

TEXTO PARA **DISCUSSÃO**

2756

**USO DE ÁGUA NO BRASIL:
O PAPEL DO EFEITO TECNOLÓGICO**

**JAQUELINE COELHO VISENTIN
LEONARDO SZIGETHY**



**USO DE ÁGUA NO BRASIL: O PAPEL DO
EFEITO TECNOLÓGICO**

**JAQUELINE COELHO VISENTIN¹
LEONARDO SZIGETHY²**

1. Pesquisadora do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura (Diset) do Ipea. *E-mail*: <coelhovisentin@gmail.com>.

2. Pesquisador do PNPD na Diset/Ipea. *E-mail*: <leonardo.szigethy@ipea.gov.br>.

Governo Federal

Ministério da Economia

Ministro Paulo Guedes

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

ERIK FIGUEIREDO

Diretor de Desenvolvimento Institucional

MANOEL RODRIGUES JUNIOR

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia**

FLÁVIA DE HOLANDA SCHMIDT

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

JOSÉ RONALDO DE CASTRO SOUZA JÚNIOR

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

NILO LUIZ SACCARO JÚNIOR

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de

Inovação e Infraestrutura

ANDRÉ TORTATO RAUEN

Diretora de Estudos e Políticas Sociais

LENITA MARIA TURCHI

**Diretor de Estudos e Relações Econômicas e
Políticas Internacionais**

IVAN TIAGO MACHADO OLIVEIRA

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação

ANDRÉ REIS DINIZ

OUVIDORIA: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2022

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).
Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: Q25; R15; Q55.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2756>

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	6
2 METODOLOGIA E DADOS.....	7
3 RESULTADOS	14
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	21

SINOPSE

Entre 2013 e 2016, diversas regiões do Brasil sofreram com algum evento de escassez, seca e/ou possibilidade de racionamento de água. Porém, a captação direta de Água Azul para uso consuntivo cresceu 6,38% no período. Por sua vez, a tecnologia é considerada um fator cada vez mais importante para o uso sustentável dos recursos naturais. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é investigar o papel do efeito tecnológico sobre as variações no volume utilizado de água no Brasil entre 2013 e 2017. Para isso, são utilizadas matrizes insumo-produto ambientalmente estendidas e a análise de decomposição estrutural. Entre os principais resultados, destaca-se que o efeito tecnológico não tem contribuído para contrapor à pressão pelo crescimento do uso de água em geral. A partir desse tipo de identificação, o método proposto pode gerar informações úteis às políticas públicas em direção ao uso sustentável da água.

Palavras-chave: efeito tecnológico; água; insumo-produto.

ABSTRACT

Between 2013 and 2016, several regions in Brazil suffered from some event of scarcity, drought and/or the possibility of water rationing. However, the direct abstraction of Blue Water for consumptive use grew 6.38% in the period. In turn, technology is considered an increasingly important factor for the sustainable use of natural resources. In this context, the objective of this article is to investigate the role of the technological effect on variations in the volume of water used in Brazil between 2013 and 2017. To meet this objective, environmentally extended input-output matrices and Structural Decomposition Analysis are used. Among the main results, it is highlighted that the technological effect has not contributed to counteract the pressure for the growth of water use in general. From this type of identification, the proposed method can generate useful information for public policies towards the sustainable use of water.

Keywords: technological effect; water; input-output.

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos têm papel fundamental para qualquer sociedade, seja para o funcionamento dos ecossistemas, para a saúde humana ou para as atividades econômicas. Porém, quando o uso inadequado e/ou ineficiente desses recursos ocorre, podem ser gerados impactos em sua quantidade e qualidade.

O Brasil detém uma das maiores disponibilidades de água do mundo. Contudo, a distribuição da população e das atividades produtivas demandantes da água não seguem a distribuição natural da água, gerando problemas de disponibilidade e qualidade.

A maior parte da água doce no Brasil está na Amazônia, cerca de 80%. No entanto, apenas cerca de 5% da população nacional se concentra nessa região. Ao mesmo tempo, grande parte da população e das atividades econômicas estão nas regiões Sudeste, Nordeste e Sul, as quais detêm menor segurança hídrica, seja pela baixa disponibilidade, alta demanda ou alta taxa de poluição das águas (ANA, 2019b).¹

Destaca-se ainda o alto percentual de perdas de água pelas atividades econômicas no país, que chega em média a mais de 30% nos sistemas de saneamento e mais de 50% nos sistemas agrícolas. Adicionalmente, verificam-se crescentes conflitos em torno do uso de água em algumas localidades (Santos e Kuwajima, 2019).

Entre 2013 e 2016, diversas regiões do Brasil sofreram com algum evento de escassez, seca e/ou possibilidade de racionamento (ANA, 2019b). Porém, a captação direta de Água Azul² para uso consuntivo³ cresceu 6,38% no período.

Nesse contexto, é importante destacar que a tecnologia é considerada um fator cada vez mais importante para o uso sustentável dos recursos naturais. De acordo com uma das abordagens da

1. Devido à Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, conhecida como o Marco Legal do Saneamento Básico, a ANA ganha a atribuição de regulação sobre o saneamento, incorporando o Saneamento Básico em seu nome.

2. Água disponível nos corpos hídricos superficiais e subterrâneos (Hoekstra *et al.*, 2011).

3. Os usos consuntivos se referem ao uso de água fora do corpo hídrico de modo a não retornar ao mesmo curso de água (ANA, 2013).

economia do meio ambiente,⁴ a chamada economia ambiental, pode ser possível combinar crescimento econômico e sustentabilidade ambiental por meio da utilização de tecnologias eficientes no uso desses recursos (Amazonas, 2002), o chamado efeito tecnológico.

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é investigar o papel do efeito tecnológico sobre as variações na captação direta de Água Azul para uso consuntivo no Brasil entre 2013 e 2017. Para isso, são utilizadas Matrizes Insumo-Produto (MIPs) ambientalmente estendidas, com dados da ANA, e a análise de decomposição estrutural, a nível nacional para o período mencionado.

Por sua vez, os resultados desta pesquisa podem contribuir para a geração de informações úteis ao desenvolvimento e aplicação de mecanismos de incentivo em direção ao uso sustentável da água.

O restante deste artigo é composto por quatro seções. Na seção dois são apresentados a metodologia e os dados utilizados. A seção três é dedicada aos resultados e na seção quatro são tecidas as considerações finais.

2 METODOLOGIA E DADOS

Para o atingir o objetivo proposto, são utilizadas MIPs ambientalmente estendidas, isto é, a combinação das MIPs com informações sobre o uso de recursos naturais, medido por meio de variáveis físicas, tal como em metros cúbico por segundo (m^3/s), e a análise de decomposição estrutural, a nível nacional para o período entre 2013 e 2017.

As análises baseadas em modelos insumo-produto são resumidas na figura 1. Cada linha da matriz Z indica o fluxo intersetorial, isto é, o consumo intermediário de bens e serviços de cada setor. A matriz Y registra o consumo final, dividido em consumo das famílias, consumo governamental, exportações, formação bruta de capital fixo e variação de estoques. As linhas abaixo das matrizes Z e Y registram as despesas com importações, impostos indiretos líquidos e o valor adicionado (remuneração aos serviços dos fatores de produção). Os totais das colunas e das linhas da matriz (vetor X e X') registram a produção total de cada setor e devem ser iguais, indicando o equilíbrio da economia no qual as despesas de cada setor são iguais às suas respectivas receitas.

4. A economia do meio ambiente é dividida em duas linhas: i) a economia ambiental; e ii) a economia ecológica. A linha de acordo com a qual pode não haver um *trade-off* entre o crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental se refere à economia ambiental. Para a economia ecológica, esse *trade-off* necessariamente existe (Amazonas, 2002).

FIGURA 1
Relações fundamentais de insumo-produto

Setores de origem	Setores de Destino	Demanda Final (Y)	Produção Total (X)
	Consumo Intermediário (Matriz Z)		
	Importação (I)		
	Impostos Indiretos Líquidos (IIL)		
	Valor Adicionado (W)		
	Produção Total (X)		

Fonte: Guilhoto (2011).
Elaboração dos autores.

Os principais pressupostos na utilização da metodologia de insumo-produto são: i) equilíbrio econômico a um dado nível de preços; ii) inexistência de ilusão monetária por parte dos agentes econômicos; iii) retornos constantes à escala; e iv) preços constantes (Haddad *et al.*, 1989).

No modelo insumo-produto a economia é dividida em n setores, sendo X_i o valor bruto da produção do setor i , Y_i a parcela da produção do setor i que se destina à demanda final e Z_{ij} a parcela da produção do setor i que se destina ao setor j . A partir dessas definições, tem-se o seguinte sistema de equações lineares:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= Z_{11} + Z_{12} + \dots + Z_{1n} + Y_1 \\
 X_2 &= Z_{21} + Z_{22} + \dots + Z_{2n} + Y_2 \\
 &\vdots \\
 X_i &= Z_{i1} + Z_{i2} + \dots + Z_{in} + Y_i \\
 &\vdots \\
 X_n &= Z_{n1} + Z_{n2} + \dots + Z_{nn} + Y_n .
 \end{aligned} \tag{1}$$

A partir do referido sistema de equações, deriva-se a matriz de coeficientes técnicos A , onde obtém-se cada elemento a_{ij} dividindo-se a parcela de insumo absorvida por cada setor j pelo total da produção do setor j , conforme descrito a seguir.

$$a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{X_j} . \tag{2}$$

Se, por exemplo, o setor 1 opera a um nível de produção exatamente necessário para satisfazer as necessidades de insumos dos n setores, bem como a demanda final, seu nível de produção precisa satisfazer a seguinte equação:

TEXTO para DISCUSSÃO

$$X_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n + Y_1. \quad (3)$$

Rearranjando esta equação, estimando-a para todos os setores (o que permite derivar as equações na forma matricial) e pré-multiplicando os dois lados da equação por $(I - A)^{-1}$ tem-se:

$$X = (I - A)^{-1}Y, \quad (4)$$

em que $(I - A)^{-1}$ é chamada de matriz inversa de Leontief ou matriz tecnológica. X é a quantidade de produção necessária para atender à demanda intermediária dos n setores e à demanda final Y .

Cada elemento da matriz inversa de Leontief representa a quantidade necessária de insumos diretos e indiretos do setor i por unidade monetária de demanda final para a produção do setor j .

Conforme mencionado, as MIPs ambientalmente estendidas se referem à combinação dos referidos fluxos monetários com informações sobre os fluxos físicos relacionados ao uso de recursos naturais. No caso desta pesquisa, os fluxos físicos se referem ao uso de água por parte das atividades econômicas.

Para combinar essas informações, estima-se a intensidade hídrica dos setores, conforme descrito a seguir. Em seguida aplicam-se esses dados no modelo monetário, como apresentado na equação (9).

$$N = M \cdot \hat{X}^{-1}. \quad (5)$$

$$M = N \cdot X, \quad (6)$$

em que N é o vetor de intensidade hídrica, ou seja, o total de Água Azul captada diretamente para uso consuntivo por setor, dividido pelo total da produção do referido setor no referido ano. M é o vetor do total setorial de captação direta de Água Azul para uso consuntivo. X é a quantidade de produção necessária para atender à demanda intermediária dos n setores e à demanda final Y , conforme mencionado na descrição das variáveis da equação (4).

A partir de duas ou mais MIPs para diferentes anos, é possível desagregar o total de mudanças ocorridas no período em alguns aspectos e discriminar as causas dessas mudanças em componentes.

Por exemplo, a variação no produto total entre dois períodos pode estar parcialmente associada a mudanças na tecnologia, refletidas inicialmente em alterações nos coeficientes da matriz inversa de Leontief, como também pode estar associada a mudanças na demanda final.

Avançando no processo de desagregação, o total de mudanças nos coeficientes da matriz inversa de Leontief pode ser desagregado, sendo uma parte associado a mudanças tecnológicas dentro de cada setor, como reflexo de mudanças nos insumos da matriz de coeficientes diretos, e outra parte relacionada a alterações no *mix* de produtos dentro de cada setor.

De modo similar, as variações na demanda final podem ser, em parte, reflexos de alterações no nível total de demanda final e também relacionadas às mudanças na composição da demanda final (Dietzenbacher e Los, 2000).

As origens da utilização da técnica de análise de decomposição estrutural remontam aos trabalhos seminais de Leontief (Skolka, 1989). Desde então, essa metodologia tem sido aplicada para o atendimento de distintos objetivos.

Haddad *et al.* (2020) mensuraram o impacto da crise econômica nas diferentes regiões da Grécia. Gonçalves Junior, Guilhoto e Lopes (2015) analisaram as variações nas importações brasileiras no período entre 1990 e 2009. Sesso Filho *et al.* (2010) estudaram as causas das variações no emprego no Brasil entre 1991 e 2003. Su e Ang (2012) e Hoekstra e Van den Bergh (2003) apresentam diferentes aplicações desta técnica, cobrindo um vasto período.

Adicionalmente, há experiência na literatura com a aplicação da análise de decomposição estrutural em economia do meio ambiente. Alcántara e Duarte (2004) identificaram as fontes das diferenças na intensidade energética nos países da União Europeia (UE), enquanto Butnar e Llop (2011) analisaram mudanças na emissão de dióxido de carbono (CO₂) nos setores de serviços na Espanha para o período entre 2000 e 2005.

Entre as pesquisas que utilizam essa metodologia para o estudo da mudança no uso da água, se destacam as realizadas para a China, Estados Unidos, Europa (com foco na Espanha), entre outras regiões (Wang, Small e Dzombak, 2014; 2015; Yang *et al.*, 2015; Duarte, Pinilla e Serrano, 2016; 2018; Wan *et al.*, 2016; Llop 2019; Gerverni, Avelino e Dall'erba, 2020; Avelino e Dall'erba, 2020). Dentre esses estudos, se destacam os descritos a seguir.

Wang *et al.* (2014) analisaram a influência de cinco fatores (intensidade no uso da água, estrutura tecnológica, população, produto interno bruto (PIB) *per capita* e estrutura de consumo) na captação de água durante 1997 e 2002 para 134 setores nos Estados Unidos. Os autores apontam que o aumento na população, no PIB *per capita* e na intensidade no uso da água foram os responsáveis por aumentarem o uso de água no período, apesar da tecnologia e as mudanças no padrão de consumo mitigarem esse aumento.

Wang, Small e Dzombak (2015), em uma atualização do estudo para 2005 e 2010, mostram que a redução na captação de água no período foi impulsionada por uma queda na intensidade do uso de água, devido às mudanças na estrutura tecnológica e à redução do PIB *per capita*. Por sua vez, o crescimento populacional e as mudanças nos padrões de consumo neutralizaram esses efeitos, contribuindo positivamente para um aumento no uso da água.

Wan *et al.* (2016) utilizaram um modelo insumo-produto multirregional baseado na decomposição estrutural para compreender os determinantes do fluxo de Água Cinza⁵ para 35 setores de 40 países entre o período de 1995 a 2009. Entre os resultados, destacaram a importância do efeito tecnológico para frear o aumento de poluição global da água, enquanto o efeito escala é tradicionalmente um fator dominante no aumento da poluição.

Llop (2019) analisou as mudanças na intensidade do uso da água compreendendo dez setores na Catalunha para 2004 e 2007. Os resultados mostram uma redução da intensidade hídrica regional. As mudanças anuais na intensidade do uso da água são explicadas no estudo pela menor contribuição da agricultura para o PIB e a redução no uso residencial de água em relação ao PIB regional.

Gerverni, Avelino e Dall'erba (2020) utilizam a decomposição para explicar os fatores do aumento do uso de água na produção agrícola por tipo de cultura nos países da UE entre 1995 e 2011. Os resultados apontam que a tecnologia foi responsável pelo aumento no uso da água nos maiores produtores. Por outro lado, países produtores que convivem com escassez de água diminuíram seu consumo de água devido à melhoria na intensidade da água.

Avelino e Dall'erba (2020), seguindo e detalhando os trabalhos de Wang, Small e Dzombak (2014; 2015), analisaram as mudanças do uso da água em dezoito fatores que abrangem determinantes nacionais e estrangeiros. Os autores analisaram a evolução da captação de água para uso em oito culturas diferentes e seis tipos de gado, comparando as tendências entre 1995-2005 e 2005-2010 para explicar o papel da crise econômica no segundo período nos Estados Unidos. Entre os resultados, concluem que a redução na captação de água para a maioria das culturas foi impulsionada principalmente pela diminuição da intensidade no uso de água e pela tecnologia – que pode ser explicada pelo aumento da eficiência dos sistemas de irrigação –, enquanto a demanda final mitigou essa queda devido à demanda externa por produtos intensivos em água.

Após essas considerações, é importante mencionar que a atual pesquisa contribui para a referida literatura uma vez que emprega uma metodologia amplamente utilizada para estudar o papel do efeito tecnológico na evolução do uso água no Brasil.

5. Volume de água necessário para dissipar os poluentes lançados nos recursos hídricos (Hoekstra *et al.*, 2011).

No que se refere às estimações, destaca-se que o processo de decomposição utilizado nesta pesquisa é o mesmo utilizado por Sessa Filho *et al.* (2010) para avaliar mudanças no emprego, e por Gonçalves Junior, Guilhoto e Lopes (2015) para estudar as mudanças nas importações.

Assim, considerando os elementos da demanda final:

$$y^s = y \cdot \hat{y}^{v-1}. \quad (7)$$

$$y = y^s \cdot y^v, \quad (8)$$

em que y^s é a matriz de coeficientes da demanda final. y^v é o vetor do total da demanda final por categoria. y são os vetores de demanda final de cada categoria.

Substituindo a equação (8) na equação (4) e, depois, o resultado desta substituindo na equação (6) tem-se:

$$M = N \cdot L \cdot y^s \cdot y^v, \quad (9)$$

em que L é a matriz $(I-A)^{-1}$ inversa de Leontief.

Logo, a decomposição estrutural da mudança total (ΔM) na captação direta de Água Azul para uso consuntivo entre os anos de 2013 a 2017 pode ser caracterizada como:

$$\begin{aligned} \Delta M = & 0,5\Delta N(L_t y_t^s y_t^v + L_{t-1} y_{t-1}^s y_{t-1}^v) \text{ (Efeito intensidade)} \\ & + 0,5(N_{t-1}\Delta L y_t^s y_t^v + N_t \Delta L y_{t-1}^s y_{t-1}^v) \text{ (Efeito tecnológico)} \\ & + 0,5(N_{t-1}L_{t-1}\Delta y_t^s y_t^v + N_t L_t \Delta y_{t-1}^s y_{t-1}^v) \text{ (Efeito estrutura da demanda final)} \\ & + 0,5(N_{t-1}L_{t-1} y_{t-1}^s + N_t L_t y_t^s) \Delta y^v \text{ (Efeito volume da demanda final)}. \end{aligned} \quad (10)$$

Na literatura de insumo-produto, o efeito intensidade se refere à variação no coeficiente de captação da Água Azul, ou seja, às mudanças na intensidade de Água Azul captada para uso consuntivo nacional. O efeito tecnológico se refere à variação da captação de Água Azul para uso consuntivo causada pela mudança nos coeficientes da matriz inversa de Leontief, isto é, pela mudança na composição de insumos utilizados para a produção, ou seja, na composição estrutural e tecnológica da produção.

TEXTO para DISCUSSÃO

Na MIP a demanda final é composta por: i) consumo das famílias; ii) consumo das instituições sem fins lucrativos; iii) exportações; iv) variação de estoques; v) gastos do governo; e vi) formação bruta de capital fixo. O efeito estrutura da demanda final está relacionado a mudanças na captação direta de Água Azul para uso consuntivo causadas por variações na composição da demanda final, isto é, variações na quantidade demandada por cada uma das categorias mencionadas. Por sua vez, o efeito volume da demanda final está relacionado a variações na captação direta de Água Azul para uso consuntivo causadas por alterações na quantidade demandada total, proveniente principalmente do crescimento econômico. Por fim, a soma desses efeitos corresponde ao efeito total.

Com relação aos dados utilizados para a aplicação dos métodos descritos, destaca-se que as MIPs são as disponibilizadas pelo Núcleo de Estudos Regionais e Urbanos da Universidade de São Paulo (Nereus). As mesmas foram construídas segundo a metodologia proposta por Guilhoto e Sesso Filho (2005; 2010). Para a aplicação da análise de decomposição estrutural, as referidas matrizes foram deflacionadas pelo deflator implícito do PIB obtido junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).⁶

No que se refere ao cálculo da intensidade hídrica das atividades econômicas, foram utilizadas informações sobre a captação direta de Água Azul para uso consuntivo disponíveis em ANA (2019a). Para que a combinação entre as intensidades hídricas e as MIPs nacionais fosse possível, de modo que os setores da matriz passassem a ser correspondentes com os setores reportados pelo estudo da ANA (2019a), foi necessário agregar as MIPs.

Esse processo se deu frente à pouca desagregação setorial dos dados públicos sobre o uso de água. Por sua vez, a agregação das MIPs seguiu a metodologia descrita em Miller e Blair (2009) e o recorte setorial apresentado a seguir.

QUADRO 1

Compatibilização das informações disponíveis no *Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil* da ANA e os setores das MIPs nacionais

Recorte setorial do estudo <i>Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil</i> (ANA, 2019a)	Setores da MIP agregada
Agricultura irrigada	Agricultura
Dessedentação animal	Pecuária
Não identificado ¹	Produção florestal; pesca e aquicultura
Mineração	Indústrias extrativas

(Continua)

6. Disponível em: <<https://bit.ly/3JLtk8>>. Acesso em: 2 nov. 2020.

(Continuação)

Recorte setorial do estudo <i>Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil</i> (ANA, 2019a)	Setores da MIP agregada
Indústrias de transformação	Indústrias de transformação
Geração térmica	Eletricidade e gás
Abastecimento humano rural	Água e esgoto
Abastecimento humano urbano	
Não identificado ¹	Demais atividades

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ É importante mencionar que no caso das atividades *produção florestal; pesca e aquicultura e demais atividades*, assumiu-se que a captação direta de Água Azul para fins consuntivos é igual a zero. Visto que são atividades que geralmente não captam grande volume de água diretamente de corpos hídricos superficiais e subterrâneos, não foram encontradas informações sobre a captação de Água Azul por parte desses setores.⁷ Nas Contas Econômicas Ambientais da Água (CEAA) do Brasil, a mesma hipótese foi assumida (IBGE e ANA, 2020). Esta hipótese impede a realização da decomposição estrutural para estes setores, e por conta disso, não serão apresentados resultados relativos os setores *produção florestal, pesca e aquicultura e demais atividades* nas tabelas da seção 3.

3 RESULTADOS

Antes dos resultados obtidos, cabe destacar que, de acordo com os dados da ANA (2019a), a captação direta de Água Azul para uso consuntivo entre 2013 e 2017 no Brasil passou de 1.958m³/s para 2.083m³/s. Registrando um crescimento de 6,38% no período e, em média, de 2% ao ano.

TABELA 1
Captação direta de Água Azul para uso consuntivo
 (Em m³/s)

	2013	2014	2015	2016	2017
Agricultura	959	998	1.056	1.117	1.084
Pecuária	162	162	162	163	167
Produção florestal; pesca e aquicultura ¹	0	0	0	0	0
Indústrias extrativas	27	28	30	31	33
Indústrias de transformação	207	203	192	187	189
Eletricidade e gás	92	103	102	79	79

(Continua)

7. "Não foi possível estimar as retiradas de água direta do meio ambiente das divisões produção florestal, pesca e aquicultura, distribuição de gás natural e nas demais atividades da CNAE" (ANA, IBGE e SRHQ, 2018, p. 32).

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

	2013	2014	2015	2016	2017
Água e esgoto	511	516	521	526	531
Demais atividades ¹	0	0	0	0	0
Total	1.958	2.010	2.063	2.102	2.083

Fonte: ANA (2019a).

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Assumiu-se que o valor é zero pela ausência de informações de boa confiabilidade, como descrito anteriormente.

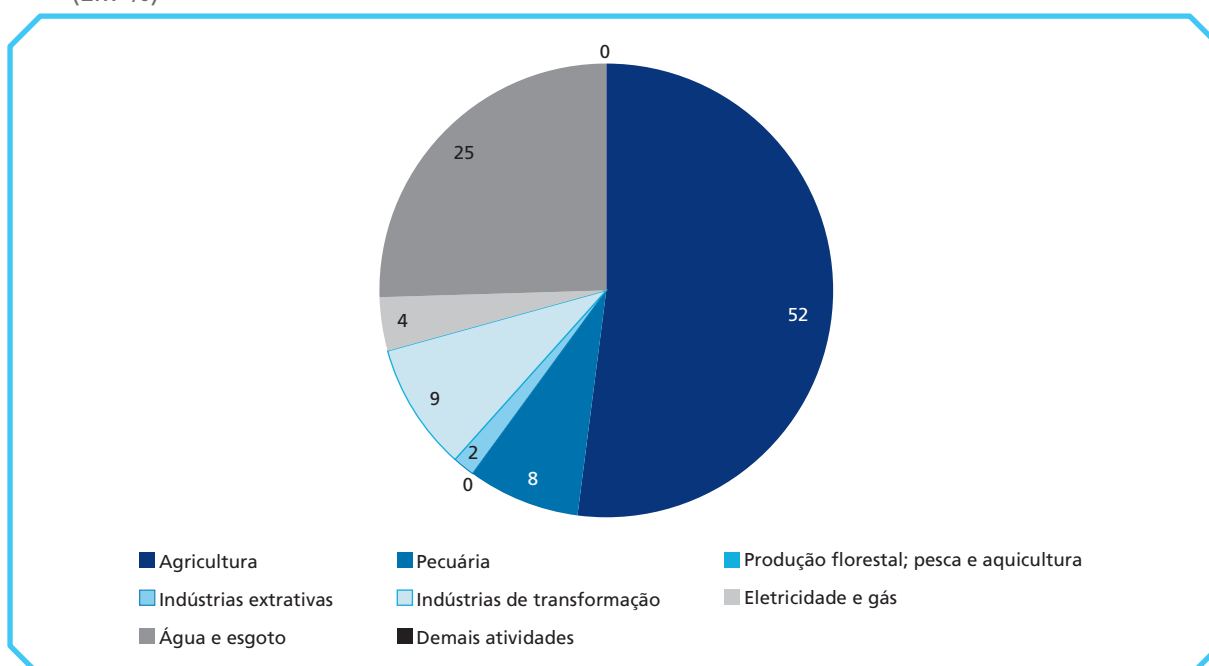
Considerando o recorte setorial utilizado neste artigo, é importante mencionar a participação das atividades econômicas na captação direta de Água Azul para uso consuntivo. Para isso, são utilizados os dados mais recentes trabalhados nesta pesquisa.

Em 2017, a *agricultura* foi a principal atividade responsável pela captação direta de Água Azul para uso consuntivo no país, respondendo por 52%. Em seguida, a *água e esgoto* se destacou, representando 25%. As *indústrias de transformação* e a *pecuária* ficaram na terceira e quarta posição, respectivamente.

GRÁFICO 1

Participação das atividades econômicas na captação direta de Água Azul para uso consuntivo no Brasil (2017)

(Em %)



Fonte: ANA (2019a).

Elaboração dos autores.

Os resultados da análise de decomposição estrutural são apresentados na tabela 2 e no gráfico 2, de acordo com os quais verificou-se que o crescimento de 124,97m³/s na captação de Água Azul para uso consuntivo no Brasil entre 2013 e 2017 foi causado principalmente pelo efeito estrutura da demanda final (112,50m³/s), isto é, pelas mudanças na composição da demanda final, indicando uma maior participação da demanda por bens intensivos em água no final do período, comparados aos bens não intensivos.

Em seguida, se destacaram o efeito intensidade (100,09m³/s) – ou seja, houve aumento na relação captação de água/produção e, portanto, redução da eficiência na captação direta de Água Azul – e o efeito tecnológico (34,66m³/s), indicando mudança na composição dos insumos utilizados na produção.

O crescimento do uso de água não foi maior devido ao efeito *volume da demanda final* (-122,29m³/s), o qual exerceu uma pressão contrária ao efeito total observado. Isto é, os resultados indicam que houve redução da demanda final por bens intensivos em água.

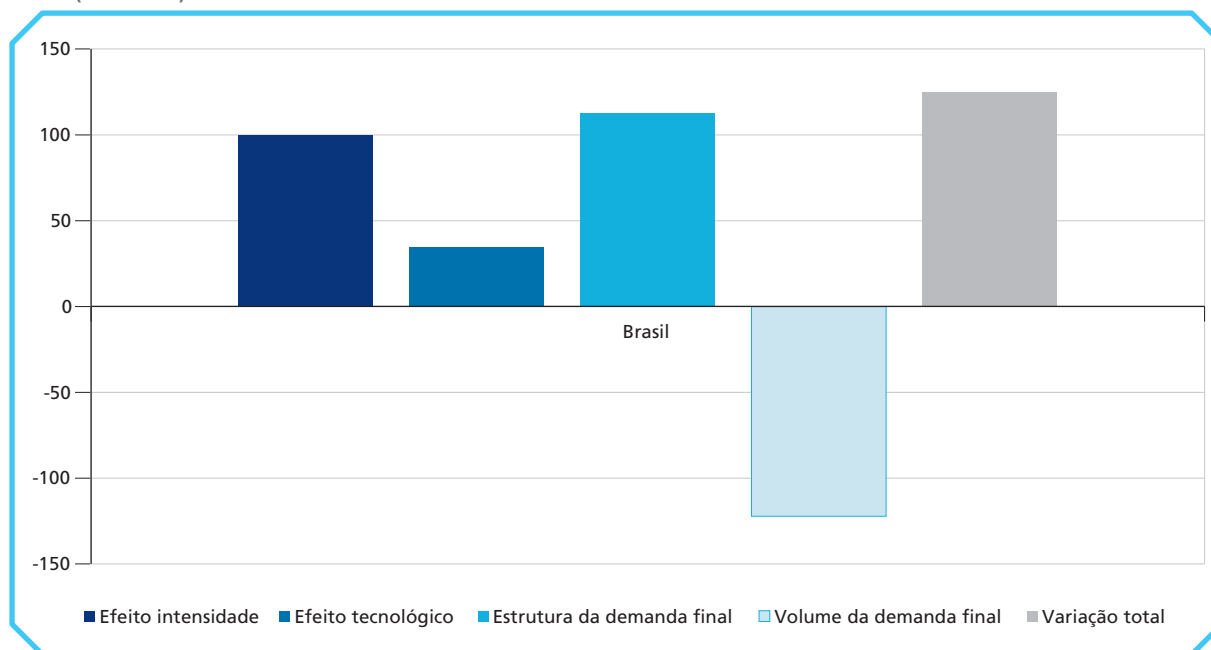
TABELA 2

Decomposição estrutural da variação na captação direta de Água Azul para uso consuntivo (2013-2017)

(Em m³/s)

Anos	Efeito intensidade	Efeito tecnológico	Estrutura da demanda final	Volume da demanda final	Variação total
2013-2017	100,09	34,66	112,50	-122,29	124,97

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 2**Decomposição estrutural da variação na captação direta de Água Azul para uso consuntivo (2013-2017)**(Em m^3/s)

Elaboração dos autores.

Após esse panorama, faz-se necessária uma análise setorial ano a ano. Conforme os resultados mostrados na tabela 3, a agricultura foi o principal responsável pelo crescimento da captação direta de Água Azul para uso consuntivo no Brasil entre 2013 e 2017, registrando um aumento de $125,06m^3/s$. Nessa atividade, os efeitos que mais contribuíram para esse resultado foram o efeito intensidade ($86,54m^3/s$), o efeito estrutura da demanda final ($79,27m^3/s$) e o efeito tecnológico ($22,14m^3/s$), ao passo que o efeito volume da demanda final ($-62,88m^3/s$) pressionou o resultado da atividade no sentido contrário do observado.

Em segundo lugar, se destacou a atividade *água e esgoto*, registrando um crescimento de $19,26m^3/s$ na captação direta de Água Azul para uso consuntivo entre 2013 e 2017. Por sua vez, esse resultado se deu principalmente devido ao efeito estrutura da demanda final ($36,02m^3/s$), efeito intensidade ($9,00m^3/s$) e efeito tecnológico ($5,09m^3/s$). No sentido contrário, se destacou o efeito volume da demanda final ($-30,85m^3/s$).

Adicionalmente, a *indústria extrativa* e a *pecuária* também contribuíram para o crescimento da captação direta de Água Azul para uso consuntivo no Brasil no período, apresentando um crescimento de $5,64\text{m}^3/\text{s}$ e $5,12\text{m}^3/\text{s}$, respectivamente. Ao passo que o resultado da indústria extrativa foi impulsionado pelo efeito intensidade, na pecuária o referido crescimento se deu frente aos efeitos tecnológicos e intensidade.

Por fim, é importante observar as atividades que apresentaram redução na captação direta de Água Azul para consuntivo. Isto é, a *indústria de transformação* ($-17,84\text{m}^3/\text{s}$) e a *eletricidade e gás* ($-12,28\text{m}^3/\text{s}$). No caso da indústria de transformação, o resultado verificado se deu principalmente pelos efeitos estrutura da demanda final ($-12,49\text{m}^3/\text{s}$) e volume da demanda final ($-11,42\text{m}^3/\text{s}$) e, em menor proporção, pelo efeito tecnológico ($-5,17\text{m}^3/\text{s}$). No setor eletricidade e gás, a principal contribuição para a redução da captação de água foi do efeito intensidade ($-33,12\text{m}^3/\text{s}$), seguido do efeito volume da demanda final ($-5,80\text{m}^3/\text{s}$).

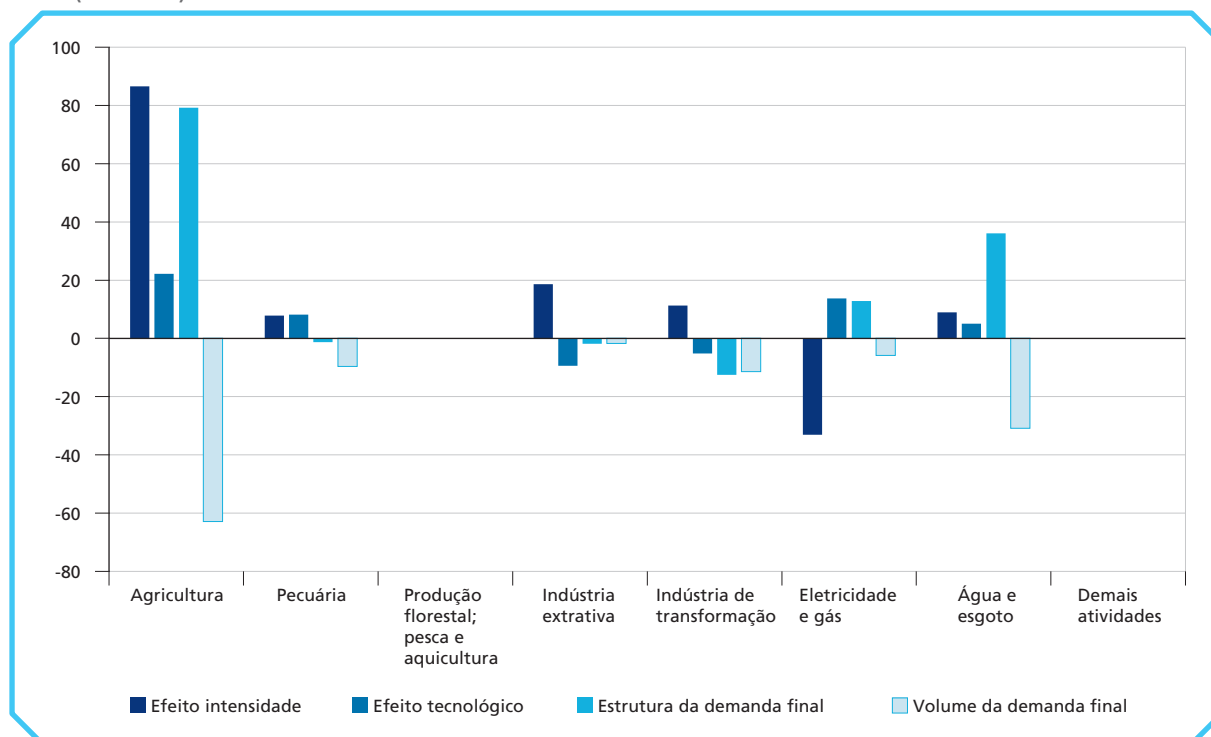
TABELA 3

Decomposição estrutural da variação na captação direta de Água Azul para uso consuntivo, por setor de atividade (2013-2017)

(Em m^3/s)

Setores	Efeito intensidade	Efeito tecnológico	Estrutura da demanda final	Volume da demanda final	Varição total
Agricultura	86,54	22,14	79,27	-62,88	125,06
Pecuária	7,82	8,21	-1,32	-9,58	5,12
Produção florestal; pesca e aquicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Indústria extrativa	18,62	-9,37	-1,86	-1,76	5,64
Indústria de transformação	11,23	-5,17	-12,49	-11,42	-17,84
Eletricidade e gás	-33,12	13,77	12,88	-5,80	-12,28
Água e esgoto	9,00	5,09	36,02	-30,85	19,26
Demais atividades	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,09	34,66	112,50	-122,29	124,97

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 3**Decomposição estrutural da variação na captação direta de Água Azul para uso consuntivo, por setor de atividade (2013-2017)**(Em m³/s)

Elaboração dos autores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados mostraram que houve um crescimento na captação direta de Água Azul para uso consuntivo no Brasil entre 2013 e 2017. Analisando todas as atividades econômicas em conjunto, verificou-se que mesmo com alta pressão do efeito volume da demanda final em direção à redução do uso de água, o aumento nos demais efeitos foi grande o suficiente para levar ao crescimento da captação de água. Nesse contexto, é importante destacar que essa mesma evidência foi verificada para os dois principais setores do ponto de vista de captação de água no Brasil, *agricultura* e *água e esgoto*.

Na *indústria extrativa* um único efeito positivo foi suficiente para fazer com que a captação de água dessa atividade crescesse no período, o efeito intensidade. No caso da *pecuária*, o efeito intensidade, junto ao tecnológico, fez com que o uso de água crescesse.

Entre as atividades cuja captação de água caiu no período, na *indústria de transformação* o efeito tecnológico contribuiu para esse resultado, enquanto na *eletricidade e gás*, o efeito tecnológico foi contrário.

No que se refere especialmente ao papel do efeito tecnológico no uso de água no Brasil, verificou-se que, entre as atividades cuja captação de água cresceu no período, o efeito tecnológico não tem contribuído para contrapor à pressão pelo crescimento do uso de água em geral. Isso se verifica, em especial, para a *agricultura e água e esgoto*, indicando que essas atividades podem não ter incorporado, de forma homogênea e em larga escala, tecnologias capazes de reduzir o uso de água.

O grande contraponto em relação ao crescimento da captação de água se deu pelo efeito volume da demanda final, na medida em que foi decrescente em todas as atividades econômicas. Por sua vez, esse resultado pode estar refletindo uma restrição de oferta de água diante dos eventos de escassez e seca observados no período.

Adicionalmente, é importante mencionar as principais limitações da abordagem empregada e os possíveis avanços. Diante da heterogeneidade da disponibilidade e demanda de Água Azul no Brasil, seria interessante que as próximas pesquisas avançassem no detalhamento setorial e considerassem séries temporais mais longas. Uma contribuição importante seria empregar o método proposto neste estudo a partir de um modelo insumo-produto inter-regional. Desse modo, é possível produzir resultados que reflitam as diferenças setoriais e regionais, fazendo com que os resultados sejam ainda mais úteis às políticas públicas em direção ao uso sustentável de água.

Por fim, é importante destacar que o método utilizado neste artigo mapeia e identifica as principais razões que explicam as variações na captação de água, de modo que os seus resultados podem auxiliar as políticas públicas em direção ao uso sustentável da água.

REFERÊNCIAS

ALCÁNTARA, V.; DUARTE, R. Comparison of energy intensities in European Union countries results of a structural decomposition analysis. **Energy Policy**, n. 32, n. 2, p. 177-189, Jan. 2004.

AMAZONAS, M. de C. Desenvolvimento sustentável e economia ecológica. *In*: NOBRE, M.; AMAZONAS, M. DE C. (Org.). **Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito**. Brasília: Edições Ibama, 2002.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013**. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/3sgrq9n>>. Acesso em: ago. 2020.

_____. **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. Brasília: ANA, 2019a.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**. Brasília: ANA, 2019b.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA; SRHQ – SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E QUALIDADE AMBIENTAL. **Contas econômicas ambientais da água: Brasil 2013-2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

AVELINO, A. F. T.; DALL'ERBA, S. What factors drive the changes in water withdrawals in the U.S. agriculture and food manufacturing industries between 1995 and 2010? **Environmental Science & Technology**, v. 54, n. 1, p. 10421-10434. Disponível em: <<https://bit.ly/3BMtIFD>>.

BUTNAR, I.; LLOP, M. Structural decomposition analysis and input-output subsystems: changes in CO₂ emissions of Spanish service sectors (2000-2005). **Ecological Economics**, v. 70, n. 11, p. 2012-2019, Sept. 2011.

DIETZENBACHER, E; LOS, B. Structural decomposition analyses with dependent determinants. **Economic Systems Research**, v. 12, n. 4, p. 497-514, 2000.

DUARTE, R.; PINILLA, V.; SERRANO, A. Understanding agricultural virtual water flows in the world from an economic perspective: a long-term study. **Ecological Indicators**, v. 61, n. 2, p. 980-990, Feb. 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/3K6dRzt>>.

_____. Income, economic structure and trade: impacts on recent water use trends in the European Union. **Sustainability**, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/3h8BDyf>>.

GERVENI, M.; AVELINO, A. F. T.; DALL'ERBA, S. Drivers of water use in the agricultural sector of the European Union 27. **Environmental Science & Technology**, v. 54, n. 15, p. 9191-9199, July 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3t1nVTo>>.

GONÇALVES JUNIOR, C. A.; GUILHOTO, J. J. M.; LOPES, R. L. Análise das causas das variações nas importações brasileiras no período 1990-2009. *In*: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS, 8., 2015, Curitiba, Paraná. **Anais...** Curitiba: ABER, out. 2015.

GUILHOTO, J. J. M. **Input-output analysis**: theory and foundations. São Paulo: MPRA, Aug. 5, 2011. (MPRA Paper, n. 32566). Disponível em: <<https://bit.ly/3t0RaWg>>.

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimação da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. **Economia Aplicada**, v. 9, n. 1, p. 277-299, abr.-jun. 2005.

_____. Estimação da matriz insumo-produto utilizando dados preliminares das contas nacionais: aplicação e análise de indicadores econômicos para o Brasil em 2005. **Economia & Tecnologia**, v. 23, n. 6, p. 53-62, out. 2010.

HADDAD, E. A. *et al.* The grand tour: Keynes and Goodwin go to Greece. **Journal of Economic Structures**, v. 9, n. 31, p. 1-21, 2020.

HADDAD, P. R. *et al.* (Org.). **Economia regional**: teorias e métodos de análise. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1989.

HOEKSTRA, R.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M. Comparing structural decomposition analysis and index. **Energy Economics**, v. 25, n. 1, p. 39-64, Jan. 2003.

HOEKSTRA, A. Y. *et al.* (Org.). **The water footprint assessment manual**: setting the global standard. London: Earthscan, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA; ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Contas econômicas ambientais da água**: Brasil 2013-2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

LLOP, M. Decomposing the changes in water intensity in a Mediterranean region. **Water Resources Management**, v. 33, n. 9, p. 3057-3069, May 2019.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. (Org.). **Input-output analysis**: foundations and extensions. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2009.

SANTOS, G. R. dos; KUWAJIMA, J. I. ODS 6: assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. **Cadernos ODS**, n. 6, p. 1-40, 2019.

SESSO FILHO, U. A. *et al.* Decomposição estrutural da variação do emprego: 1990 a 2003. **Revista de Economia Aplicada**, v. 14, n. 1, p. 99-123, mar. 2010.

SKOLKA, J. Input-output structural decomposition analysis for Austria. **Journal of Policy Modeling**, v. 11, n. 1, p. 45-66, 1989.

SU, B.; ANG, B. W. Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: some methodological developments. **Energy Economics**, v. 34, n. 1, p. 177-188, Jan. 2012.

WAN, L. *et al.* Impacts on quality-induced water scarcity: drivers of nitrogen-related water pollution transfer under globalization from 1995 to 2009. **Environmental Research Letter**, v. 11, n. 7, p. 1-11. July 2016.

WANG, B. H.; SMALL, M. J.; DZOMBAK, D. A. Factors governing change in water withdrawals for U.S. industrial sectors from 1997 to 2002. **Environmental Science & Technology**, v. 48, n. 6, p. 3420-2429, Jan. 2014.

_____. Improved efficiency reduces U.S. industrial water withdrawals, 2005-2010. **Environmental Science & Technology Letters**, v. 2, n. 4, p. 79-83, Mar. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3pc0Qwb>>.

YANG, Z. *et al.* A path-based structural decomposition analysis of Beijing's water footprint evolution. **Environmental Earth Sciences**, v. 74, n. 3, p. 2729-2742, Aug. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/36schsU>>.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Chefe do Editorial

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Chefia

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Camilla de Miranda Mariath Gomes

Everson da Silva Moura

Revisão

Alice Souza Lopes

Amanda Ramos Marques

Ana Clara Escórcio Xavier

Clícia Silveira Rodrigues

Luiz Gustavo Campos de Araújo Souza

Olavo Mesquita de Carvalho

Regina Marta de Aguiar

Reginaldo da Silva Domingos

Brena Rolim Peixoto da Silva (estagiária)

Nayane Santos Rodrigues (estagiária)

Editoração

Anderson Silva Reis

Cristiano Ferreira de Araújo

Danielle de Oliveira Ayres

Danilo Leite de Macedo Tavares

Leonardo Hideki Higa

Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico

Aline Cristine Torres da Silva Martins

*The manuscripts in languages other than Portuguese
published herein have not been proofread.*

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL