões de m³ quando operado no nível máximo normal.

Dessa forma, observa-se, na Figura 14, que a maior participação no consumo de água foi do setor da Agricultura, caça, silvicultura e pesca, seguido do setor de Fornecimento de eletricidade, gás e água. Na sequência, torna-se evidente a presença dos setores de Metais básicos e metais fabricados; Alimentos, bebidas e tabaco e Produtos químicos e químicos.

Figura 14 – Participação de cada setor no consumo de água total do Brasil (em %)



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

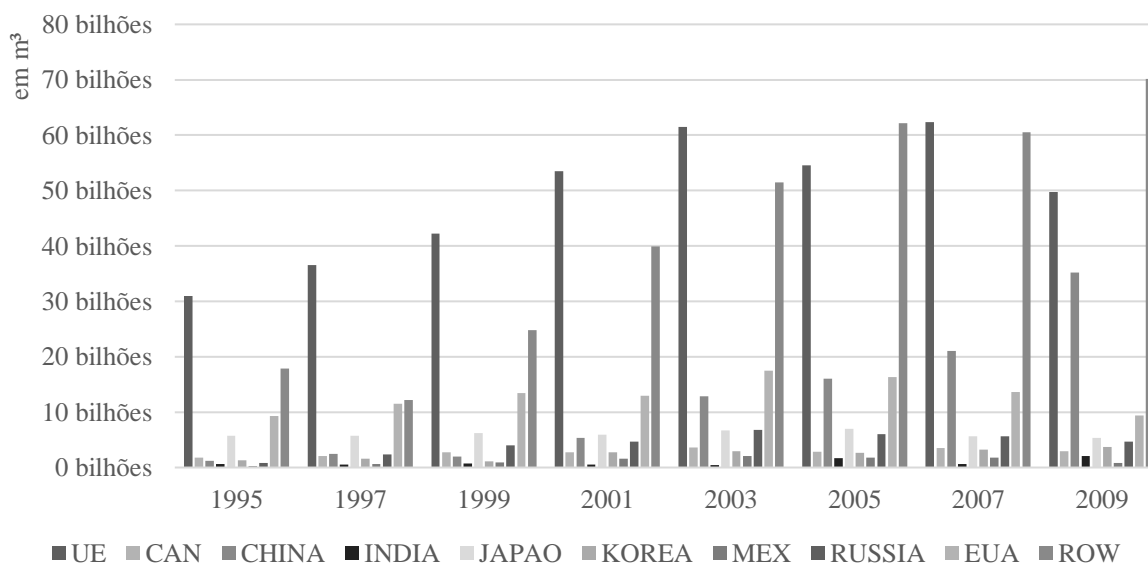
5.2 Exportação brasileira de água virtual

Por meio da extração hipotética, a relação entre o Brasil e seus principais parceiros econômicos, em termos de água virtual e valor adicionado bruto, fora mensurada. Assim,

na Figura 15 são apresentadas as diferenças do consumo de água virtual do Brasil quando esse deixa de exportar seus produtos para cada uma das regiões em análise, considerando a série histórica de 1995 e 2009.

Além dos valores apresentados em volume de água (m³), são apresentados, na Figura 16, as relações (em %) entre as diferenças no consumo de água virtual brasileira após a extração de cada grupo econômico e o volume total do consumo da água no Brasil.

Figura 15 – Diferenças no consumo de água virtual brasileira de 1995 a 2009 após extração de cada grupo econômico (em m³)



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

A extração hipotética das exportações para a União Europeia - UE representa a maior diferença no consumo de água do Brasil, considerando os anos entre 1995 e 2003 indicando um aumento de 6,59% para 9,77%. No ano de 2005, a região denominada “restante do mundo” assume a primeira colocação com consumo de aproximadamente 62 bilhões de m³, o que representou 9,71% do consumo de água brasileiro. No ano de 2007, a UE recupera a primeira colocação, nesse ano as exportações para a UE representaram 8,88%, do consumo de água virtual brasileira, conforme a Figura 16.

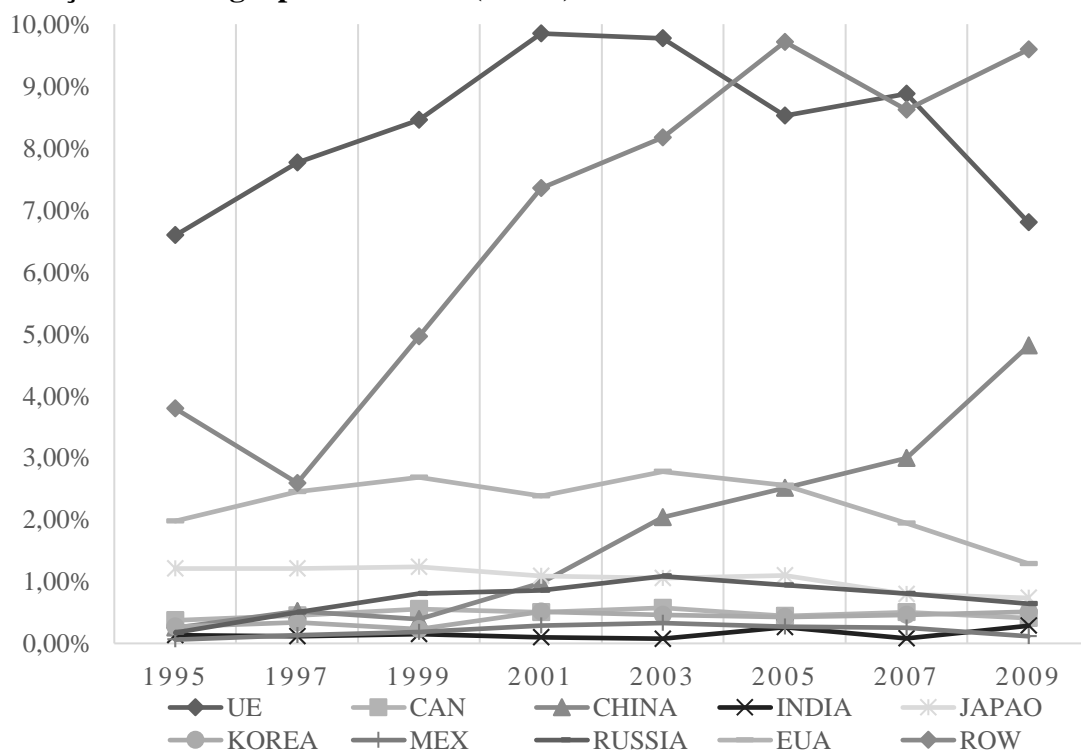
A importância brasileira para o cenário europeu, quanto ao fornecimento de água virtual, está relacionada diretamente com o comportamento das exportações brasileiras para a essa região, uma vez que no histórico de exportações, em 1995, a União Europeia ocupava primeira posição dentre o destino dos produtos brasileiros, representando 33,84% das exportações brasileiras. A União Europeia se manteve como principal destino dos produtos brasileiros até o ano de 2007, quando a partir de 2008 o Brasil conquista

espaço no mercado asiático, que passa a ser o principal importador de produtos brasileiros no ano de 2009 (*UN COMTRADE DATABASE*, 2018).

Neste contexto, destaca-se a importância do Brasil para a China no que diz respeito ao fornecimento de água virtual. Em 1995, as exportações brasileiras para a China representavam apenas 0,25% do consumo de água virtual do Brasil; em 2009, as exportações para a China passam a representar 4,81% do consumo de água virtual brasileiro, o que representou um volume de 35,2 bilhões de m³ de água.

No que diz respeito aos Estados Unidos – EUA, as exportações brasileiras para esse país em 2003 representavam 2,77% do consumo brasileiro de água virtual, o maior percentual para os EUA no período analisado; em 2009, esse valor se reduz para 1,29%. Essa redução é consequência do comportamento das exportações brasileiras para os EUA, que em 2003 representavam 22% e em 2009 representavam apenas 10,8% do total das exportações brasileiras.

Figura 16 – Diferenças no consumo de água virtual brasileira de 1995 a 2009 pela extração de cada grupo econômico (em %)



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Utilizando a mesma metodologia de extração hipotética, aplicada para o entendimento do fluxo da água virtual total brasileira, especificou-se o fluxo das águas

virtuais azul, cinza e verde. Os resultados se encontram apresentados nas seções subsequentes.

5.2.1 Exportações brasileiras de água virtual azul

Ao longo do período analisado, considerando todas as regiões analisadas, as exportações para a região denominada de Restante do Mundo (ROW) são responsáveis pelo maior consumo brasileiro de água virtual azul, seguidas pela União Europeia e pelos Estados Unidos.

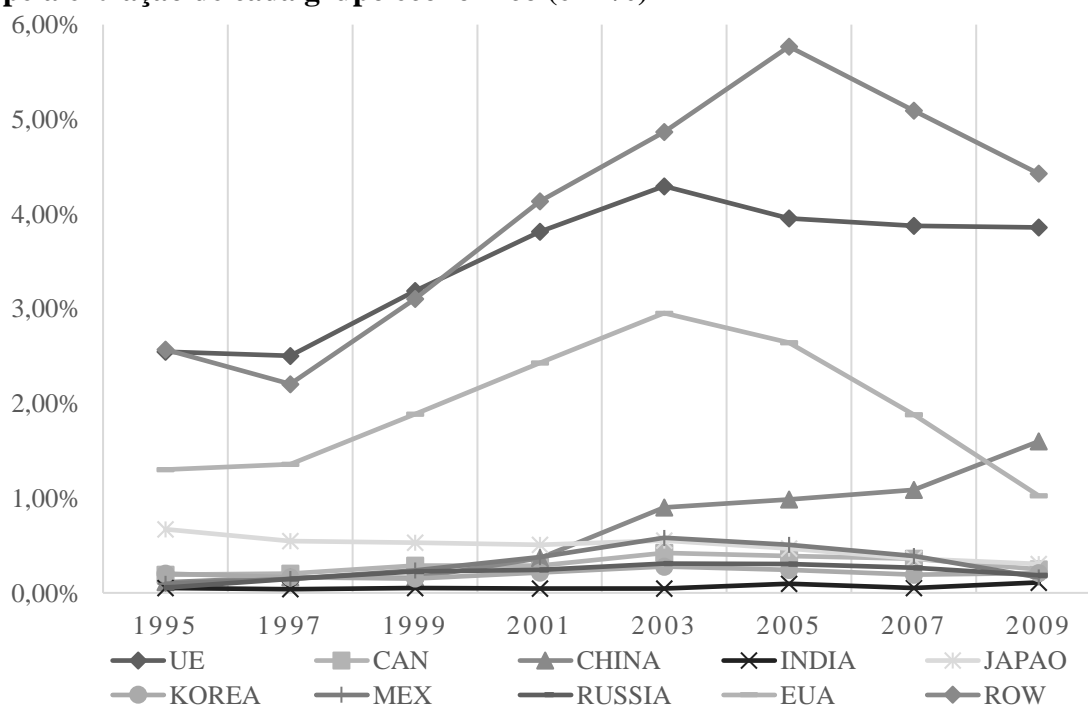
Conforme a Figura 17, o consumo brasileiro de água virtual azul vinculado às exportações para a China apresentou taxas crescentes ano após ano, considerando o período entre 1995 e 2009. Em 1995, representava 0,11% do consumo brasileiro total de água virtual azul e passou para 1,60%, em 2009. Em volume, esse crescimento indica 1,72 bilhões de m³ a mais no consumo doméstico brasileiro de água virtual azul.

O consumo brasileiro de água virtual azul vinculado às exportações para as outras regiões estudadas alcançou um pico entre 2003 e 2005 e posteriormente reduziu-se, conforme pode ser observado na Figura 17.

O Japão merece uma atenção especial por ser o único país com redução no consumo brasileiro de água virtual azul no período analisado. Em 1995, o Japão representava 0,67% do consumo total brasileiro de água virtual azul e passou a representar 0,31%, em 2009. Isso representou uma redução de 157 milhões de m³.

Pode-se inferir que essa redução tenha ocorrido devido a uma mudança significativa dos produtos brasileiros exportados para o Japão. No ano de 1995, o setor de metais representava 32% das exportações brasileiras para o Japão; em 2009, esse percentual foi reduzido para 12%; sabendo-se que o setor de Metais Básicos e metais fabricados é o segundo com maior consumo de água azul.

Figura 17 – Diferenças no consumo de água virtual azul brasileira de 1995 a 2009 pela extração de cada grupo econômico (em %)



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

5.2.2 Exportações brasileiras de água virtual cinza

No que se refere ao consumo brasileiro de água virtual cinza, nota-se novamente que, no período analisado, os maiores volumes estão vinculados às exportações para o Resto do Mundo, União Europeia, Estados Unidos e China.

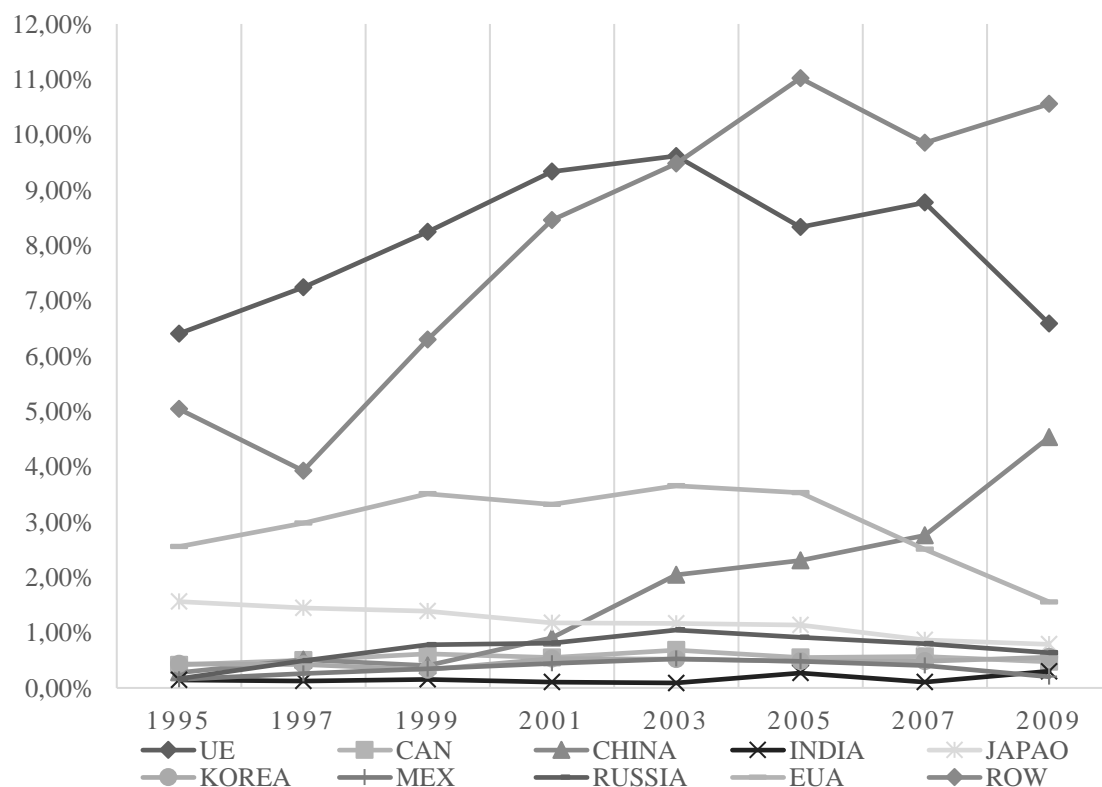
A Figura 18 ilustra o consumo brasileiro de água virtual cinza vinculado às exportações e aponta um consumo crescente da China, que representou 0,28% do consumo brasileiro de água cinza em 1995 e 4,53% em 2009, indicando crescimento de 1,36 bilhões de m³. Esse crescimento está relacionado ao aumento nas exportações de produtos agrícolas e minerais para a China (*UN COMTRADE DATABASE, 2018*), os quais, por sua vez, são setores com alto consumo de água cinza.

Para os demais grupos econômicos avaliados, observa-se comportamento flutuante, indicando períodos com crescimento e decréscimo do percentual de consumo brasileiro de água virtual cinza. Destaca-se a redução do consumo brasileiro de água virtual cinza relacionada às exportações para o Japão e para os EUA.

Essa redução está relacionada à diminuição das exportações de Metais Básicos (segundo setor com maior consumo de água cinza). As exportações de Metais Básicos para o Japão representavam 32% do total das exportações brasileiras para o Japão em

2005 e apenas 12% em 2009. No que diz respeito aos EUA, o setor de metais básicos passou de 17,25% do total das exportações brasileiras para os EUA em 1995 para 9,22% em 2009, dando maior espaço para o setor de minerais, que consome relativamente menos água cinza do que o setor de metais básicos (*UN COMTRADE DATABASE*, 2018).

Figura 18 – Diferenças no consumo de água virtual cinza brasileira de 1995 a 2009 pela extração de cada grupo econômico (em %)



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

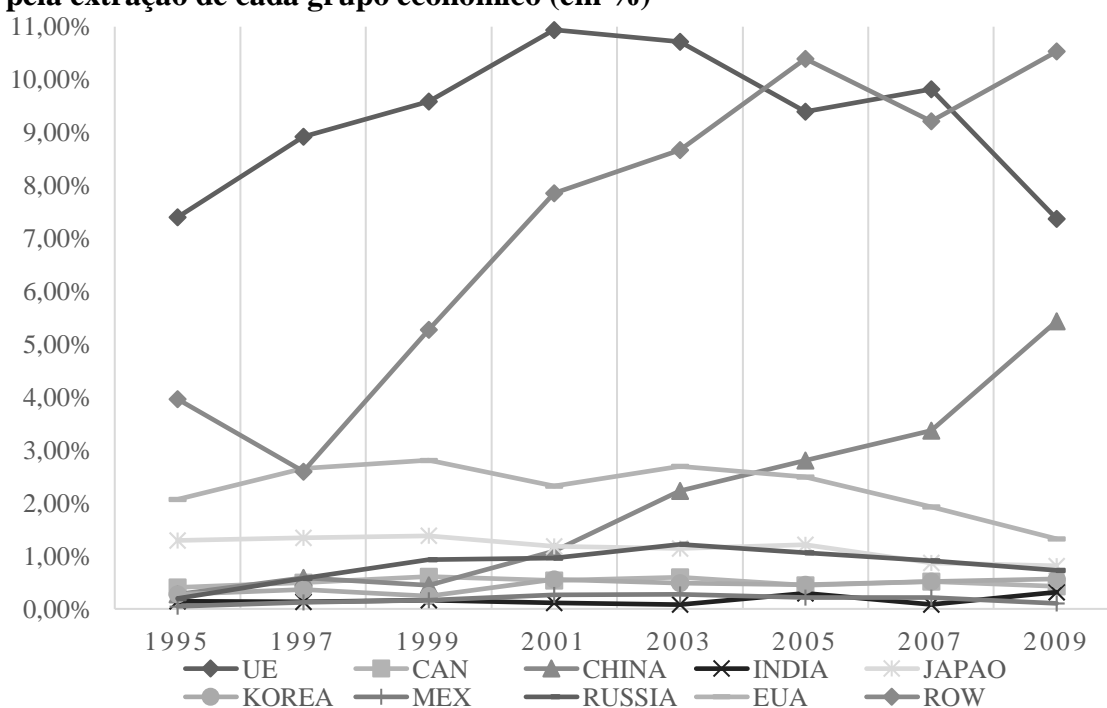
5.2.3 Exportações brasileira de água virtual verde

Por fim, tratou-se do consumo brasileiro de água virtual verde, vinculado às exportações para os principais parceiros comerciais do Brasil. A água verde é a mais consumida no processo produtivo dos produtos brasileiros, em comparação com as águas azul e cinza. Justifica-se a intensa demanda da água verde pelo elevado volume de água da chuva utilizado no processo produtivo do setor da Agricultura, Caça, Silvicultura e Pesca, uma vez que o Brasil é o segundo maior exportador agrícola do mundo (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2015).

Cabe mencionar que a participação do setor da Agricultura no total de exportações brasileiras atingiu seu pico de 36,69% em 1997, caindo para 29,08% em 2000, ganhando espaço em 2003, com 34,04%, na sequência apresentou menor participação em 2008 com 28,94% e retomou crescimento em 2009 com 33,58%. (*UN COMTRADE DATABASE*, 2018).

Diante do exposto, de acordo com a Figura 19, a variação no consumo brasileiro de água virtual verde, vinculado às exportações, foi similar às variações no percentual de exportações agrícolas no total das exportações brasileiras. Para o ano de 2009, apenas China, Coreia e Resto do Mundo indicam participações crescentes no consumo brasileiro de água virtual verde, em comparação com 2008, principalmente pelo aumento da exportação de produtos agrícolas para essas regiões.

Figura 19 – Diferenças no consumo de água virtual verde brasileira de 1995 a 2009 pela extração de cada grupo econômico (em %)



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Após tratar da água virtual vinculada às exportações brasileiras, isto é, a água que o Brasil envia “virtualmente” para os outros países, faz-se necessário tratar o fluxo de água virtual no sentido oposto, isto é, a água virtual utilizada no processo de produção dos principais parceiros comerciais brasileiros e que é “virtualmente” importada pelo Brasil.

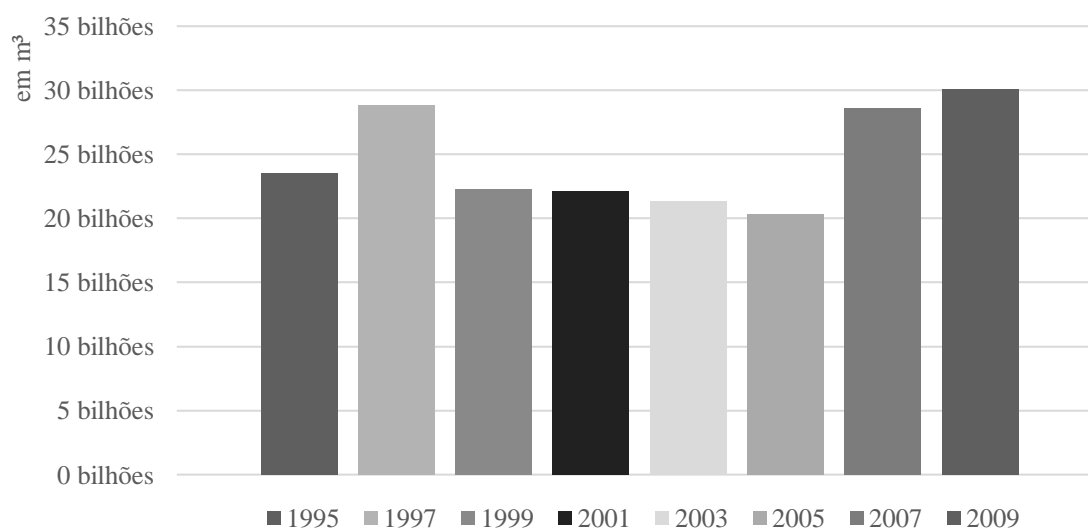
5.3 Importações brasileiras de água virtual

Da mesma forma, os produtos importados pelo Brasil incluem em seus processos produtivos águas: azul, cinza e verde do país de origem do produto de importação. Assim, a Figura 20 apresenta a variação no consumo de água virtual dos principais parceiros comerciais do Brasil, se o Brasil, hipoteticamente, deixasse de importar produtos daqueles países. Isto é, temos o consumo de água virtual do país de origem vinculado às importações brasileiras dessa região.

Quando o Brasil, hipoteticamente, deixa de importar produtos das outras regiões em análise, o consumo de água virtual dessas regiões diminuiu de forma agregada em torno de 20 a 30 bilhões de m³ por ano no período entre 1995 e 2009.

Durante o período em análise, os principais produtos da pauta de importação brasileira foram dos setores: (i) serviços: e seus produtos (a) serviços de transporte e (b) tecnologias de informação e comunicação; (ii) setor químico: e seus produtos (a) químicos orgânicos; (iii) setor de maquinários: e seus produtos (a) maquinário industrial; (iv) setor de minerais: e seus produtos (a) combustíveis minerais, óleos e graxas; (v) setor de eletrônicos: e seus produtos (a) equipamentos e máquinas eletrônicas; e (vi) setor de veículos: com o produto único (a) veículos (*UN COMTRADE DATABASE*, 2018).

Figura 20 – Consumo agregado de água virtual vinculado às importações brasileiras de todas as regiões analisadas no período de 1995 a 2009



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

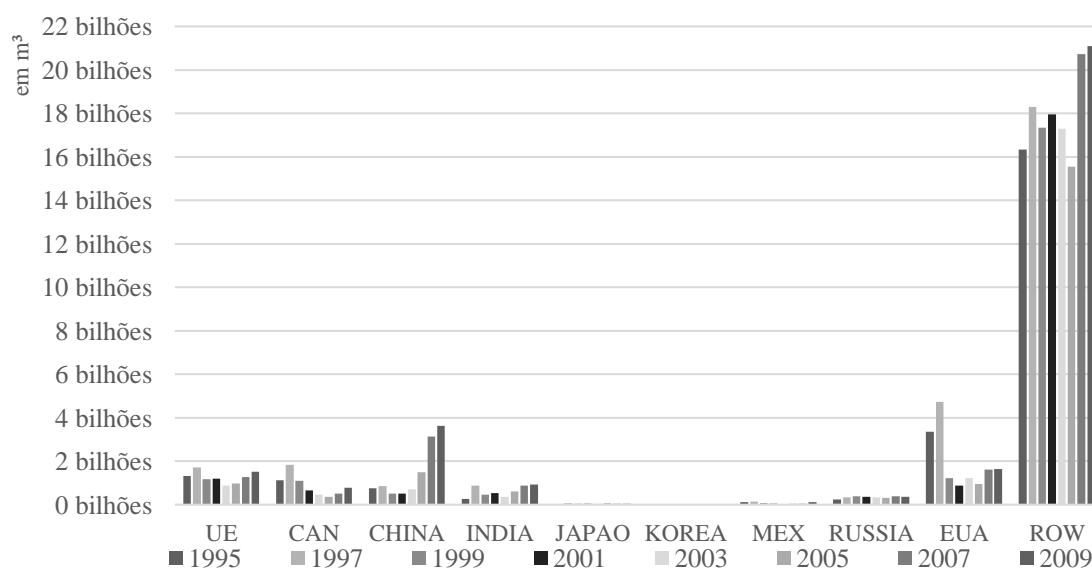
Na sequência, a Figura 21 aponta a origem da água virtual importada pelo Brasil, ou seja, indica a diferença, em volume, entre o cenário real e o cenário hipotético, no qual

o Brasil deixa de importar produtos dos demais países ou grupos econômicos analisados. De forma geral, observa-se que o bloco econômico referente ao resto do mundo é o maior responsável pelo total de água virtual importado pelo Brasil.

Além disso, destacam-se os comportamentos da China e dos Estados Unidos. Em 1995, as importações brasileiras eram responsáveis pelo consumo de 0,75 bilhões de m³ de água chinesa; em 2009, esse valor passou para 3,63 bilhões de m³ de água. Pode-se inferir que esse aumento ocorreu devido ao aumento da participação brasileira nas exportações chinesas, que eram 0,34% em 1995 e passaram para 1,02% em 2009.

No que se refere aos EUA, em 1995, as importações brasileiras eram responsáveis pelo consumo de 3,34 bilhões de m³ de água virtual americana e reduziu para 1,64 bilhões de m³, em 2009. Essa redução ocorreu mesmo com o aumento na participação brasileira no total das exportações americanas, além disso, não houve alterações na pauta de produtos importados pelo Brasil (*UN COMTRADE DATABASE*, 2018). Nesse sentido, pode-se inferir que a redução na água virtual embutida nas importações brasileiras dos EUA tenha ocorrido por alterações tecnológicas no processo produtivo daquele país.

Figura 21 – Diferenças no consumo de água virtual das regiões analisadas causadas pela extração hipotética das importações brasileiras, no período de 1995 e 2009



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

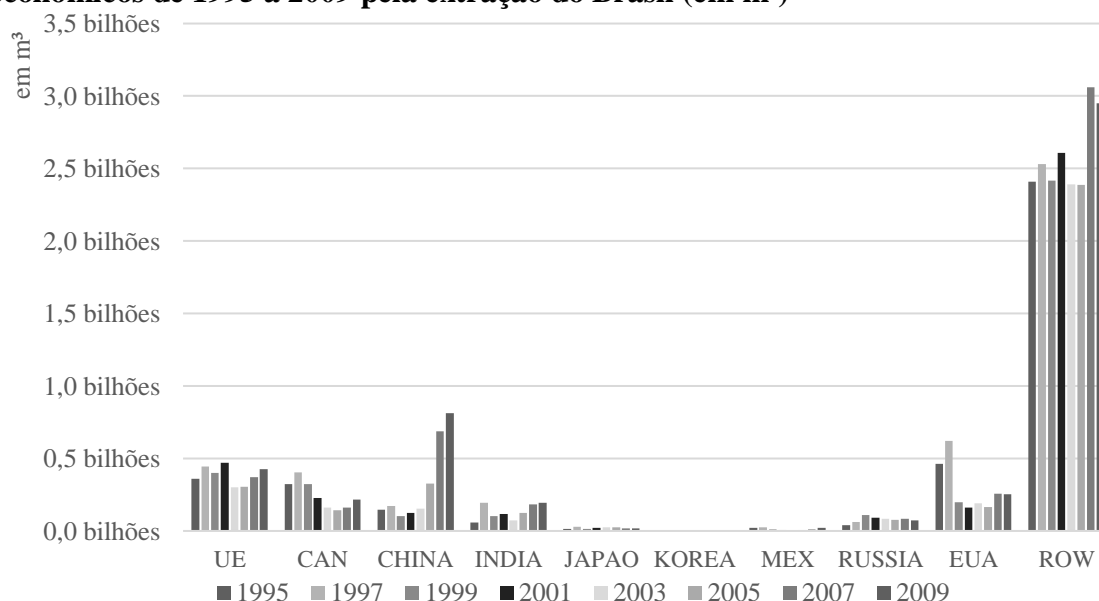
No que se refere às importações brasileiras, até o momento, analisou-se apenas o consumo de água de forma agregada no que diz respeito aos tipos de água, em sequência, será feita uma análise considerando as águas azul, verde e cinza.

5.3.1 Importações brasileiras de água virtual azul

As diferenças no consumo de água azul entre o cenário real e o hipotético, em que o Brasil deixa de importar produtos de cada um dos países analisados, são apresentadas na Figura 22.

Da mesma forma que quando se analisou o consumo de todos os tipos de água, o Restante do Mundo foi a região em que o impacto da extração hipotética das importações brasileiras foi mais significativo, ficando na ordem de 2,5 a 3,0 bilhões de m³ por ano. Seguido pela União Europeia, onde, no período analisado, a extração hipotética das importações brasileiras gerou um impacto de aproximadamente 0,5 bilhões de m³ de água virtual azul por ano.

Figura 22 – Diferenças no consumo de água virtual doméstica azul dos grupos econômicos de 1995 a 2009 pela extração do Brasil (em m³)



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

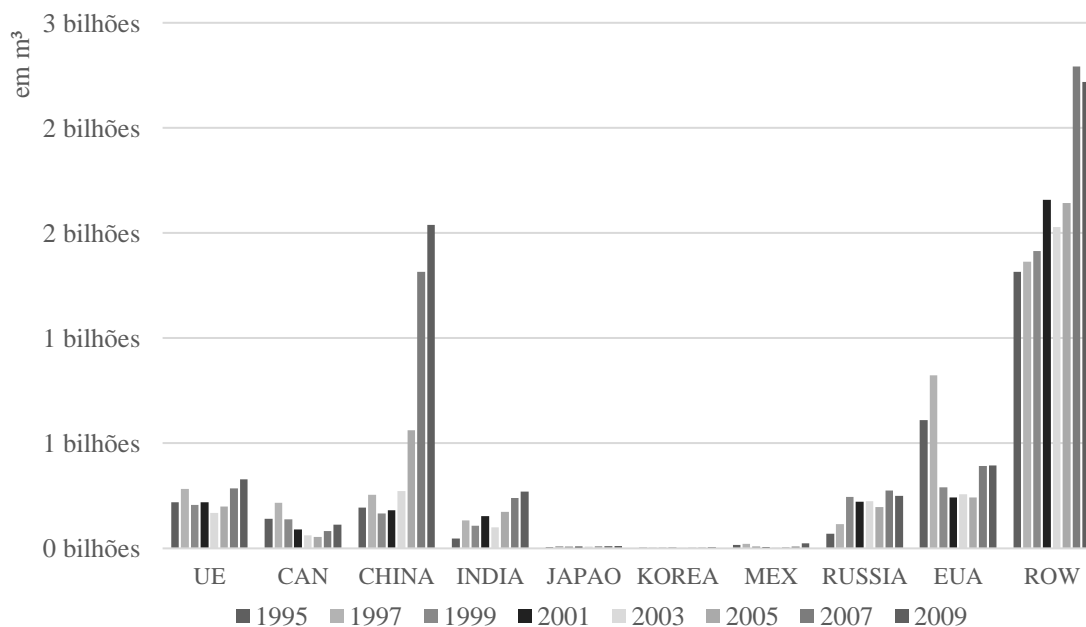
A Figura 22 também retrata a crescente participação das importações brasileiras de produtos chineses, principalmente no que se trata de produtos que demandam água virtual azul, uma vez que a diferença no consumo de água virtual chinesa, considerando o cenário real e o cenário hipotético em que se extraíram as importações brasileiras, foi na ordem de 0,30 bilhões de m³ em 2005 e passou para 0,80 bilhões de m³ em 2009. Também é importante ressaltar a redução do impacto da extração hipotética das importações brasileiras no consumo de água virtual azul dos Estados Unidos e do Canadá, que atingiram seu pico em 1997 e posteriormente apresentaram reduções substanciais, de

forma que não mais atingiram o referido pico. Por fim, destaca-se a presença da Índia como fornecedor de água virtual azul para o Brasil, na mesma ordem que os Estados Unidos e o Canadá, na faixa de 0,20 a 0,25 bilhões de m³ de água, para o ano de 2009.

5.3.2 Importações brasileiras de água virtual cinza

A Figura 23 apresenta a origem da água virtual cinza importada pelo Brasil, ou seja, indica a diferença, em volume de água virtual cinza, entre o cenário real e o cenário hipotético, no qual o Brasil deixa de importar produtos das demais regiões analisadas. De forma geral, observa-se que o volume brasileiro de importação de água virtual cinza apresentou comportamento crescente a partir do ano de 2005, em relação à maioria dos grupos econômicos ou países observados.

Figura 23 – Diferenças no consumo de água virtual doméstica cinza dos grupos econômicos de 1995 a 2009 pela extração do Brasil (em m³)



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Cabe destacar que as relações comerciais das importações brasileiras de produtos chineses têm predominância em maquinários industriais, eletrônicos, veículos e têxteis e móveis. Tal fato justifica a elevada diferença no consumo de água virtual cinza da China, quando se consideram os cenários real e hipotético, em que as importações brasileiras são suprimidas.

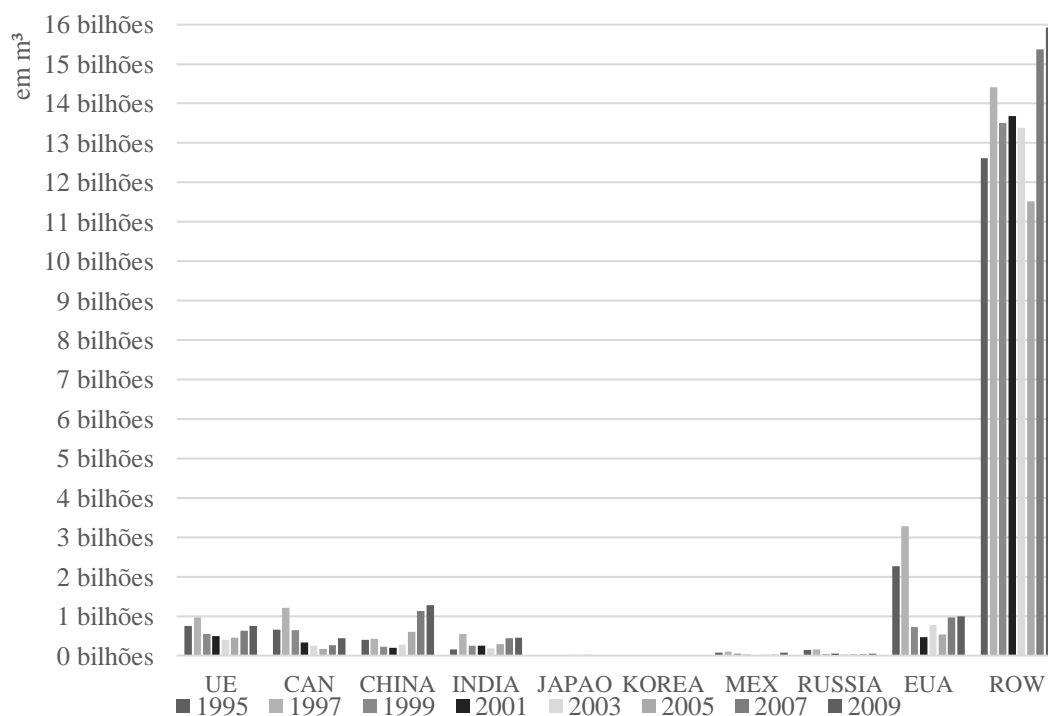
Outro país que se destaca com relação consumo de água virtual cinza vinculado às importações brasileiras é a Rússia. Pode-se inferir que as importações brasileiras de produtos russos, como: fertilizantes, metais (como o níquel) e minerais (como combustíveis minerais, óleos e graxas), sejam responsáveis pelo referido destaque, já que são setores altamente consumidores de água cinza.

5.3.3 Importações brasileiras de água virtual verde

Por fim, a Figura 24 indica as diferenças no consumo de água virtual verde dos grupos econômicos, de 1995 a 2009, quando são suprimidas hipoteticamente as importações brasileiras. Neste contexto, nota-se uma grande participação dos países do grupo do Resto do Mundo, que apresentam volumes de água virtual verde vinculados às importações do Brasil, ficando entre 13 e 16 bilhões de m³ por ano, no período analisado.

Enfim, considerando todos os tipos de água virtual, o consumo virtual de água verde vinculado às importações brasileiras é o mais significativo, aproximadamente 16 bilhões de m³ por ano, seguido do de água azul, de aproximadamente 4 bilhões de m³ por ano e do de água cinza, de aproximadamente 3,0 bilhões de m³ por ano.

Figura 24 – Diferenças no consumo de água virtual doméstica verde dos grupos econômicos de 1995 a 2009 pela extração do Brasil (em m³)



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

5.4 Avaliação do saldo brasileiro de água virtual

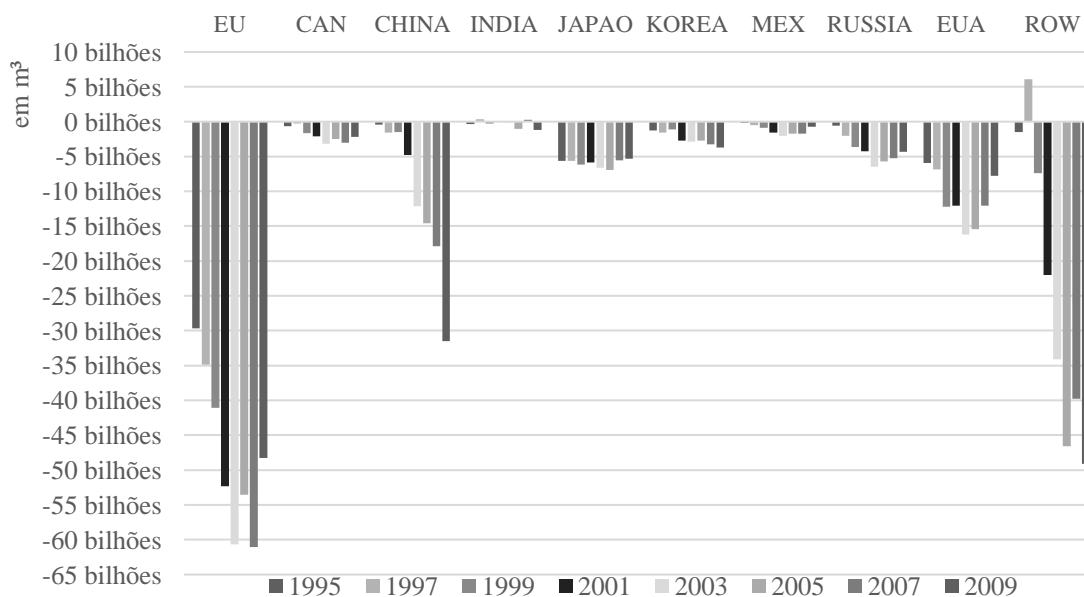
Esta seção é dedicada à análise comparativa entre a água virtual vinculada às exportações brasileiras e a água virtual vinculada às importações brasileiras. Para isso, computou-se a diferença entre os volumes de água virtual exportados e importados pelo Brasil, resultando no saldo da água virtual.

Quando o Brasil importa um produto, está economizando a água que seria utilizada no processo produtivo, caso esse produto fosse produzido internamente. Da mesma forma que, quando o Brasil exporta um produto, está exportando água. Por se tratar do uso de um recurso ambiental, a definição de saldo, para os fins da presente pesquisa, foi estabelecida como sendo o saldo: positivo ou superavitário se o país importa mais água do que exporta, ou seja, o resultado líquido do recurso ambiental no país é positivo. E negativo ou deficitário, caso contrário.

Essa definição pode auxiliar a resposta ao questionamento feito por Hoekstra (2002): quanto de água um país economiza se importar um produto ao invés de produzir internamente? No caso do Brasil, será possível identificar se o país, considerando suas importações e exportações, economiza ou dispende mais água.

Conforme observado na Figura 25, o Brasil exporta mais água para seus parceiros comerciais do que importa, ou seja, a situação brasileira é deficitária para praticamente todos as regiões em todos os anos. As exceções são apenas em 1997 e 2007 com a Índia e 1997 com Resto do Mundo.

Figura 25 – Saldo de água virtual do Brasil na série histórica de 1995 a 2009



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Isso não é necessariamente uma condição ruim, uma vez que, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2012), de forma geral, o Brasil possui uma situação confortável e está em uma condição satisfatória ao analisar o cenário global, no que diz respeito à disponibilidade de água.

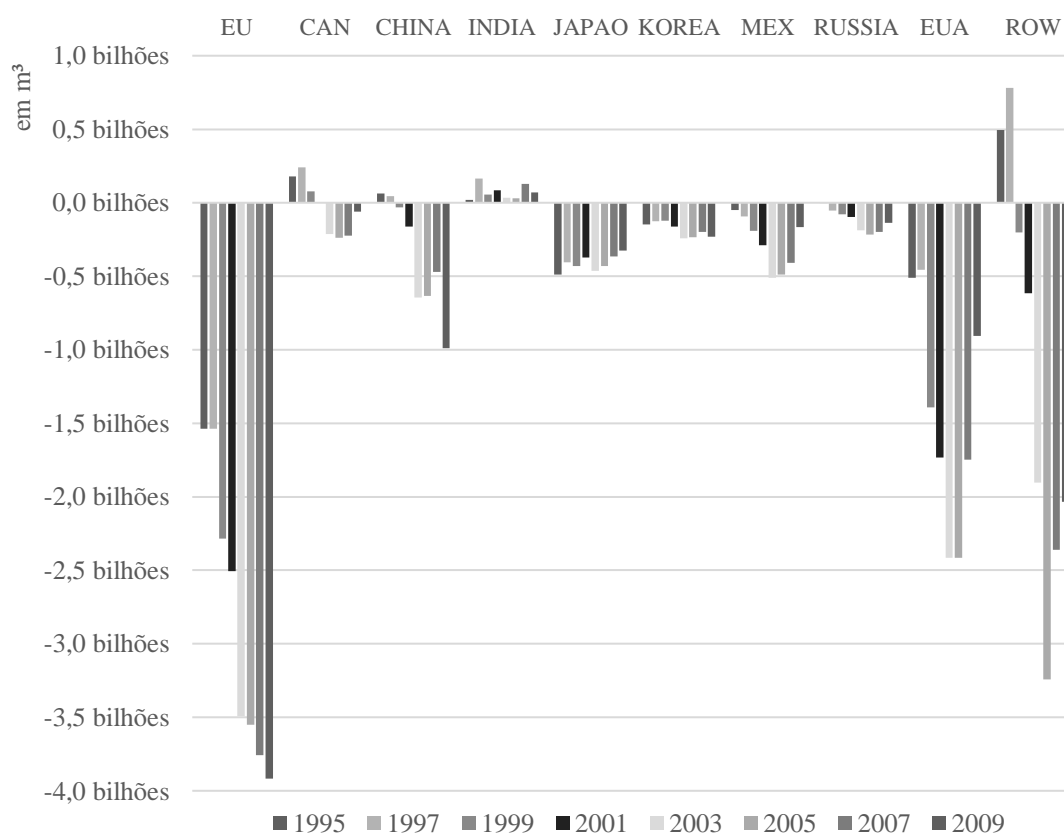
Conforme já apresentado na presente pesquisa, o cenário brasileiro é deficitário principalmente pela condição do país de grande exportador de produtos agrícolas, que são grandes demandantes de água no seu processo produtivo. Esse comportamento é condizente com a teoria econômica, que preconiza que um país deve especializar-se na produção de produtos que utilizam intensivamente recursos que são abundantes em suas fronteiras.

Neste cenário, conclui-se que o Brasil cumpre um grande papel no mundo como exportador de água, indicando saldo de exportação na ordem de 875,08 bilhões de m³ de água virtual total para os oito anos estudados. Em termos de comparação, essa quantidade de água seria suficiente para abastecer a população mundial² pelo período de 6,20 anos, baseando-se no consumo mínimo de 50 litros por pessoa ao dia ou 18,25 m³ por pessoa ao ano para sobrevivência indicado pela Organização das Nações Unidas.

Considerando uma análise específica da água virtual azul, o saldo observado na Figura 26 indica que o Brasil continua deficitário. Pode-se observar que durante os anos de 1995 e 1997, a situação do Brasil era superavitária para com Canadá, China, Índia e Resto do Mundo. Contudo, nos anos de 1999 e 2001, essa situação se manteve apenas para a relação de comércio com o Canadá e com a Índia. Sendo que, a partir de 2003 até 2009, apenas a Índia fornecia maior volume de água virtual azul em comparação ao Brasil.

Os produtos indianos mais importados pelo Brasil foram, durante todo o período analisado, majoritariamente do setor de químicos, minerais e têxteis, já as exportações brasileiras para a Índia foram majoritariamente de produtos agrícolas que são mais intensivos no consumo de água verde.

² Estimada em 7,713 bilhões de pessoas para o ano de 2019 pela ONU (2019).

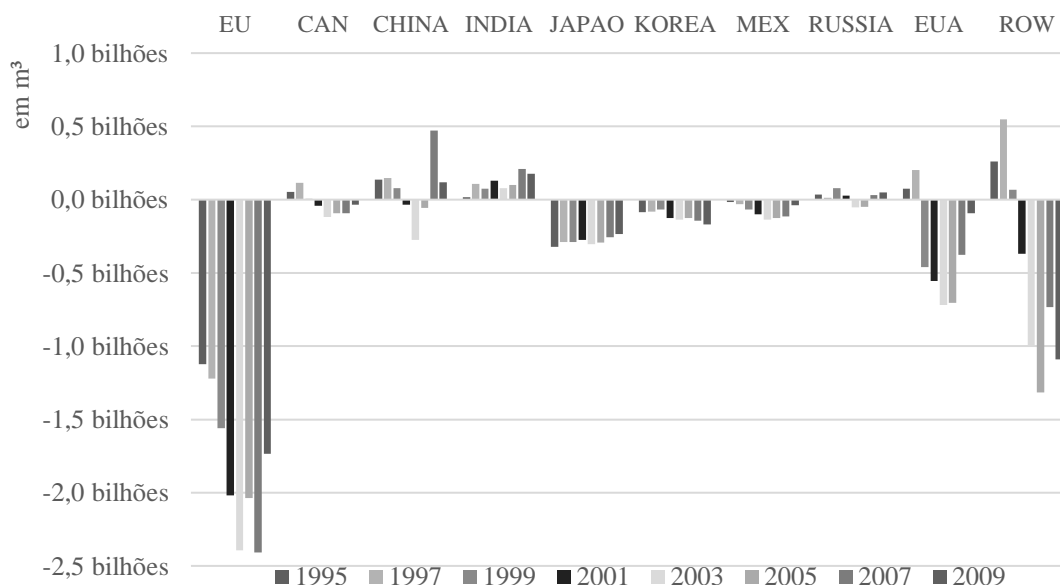
Figura 26 – Saldo de água virtual azul do Brasil na série histórica de 1995 a 2009

Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

No que tange à água virtual cinza, conforme observado na Figura 27, o Brasil apresenta mais situações superavitárias, se comparado aos demais tipos de água. São verificadas situações superavitárias com o Canadá nos anos de 1995, 1997 e 1999; a China nos anos de 1995, 1997, 1999, 2007 e 2009; a Índia no decorrer de todos os anos avaliados; a Rússia nos anos de 1995, 1997, 1999, 2001, 2007 e 2009; os Estados Unidos nos anos de 1995 e 1997; e o Resto do Mundo nos anos de 1995, 1997 e 1999.

Conforme já mencionado, o consumo de água cinza está relacionado à quantidade de água necessária para reverter a carga de poluentes gerada no processo produtivo, por isso, pode-se inferir que o saldo superavitário do Brasil em relação ao comércio com os países mencionados está relacionado à pauta de importações brasileiras desses países, que se concentra em produtos altamente elaborados, que, por sua vez, ao longo de toda a cadeia produtiva, utiliza uma quantidade significativa de água cinza.

Figura 27 – Saldo de água virtual cinza do Brasil no período de 1995 a 2009

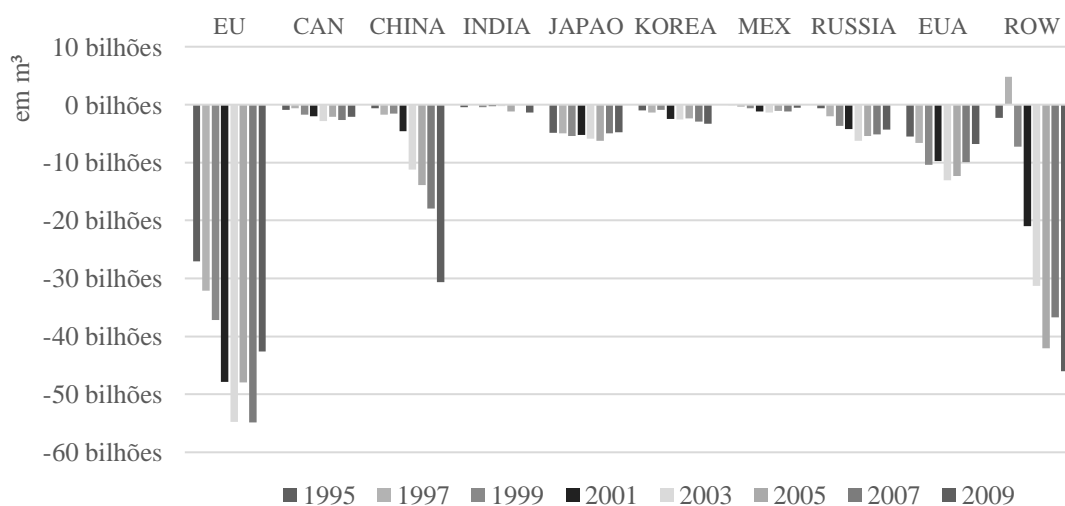


Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Enfim, apresenta-se a avaliação referente à água virtual verde, ilustrada na Figura 28. O Brasil apresentou saldo deficitário em praticamente todo o período analisado e para todas as regiões, salvo para Índia e Resto do Mundo no ano de 2007.

O saldo negativo de água virtual verde está diretamente relacionado ao fato de o Brasil ser, de acordo com a FAO (2015), o segundo maior exportador agrícola do mundo e a produção agrícola ser, entre todos os setores da economia, a maior responsável pelo consumo de água verde.

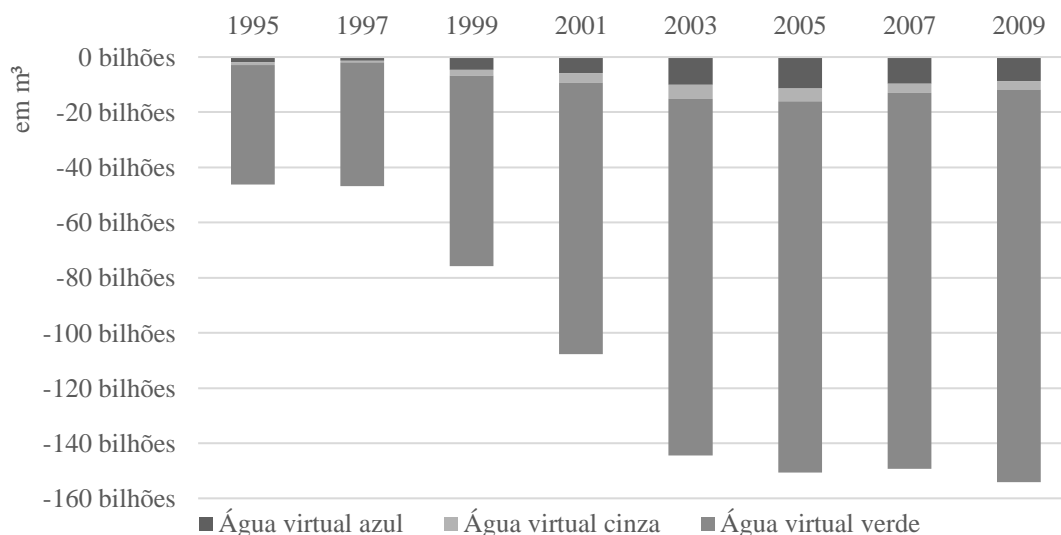
Figura 28 – Saldo de água virtual doméstica verde do Brasil na série histórica de 1995 a 2009



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Por fim, a Figura 29 representa o saldo, agregado para todas as regiões, de água virtual azul, cinza e verde no período analisado. De forma geral, nota-se um aumento na demanda de água virtual, em específico de água verde, conforme já mencionado, fortemente relacionada à produção agrícola.

Figura 29 – Saldo de água virtual doméstica azul, cinza e verde do Brasil na série histórica de 1995 a 2009



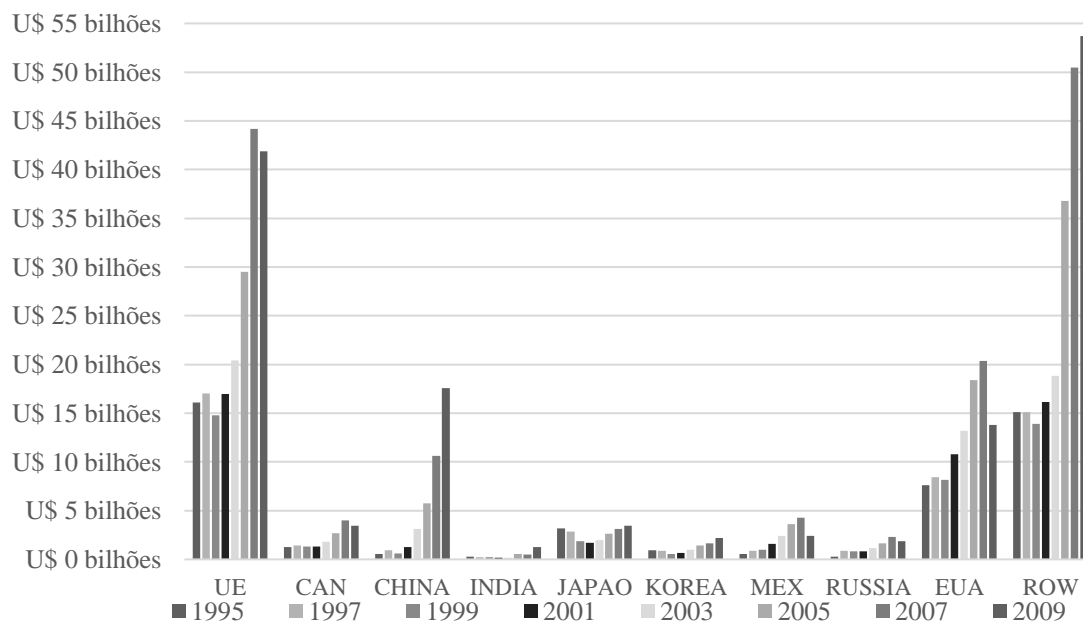
Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Depois de analisar toda a situação brasileira no que diz respeito ao fluxo de água virtual, tanto nas importações quanto nas exportações, bem como no saldo líquido das relações comerciais entre o Brasil e seus principais parceiros, será analisado o valor adicionado doméstico vinculado às exportações brasileiras e o valor adicionado gerado em cada um dos parceiros comerciais brasileiros pelas importações feitas pelo Brasil. Isso permitirá, em seguida, avaliar a relação entre o valor adicionado e a água virtual, a fim de identificar o valor adicionado médio por m^3 de água $US\$/m^3$.

5.5 Valor adicionado gerado pelo fluxo de comércio entre o Brasil e os principais parceiros comerciais

Os resultados apresentados na Figura 30 referem-se ao valor adicionado doméstico vinculado às exportações para cada uma das regiões analisadas. Observa-se a importância da União Europeia, do Resto do Mundo, dos Estados Unidos e da crescente participação da China para o valor agregado doméstico do Brasil.

Figura 30 – Valor adicionado doméstico vinculado às exportações brasileiras nos anos de 1995 a 2009

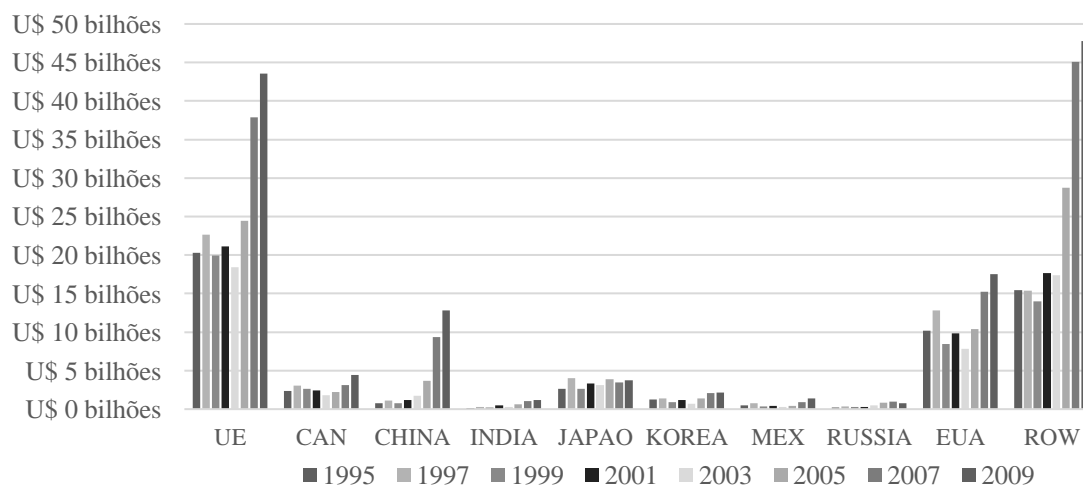


Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

De outra perspectiva, analisa-se a contribuição do Brasil para o valor adicionado dos grupos estudados, a qual pode ser observada na Figura 31.

Observa-se que, para o histórico estudado, a contribuição do Brasil se faz mais presente nos grupos econômicos nomeados por Resto do Mundo e União Europeia. Na sequência, verifica-se a importância do Brasil para os Estados Unidos e, por fim, a crescente influência na China.

Figura 31 – Contribuição do valor agregado do Brasil para os blocos econômicos nos anos de 1995 a 2009



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Por meio dos valores adicionados das exportações e importações brasileiras, é possível estimar o custo da água por m³, nos dois sentidos. Sendo assim, a Tabela 2 expressa os resultados obtidos.

Ao longo de toda a pesquisa, pode-se constatar que o Brasil é produtor e exportador de produtos que utilizam recursos hídricos de forma intensiva, por exemplo, produtos agrícolas. Desta forma, quando se realiza a divisão entre o valor adicionado e a quantidade água embutida no processo produtivo, pode-se obter o preço, em termos de valor adicionado, de cada m³ de água, praticado para cada parceiro comercial brasileiro.

Observando a Tabela 2, pode-se notar que o Brasil gera, em média, U\$ 0,67 de valor adicionado para cada m³ de água embutido nas exportações. Enquanto que os produtos importados pelo Brasil das regiões analisadas geram, naqueles países, em média, US\$ 22,29 de valor adicionado para cada m³ de água consumida.

Em função dos produtos contidos nas importações e exportações dos blocos econômicos observados, é possível identificar um alto valor adicionado médio por m³ de água do Japão e da Coreia, uma vez que a importação brasileira está relacionada a produtos eletrônicos e maquinários industriais. Na sequência, os valores adicionados mais significativos estão na água virtual importada da União Europeia, do México e dos Estados Unidos.

Tabela 2 – Relação entre o valor adicionado e o consumo de água virtual total por m³ no período entre 1995 a 2009

Bloco Econômico	Valor médio da água virtual exportada (U\$/m³)	Valor médio da água virtual importada (U\$/m³)	Saldo médio do valor da água virtual exportada - importada (U\$/m³)
União Europeia	\$ 0,51	\$ 21,10	\$ (20,59)
Canadá	\$ 0,77	\$ 3,93	\$ (3,17)
China	\$ 0,38	\$ 2,21	\$ (1,83)
Índia	\$ 0,44	\$ 0,81	\$ (0,37)
Japão	\$ 0,44	\$ 84,04	\$ (83,60)
Coreia	\$ 0,50	\$ 89,39	\$ (88,89)
México	\$ 1,73	\$ 10,80	\$ (9,07)
Rússia	\$ 0,29	\$ 1,51	\$ (1,22)
Estados Unidos	\$ 0,98	\$ 7,70	\$ (6,73)
Resto do Mundo	\$ 0,79	\$ 1,36	\$ (0,66)
MÉDIA	\$ 0,67	\$ 22,29	\$ (21,62)

Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Enfim, observa-se uma vasta exportação de recursos hídricos brasileiros que, por características específicas dos produtos exportados, no que tange à intensidade do uso de água, geram baixo valor adicionado por m³ no país quando comparado à geração de valor adicionado por m³ de água nos países de onde o Brasil importa produtos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se propôs a entender o papel do Brasil no comércio internacional de água virtual, por meio da adaptação do método proposto por Los *et al.* (2016). Foram utilizadas as matrizes de insumo-produto mundiais e as contas ambientais de 1995 a 2009 fornecidas pela *World Input-Output Database* (WIOD, 2012).

Neste contexto, concluiu-se que o Brasil é um grande exportador de água virtual e cumpre importante papel no mundo como fornecedor de água, representando a participação com volume de 875,08 bilhões de m³ de água virtual total para os oito anos estudados. Além disso, destaca-se que a água verde é a mais consumida no processo produtivo dos produtos brasileiros, em comparação com as águas azul e cinza. Justifica-se a intensa demanda da água verde pelo elevado volume de água da chuva utilizado no processo produtivo do setor da Agricultura, caça, silvicultura e pesca, uma vez que o Brasil é o segundo maior exportador agrícola do mundo (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2015).

Da mesma forma, os produtos importados pelo Brasil incluem em seus processos produtivos águas: azul, cinza e verde do país de origem do produto de importação. Contudo, o volume de água virtual importado pelo Brasil é menor do que o volume de água virtual exportado, isso se dá em função da demanda reduzida de água no processo produtivo dos principais produtos importados pelo Brasil. Cabe mencionar que, para o período em análise, os principais produtos da pauta de importação brasileira foram: (a) serviços de transporte; (b) tecnologias de informação e comunicação; (c) químicos orgânicos; (d) maquinário industrial; (e) combustíveis minerais, óleos e graxas; (f) equipamentos e máquinas eletrônicas; e (g) veículos (*UN COMTRADE DATABASE*, 2018).

Ao comparar os volumes de água virtual importados e exportados por uma nação, retoma-se ao conceito de saldo, em que, na situação de um saldo deficitário, tratando-se de um recurso hídrico, entende-se que os volumes de água exportados são maiores do que os importados. Já para um saldo superavitário, define-se a situação contrária. Essa definição pode auxiliar a resposta ao questionamento feito por Hoekstra (2002): quanto de água um país economiza se importar um produto ao invés de produzir internamente? No caso do Brasil, será possível identificar se o país, considerando suas importações e exportações, economiza ou dispende mais água.

Ao comparar as exportações e importações brasileiras de água virtual perante seus principais parceiros comerciais, verifica-se que a situação brasileira é deficitária, isto é, o país exporta mais água para seus parceiros comerciais do que importa. Isto se dá principalmente pela condição do Brasil de grande exportador de produtos agrícolas, que são grandes demandantes de água em seu processo produtivo.

Conforme observado ao longo de toda a pesquisa, pode-se constatar que o Brasil é produtor e exportador de produtos que utilizam recursos hídricos de forma intensiva, por exemplo, produtos agrícolas. Desta forma, quando se realizou a divisão entre o valor adicionado e a quantidade água embutida no processo produtivo, pode-se obter o custo implícito, em termos de valor adicionado, de cada m³ de água, praticado para cada parceiro comercial brasileiro, obtendo-se a média de U\$ 0,67 por m³ de água embutida nas exportações. Enquanto isso, os produtos importados pelo Brasil das regiões analisadas geraram, naqueles países, em média US\$ 22,29 de valor adicionado para cada m³ de água consumida.

As condições observadas não são necessariamente ruins, uma vez que, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2012), de forma geral, o Brasil possui uma situação confortável e está em uma condição satisfatória ao analisar o cenário mundial, no que diz respeito à disponibilidade de água. Além de a situação ser condizente com a teoria econômica, que preconiza que um país deve especializar-se na produção de produtos que utilizam intensivamente recursos que são internamente abundantes.

No entanto, não se descarta a necessidade de se realizar um planejamento estratégico, uma vez que se observa uma vasta exportação de recursos hídricos brasileiros que, por características específicas dos produtos exportados, no que tange à intensidade do uso de água, geram baixo valor adicionado por m³ no país, garantindo que o país mantenha sua posição confortável quanto à disponibilidade de água, de modo a não acarretar situações de estresse hídrico quanto ao abastecimento interno do país.

Outras análises semelhantes à realizada neste trabalho são essenciais, principalmente quando forem disponibilizados dados para anos mais recentes, de modo a comparar o valor adicionado que os produtos geram quanto aos cenários de importação e exportação de água virtual brasileiro, identificando se houve diferenças quanto ao período de 1995 a 2009, apresentado no presente trabalho.

7. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL), INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E QUALIDADE AMBIENTAL. **Contas econômicas da água no Brasil 2013-2015**. Brasília, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**, Brasília, 2017.

AURÉLIEN GENTY. **Final database of environmental satellite accounts: technical report on their compilation**, WIOD deliverable 4.6, documentation, 2012, downloadable at http://www.Wiod.Org/publications/source_docs/environmental_sources.Pdf

BLENINGER, Tobias; KOTSUKA, Luziadne K. **Conceitos de água virtual e pegada hídrica: estudo de caso da soja e óleo de soja no Brasil**. Revista Recursos Hídricos, Vol. 36, nº01, 15-24, 2015.

DIETER, C.A., MAUPIN, M.A., CALDWELL, R.R., HARRIS, M.A., IVAHNENKO, T.I., LOVELACE, J.K., BARBER, N.L., AND LINSEY, K.S., **Estimated use of water in the United States in 2015: U.S.** Geological Survey Circular 1441, 65 p., 2018 <https://doi.org/10.3133/cir1441>.

GONÇALVES JÚNIOR, C. A.; SHIKIDA, P. F. A.; LOPES, R. L. **A importância de um Banco de Desenvolvimento da Geração de Emprego e Renda no Estado do Paraná: o caso BRDE**. Revista Paranaense de Desenvolvimento, V.34, n. 125, Curitiba, 2013.

GUILHOTO, Joaquin José Martins. **Análise de insumo-produto: teoria e fundamentos**. Livro em elaboração. Departamento de Economia. FEA-USP, 2011.

HOEKSTRA, A. Y. **Virtual water trade – Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade**. Value of water: Research report series, n. 12, UNESCO/IHE, 2002.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALADAYA, M. M.; MEKONNEN, M.M. **Manual de avaliação da pegada hídrica – Estabelecendo o padrão global.** Earthscan, 2011.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. **Virtual water trade – A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade.** Value of water: Research report series, n. 11, UNESCO/IHE, 2002.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. **Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products.** Value of water: Research report series, n. 13, UNESCO/IHE, 2003.

LEONTIEF, Wassily. **Structure of the world economy – Outline of Simple Input-Output Formulation.** Nobel Memorial Lecture, Economic Sciences, 1973.

LIMA, J. A.; DAMBROS, M. V. R.; ANTONIO, M. A. P. M.; JANZEN, J. G.; MARCHETTO, M. **Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia.** Revista Engenharia Sanitária. V.16 n.3, 2011.

LOS, B.; TIMMER, M. P.; DE VRIES, G. J. **Tracing value-added and double counting in gross exports: comment.** Review of international economics, 1958-1966, 2016.

LUCK, M.; LANDIS, M.; GASSERT, F. **Aqueduct water stress projections: decadal projections of water supply and demand using CMIP5 GCMs.** World Resources Institute – Technical Note, 2015.

LUO, T., R. YOUNG, AND P. REIG. **Aqueduct projected water stress rankings.** Technical note. Washington, DC: World Resources Institute, 2015. Disponível em: <http://www.wri.org/publication/aqueduct-projected-water-stress-country-rankings>.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. **National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption.** Value of water: Research report series, n. 50, UNESCO/IHE, 2011.

MILLER, Ronald E.; BLAIR, Peter D. **Input-Output Analysis – Foundations and Extensions.** Segunda Edição, Cambridge, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Painel Nacional de Indicadores Ambientais – Relação entre Demanda Total e Oferta de água superficial.** 2012, disponível em: http://www.mma.gov.br/pnia/Arquivos/Temas/Recursos_Hidricos_RHI/1_Disponibilizada/RHI_1_1_A/texto_RHI_1_1.pdf.

OECD, **OECD Factbook 2015-2016: Economic, Environmental and Social Statistics**. OECD Publishing, Paris, 2016.

OLIVO, Andréia M.; ISHIKI, Hamilton M. **Brasil frente à escassez de água**. Colloquium Humanarum. Vol. 11, No. 3., Presidente Prudente, 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA, **Perspectivas agrícolas 2015-2024**, 2015.

PIMENTEL, D.; BERGER, B.; FILIBERTO, D.; NEWTON, M.; WOLFE, B.; KARABINAKIS, E.; CLARK, S.; POON, E.; ABBETT, E.; NANDAGOPAL, S. **Water resources: agricultural and environmental issues**. Bioscience, v. 54 n. 10, p. 909-918, 2004.

SILVA, V. P. R.; OLIVEIRA, S. D., HOEKSTRA, A. Y., NETO, J. D., CAMPOS, J. H. B. C.; BRAGA, C. C.; ARAÚJO, L. E. A.; ALEIXO, D. O.; BRIUTO, J. I. B.; SOUZA, M. D.; HOLANDA, R. M. **Water Footprint and Virtual Water Trade of Brazil**. Water, 2016.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT & DEVELOPMENT; **Agenda 21**. Rio de Janeiro, Brasil, 1992.

UNITED NATIONS, **World Water Development Report 2018 – Nature-Based Solutions for water**. UNESCO, França, 2018.

UNITED NATIONS. **UN Comtrade Database, 2018**. Disponível em: <http://comtrade.un.org>.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects 2019: Highlights**. Department of Economic and Social Affairs. New York, 2019

VISENTIN, Jaqueline Coelho. **O uso da água e a interdependência das economias regionais: o caso das Bacias Hidrográficas brasileiras**. Tese. Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED); **Our Common Future (OCF)**. Oxford: Oxford University Press, 1987, reimpresso em 2009.

YANG, H.; WANG, L.; ABBASPOUR, K. C.; ZEHNDER, A. J. B. Virtual water trade: an assessment of water use efficiency in the international food trade. **Hydrology and Earth System Sciences**, 2006.

ZUFFO, Antonio; ZUFFO, Monica. **Gerenciamento de Recursos Hídricos: Conceituação e Contextualização**. Elsevier Brasil, 2017.