

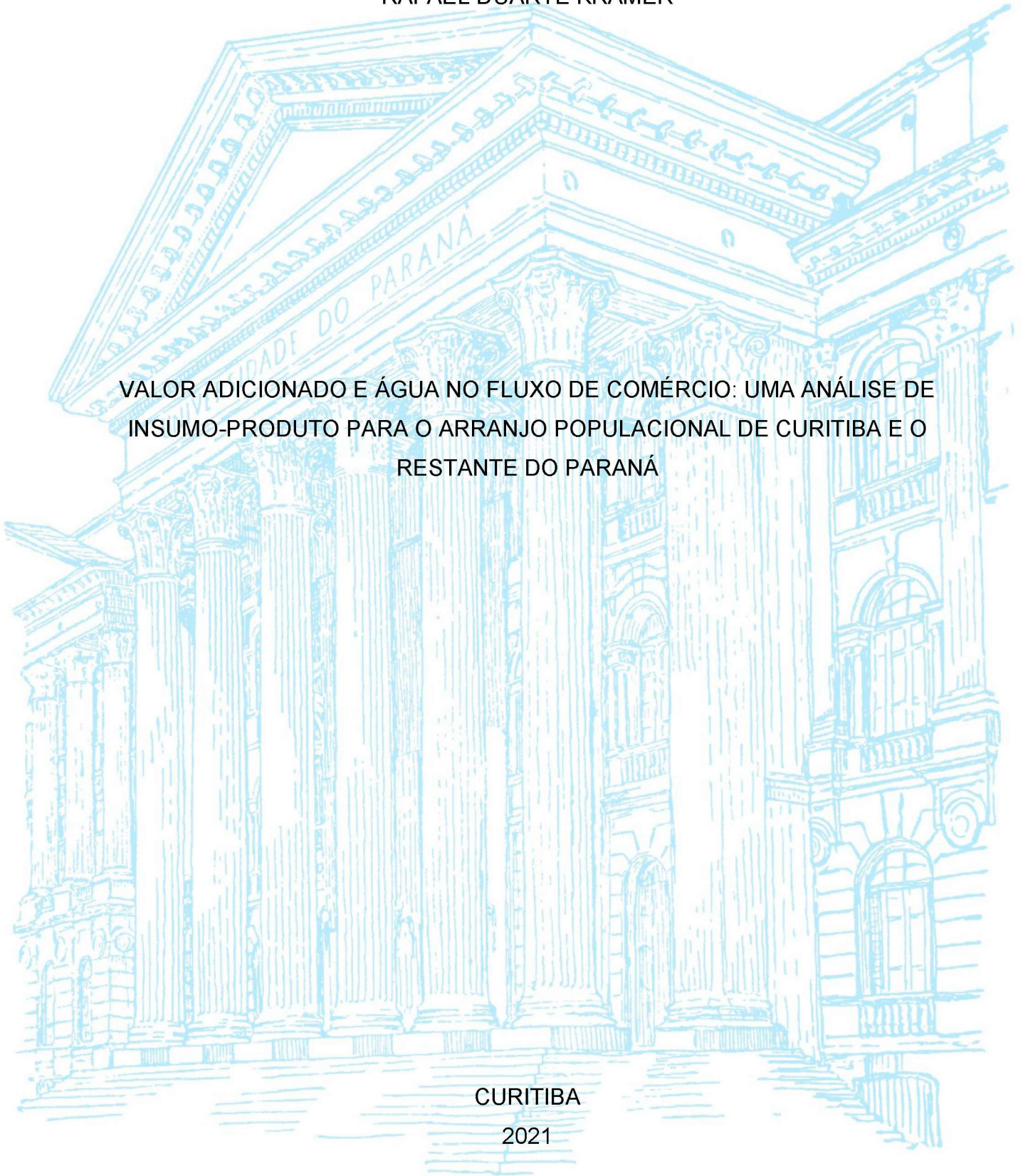
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL DUARTE KRAMER

VALOR ADICIONADO E ÁGUA NO FLUXO DE COMÉRCIO: UMA ANÁLISE DE
INSUMO-PRODUTO PARA O ARRANJO POPULACIONAL DE CURITIBA E O
REstante DO PARANÁ

CURITIBA

2021



RAFAEL DUARTE KRAMER

VALOR ADICIONADO E ÁGUA NO FLUXO DE COMÉRCIO: UMA ANÁLISE DE
INSUMO-PRODUTO PARA O ARRANJO POPULACIONAL DE CURITIBA E O
RESTANTE DO PARANÁ

Monografia apresentada ao curso de
Graduação em Ciências Econômicas, Setor
de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade
Federal do Paraná, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Ciências
Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Vinícius de Almeida Vale

CURITIBA

2021

RESUMO

O uso não sustentável dos recursos naturais tem causado grandes problemas ambientais, especialmente o uso intenso da água. A água é um bem essencial da vida e já se encontra escassa em diversas partes do mundo. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o fluxo de água virtual nas relações comerciais do Arranjo Populacional de Curitiba e restante do Estado do Paraná. Além disso, busca-se discutir o trade-off existente entre geração de valor e uso de água a partir de um índice de intensidade relativa de água no comércio (IAV). Para tal, utiliza-se a abordagem de extração hipotética a partir da matriz inter-regional de insumo-produto para o Arranjo Populacional de Curitiba (2015). Neste caso, Curitiba apresentou um ganho maior no valor adicionado das transações do que o uso intenso de água virtual, entretanto o mesmo não foi observado para o Restante do Estado do Paraná que, em suas relações comerciais, tem colocado mais pressão no uso da água do que gerado valor. Essas questões foram corroboradas pelo Índice de Intensidade de Água no Fluxo Comercial (IAV), que mostrou de fato a pressão no uso dos recursos hídricos no fluxo comercial do Restante do Estado do Paraná. Portanto, a relação de consumo de recursos naturais e geração de valor é um importante passo para busca de desenvolvimento econômico mais sustentável.

Palavras-chave: Valor adicionado. Água virtual. Índice de intensidade de água no fluxo comercial. Insumo-produto.

ABSTRACT

The unsustainable use of natural resources has caused major environmental problems, especially the intense use of water. Water is an essential for life and is already scarce in several parts of the world. In this context, this work aims to evaluate the flow of virtual water in the commercial relations of the Curitiba Population Arrangement and the rest of the State of Paraná. In addition, it seeks to discuss the existing trade-off between the generation of value and the use of water based on an index of relative water intensity in trade (IAV). To do this, use a hypothetical extraction approach from the interregional input-product matrix for the Curitiba Population Arrangement (2015). In this case, Curitiba presented a greater gain in the added value of the transactions than the intense use of virtual water, however the same was not observed for the State of Paraná, which, in its commercial relations, has put more pressure on the use of water than generated value. These issues were corroborated by the IAV, which showed a pressure on the use of water resources in the trade flow of the Rest of the State of Paraná. Thus, the relationship between consumption of natural resources and the generation of value is an important step towards the search for more sustainable economic development.

Keywords: Value added. Virtual water. Water intensity index in the commercial flow. Input-Output.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	REVISÃO DA LITERATURA	7
2.1	O COMÉRCIO DE ÁGUA VIRTUAL	7
2.2	PARANÁ E O USO DA ÁGUA.....	8
3	METODOLOGIA E BASE DE DADOS	12
3.1	BASE DE DADOS	12
3.2	METODOLOGIA.....	13
3.2.1	Cálculo do valor adicionado doméstico	13
3.2.2	Cálculo das transações de água domésticas	15
3.2.3	Índice de intensidade da água no fluxo comercial	17
4	RESULTADOS	20
4.1	FLUXO DE COMÉRCIO MIP	20
4.2	FLUXO DE COMÉRCIO E VALOR ADICIONADO	24
4.3	FLUXO DE COMÉRCIO DE ÁGUA	27
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional dos últimos anos vem afetando drasticamente o meio ambiente, causando impactos ambientais em todas as esferas da natureza, sendo a água um dos recursos ambientais mais afetados (ASHBY, 2013). A água é um dos principais bens que a sociedade possui e a sua disponibilidade em quantidade e qualidade é condição essencial para a vida. Segundo relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2021), aproximadamente 3% da água mundial é doce. Entretanto, boa parte está na forma de gelo, tendo, portanto, apenas 1% da água doce do planeta disponível para o consumo direto. Deve-se considerar ainda que parcela significativa desse 1% pode estar contaminada por ações antrópicas (BAIRD, 2011).

Portanto, é essencial compreender os diversos caminhos que o consumo de água toma na sociedade. Em relatório de 2018, a Organização das Nações Unidas (ONU) apontou que a demanda por água vem crescendo quase 1% ao ano, em virtude de dois fatores principais: (i) crescimento populacional; e (ii) desenvolvimento econômico. A evolução desses dois fatores afeta significativamente os hábitos e cultura das populações, o que tem refletido nos padrões de consumo de água.

Em termos econômicos, o consumo de água está ligado diretamente com a produção de bens e serviços, seja no uso direto do recurso, como insumo direto na produção, ou no uso indireto na cadeia produtiva (MAY, 2010). Nesse contexto, o termo “água virtual” surgiu na literatura. A expressão está relacionada com a quantidade de água embutida em produtos transacionados entre os diferentes setores e regiões, ou seja, o consumo de água incorporado nas produções e, conseqüentemente, nos fluxos de comércio (HOEKSTRA; HUNG, 2002; HOEKSTRA, 2002).

Essa visão do consumo de água tem sido essencial para o desenvolvimento de novas pesquisas que avaliam não somente o consumo direto de água, mas também o consumo indireto a partir das relações comerciais entre os setores e regiões. Essas discussões têm trazido à tona a ideia de se reestruturar as bases econômicas considerando as pressões ambientais que o desenvolvimento econômico pode causar em cada região, principalmente em regiões subdesenvolvidas (LI; LIU, 2020).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o fluxo de água virtual nas relações comerciais do Arranjo Populacional de Curitiba e restante do Estado do Paraná. Além disso, busca-se discutir o *trade-off* existente entre geração de valor e uso de água a partir de um índice de intensidade relativa de água no comércio.

Para tal, utiliza-se a abordagem de extração hipotética proposta por Los et al. (2016) e adaptações para o caso de Curitiba e demais regiões baseadas no estudo de Haddad, Mengoub e Vale (2018). Considera-se a matriz inter-regional de insumo-produto para o Arranjo Populacional de Curitiba para o ano de 2015 do Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP (NEREUS), estimada por Haddad, Araújo e Perobelli (2020). A matriz reconhece 22 setores produtivos e 4 regiões – Curitiba, restante do Arranjo Populacional de Curitiba, restante do Estado do Paraná e restante do Brasil.

Com a avaliação proposta, pretende-se entender melhor a relação entre fluxo comercial, geração de valor e pressão ambiental no uso dos seus recursos hídricos na capital paranaense, no restante do Arranjo Populacional de Curitiba e no restante do Estado. Além disso, busca-se avaliar as seguintes perguntas: as relações comerciais de Curitiba e do restante do Estado estão pressionando o uso de água da região? As relações comerciais de Curitiba e do restante do Estado geraram mais valor do que consome água? Essas são indagações novas que veem na esteira das discussões de economias sustentáveis. Estar ciente das condições ambientais que a economia impõe em uma região (seja município, estado ou país) é essencial para se discutir caminhos ao desenvolvimento sustentável. Portanto, mais do que calcular e mensurar o balanço da água virtual no comércio, o presente trabalho pretende ampliar as discussões ambientais na esfera econômica.

Ademais, ao final do ano de 2020 e início de 2021, Curitiba tem enfrentado uma séria crise hídrica, impondo a população um racionamento de água forçado. Essa situação é apontada como fruto de períodos maiores de estiagem e de um consumo pouco racional da água. Logo, entender a água virtual presente no comércio da capital paranaense pode contribuir para a discussão dessa problemática.

Além dessa introdução, este trabalho é composto por mais quatro capítulos. O segundo capítulo apresenta uma breve revisão de literatura. O terceiro capítulo detalha a base de dados e metodologia de insumo produto. O quarto, por sua vez, apresenta alguns indicadores estruturais e discute os principais resultados. Por fim, o quinto traz as considerações finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O COMÉRCIO DE ÁGUA VIRTUAL

A contabilização de água no comércio entre regiões tem crescido exponencialmente na última década, em consequência da maior preocupação mundial com a finitude dos recursos naturais e o avanço dos impactos das mudanças climáticas (HOEKSTRA; HUNG, 2002; MEKONNEN; HOEKSTRA, 2011; OLIVEIRA, 2015; BERGMANN, 2019; HADDAD, MENGOU; VALE, 2020; LI; LIU, 2020). Carmo et al. (2007) e Allan e Lant (2003), já no início dos anos 2000, acreditavam que a contabilidade de água virtual era uma realidade sem volta, como um método para identificar problemas econômicos e ambientais nas matrizes econômicas das diferentes regiões.

A importação de um produto não necessariamente incorre na transferência direta e visível de água, entretanto a água virtual presente nesse produto pode ser significativa (ALLAN; LANT, 2003). Logo, quando um país importa produtos com parcela expressiva de água virtual, pode-se dizer que ele também está importando água, ou seja, está utilizando a água de outra região para obter tais produtos (OLIVEIRA, 2015). Essa ideia de utilizar os recursos hídricos de outras regiões para obtenção de produtos tem levado pesquisadores a repensar melhor os fluxos comerciais entre as regiões. Por exemplo, locais com escassez de água poderiam demandar, em sua maioria, produtos mais intensos no uso de água e ofertar os produtos menos intensos. Essa visão estratégica é apontada por Wichelns (2010) como uma saída para países que enfrentam escassez de água e precisam ofertar alimentos aos seus habitantes. Na mesma linha, Yang et al. (2006) considera que o fluxo virtual de água pode ser uma importante ferramenta para o combate da escassez de água, entretanto os países ofertantes devem sempre considerar o seu balanço hídrico de água, para não desequilibrar as suas fontes. Para Xu e colaboradores (2019), a mudança de visão dos fluxos comerciais, incorporando questões ambientais, no curto prazo é pouco viável, muito devido aos diversos interesses políticos.

Nesta visão comercial, é importante considerar que o consumo de água para a produção de um bem pode variar de região para região, principalmente pelo nível tecnológico empregado (CARMO et al., 2007). Países subdesenvolvidos apresentam, muitas vezes, uma pressão maior sobre os seus recursos naturais do que são capazes

de gerar valor na mesma relação. Segundo Brum et al. (2019) e Bergmann (2019), os fluxos comerciais que envolvem a produção primária são os que mais pressionam o uso de água e, como a maior parte dos países subdesenvolvidos tem a sua estrutura econômica baseada na agropecuária, esses sofrem consideravelmente a perda de água virtual.

Haddad, Mengoub e Vale (2020) desenvolveram um índice de intensidade do uso de água no fluxo comercial como uma alternativa para avaliar o *tradeoff* entre a geração de valor de um fluxo comercial e a pressão do uso do recurso natural no Marrocos. Os autores conseguiram relacionar as regiões do país que sofrem mais pressão pelo uso do recurso natural do que geram valor nas suas exportações e afirmam que esse tipo de resultado pode ser usado como base para futuras políticas de gestão dos recursos hídricos local.

Na mesma linha da água virtual foi desenvolvido o conceito de pegada hídrica, que tem como ideia ampliar o escopo de mensuração do consumo de água, passando não somente para o consumo na produção de bens, mas também no consumo das pessoas. Além disso, a pegada hídrica é caracterizada por uma metodologia de mensuração do consumo de água, ou seja, é uma ferramenta de análise quantitativa de água em um determinado processo, serviço ou ação (BERGMANN, 2019). Para Bleninger e Kotsuka (2015), os dois termos, água virtual e pegada hídrica, correspondem ao mesmo conceito, porém com dimensões diferentes, enquanto o primeiro se relaciona com o processo produtivo, o segundo é aplicado para toda e qualquer ação que envolve o consumo direto e indireto de água.

O conceito de água virtual a ser usado neste trabalho terá como base o apresentado por Haddad, Mengoub e Vale (2020), em que a quantidade de água é baseada na matriz insumo-produto da região estudada, considerando coeficientes técnicos de consumo de água por unidade monetária de cada produto.

2.2 PARANÁ E O USO DA ÁGUA

A evolução das atividades econômicas e o crescimento dos centros urbanos tem levado a um aumento do consumo de água por diversas regiões do mundo. Segundo relatório da Organização das Nações Unidas (ONU, 2006), o consumo de água per capita gira em torno de 1.500 m³/pessoa/ano para manter o uso de água para as necessidades básicas, variando de região para região, devido as condições

locais. No Brasil, segundo o IBGE (2020), o uso per capita de água pelas famílias, no ano de 2017, foi de 116 L/dia, tendo variações significativas entre as regiões, como o Sudeste com um consumo médio de 143 L/d, a região Sul com 121 L/d e as regiões Norte e Nordeste com uma média de 83 e 84 L/d, respectivamente. Segundo esse mesmo relatório, a disparidade econômica entre as regiões é um dos fatores das diferenças no consumo.

A Tabela 1 apresenta o consumo de água pelas bacias hidrográficas brasileiras. Considerando a retirada do recurso hídrico, o consumo e o retorno para as bacias, a Bacia Hidrográfica do Paraná tem a maior retirada e consumo entre todas do País. Essa bacia hidrográfica comporta parte dos estados mais produtivos do País, como: Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e outros. Importante salientar que o termo retirada se refere ao total de água que é captado na região; consumo é a quantidade de água que é consumida e não retorna para a bacia hidrográfica; e retorno é a parcela da água captada que retorna para a bacia. Nessa conta, pode ocorrer que regiões tenham um retorno maior que o consumo, pois o retorno da água nem sempre ocorre na mesma região de consumo.

TABELA 1 – VOLUME DE ÁGUA RETIRADO, CONSUMIDO E RETORNADO POR BACIA HIDROGRÁFICA, EM m³/s, DO ANO DE 2016

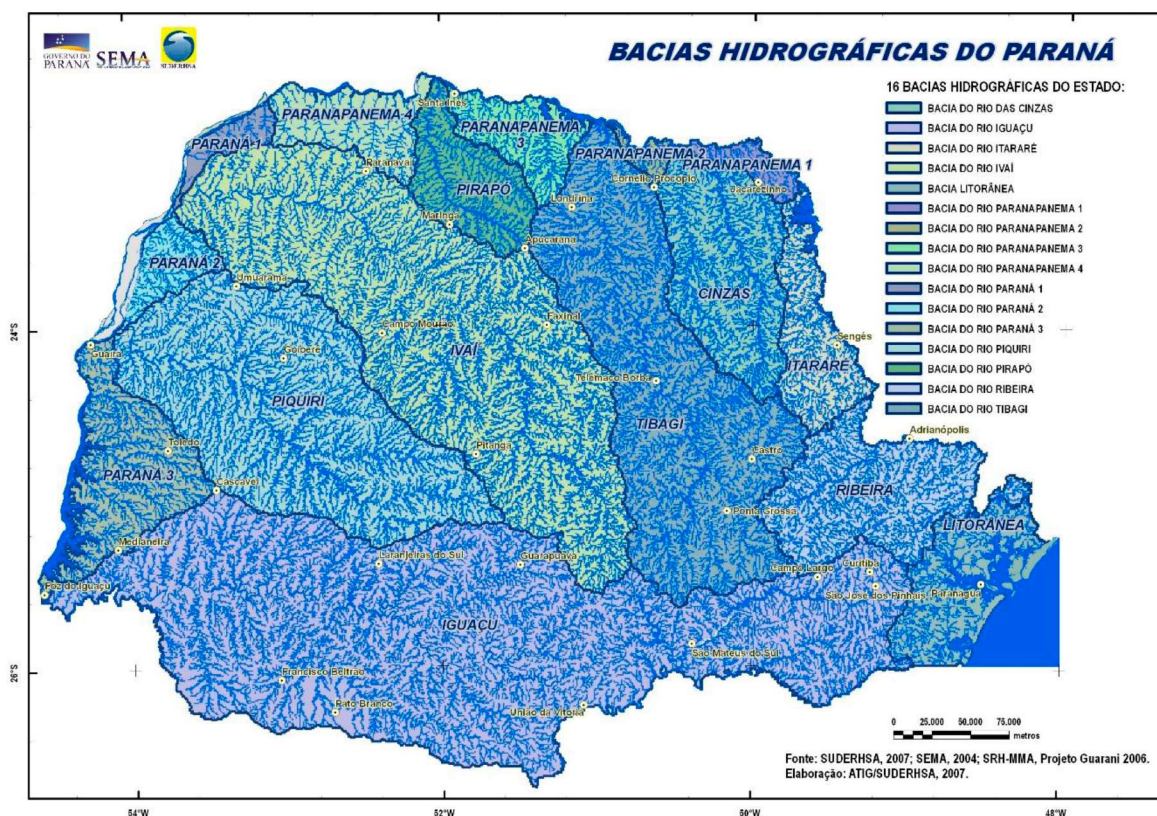
Bacias Hidrográfica	Retirada	Consumo	Retorno
Amazônica	124,77	44,55	75,32
Atlântico Leste	128,95	73,56	52,26
Atlântico Nordeste Ocidental	27,58	11,72	14,91
Atlântico Nordeste Oriental	190,71	103,57	82,14
Atlântico Sudeste	218,95	63,49	145,82
Atlântico Sul	333,43	175,10	175,50
Paraguai	31,86	15,68	15,23
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).

A retirada e o consumo total de água na bacia do Paraná representam 23% do nacional, comparando com o PIB o dos estados pertencentes a essa bacia, no ano de 2017, este representou cerca de 65% do nacional e, em termos territoriais, a bacia compreende a 8% do território nacional (ANA, 2017). Com base na discrepância do consumo de água entre as regiões do Brasil, Visentin (2017) apontou que essa variação é fruto da concentração econômica em algumas bacias hidrográficas, bem como também na distribuição de água desigual pelo País.

O Estado do Paraná está presente em três bacias hidrográficas diferentes, a bacia do Paraná, a bacia do Uruguai e a bacia do Atlântico Sudeste. Mas, dentro do Estado, essas regiões hidrográficas são divididas em 16 sub-bacias, sendo as principais a bacia do Iguaçu (baixo, médio e alto Iguaçu), Tibagi e Ribeira (Figura 1).

FIGURA 1 – BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO PARANÁ



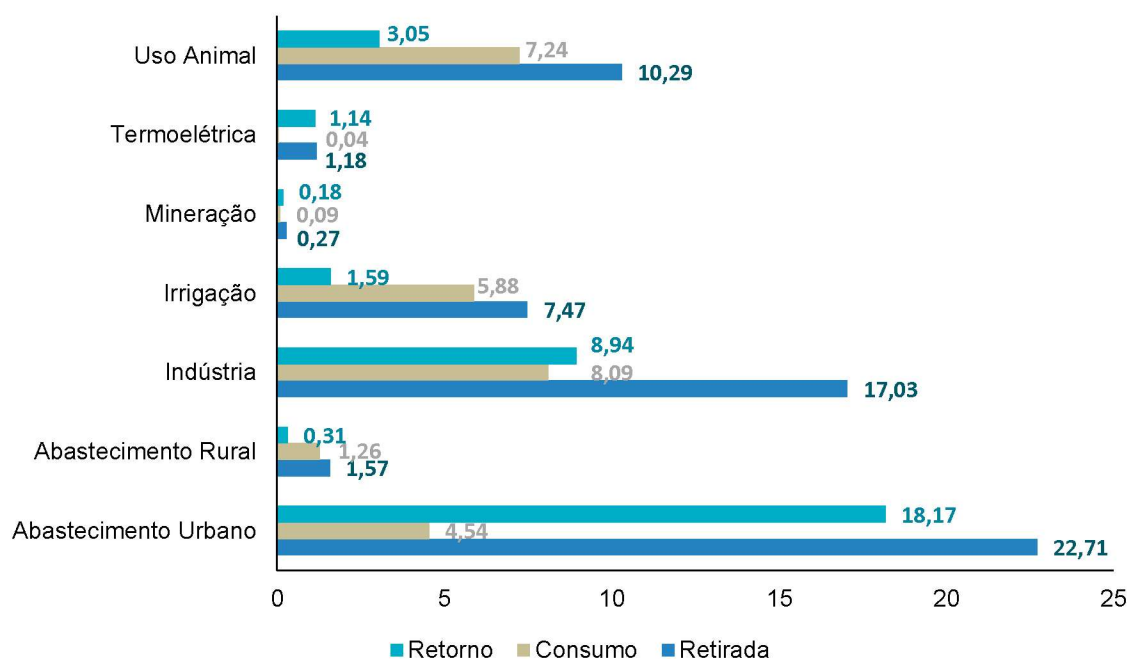
FONTE: IAT (2021).

Ao todo, o Estado do Paraná possui uma disponibilidade hídrica de água superficial de aproximadamente 1,2 milhões de L/s (IAT, 2020). Duas das 16 bacias hidrográficas do Paraná (Bacia do Iguaçu e Bacia do Tibagi) concentram cerca de

50% da população do Estado, representados principalmente pela Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Segundo dados do relatório do IAT (2020), a região que compreende a unidade hidrográfica do Alto Iguaçu e Afluentes do Ribeira (a RMC) possui disponibilidade hídrica abaixo da recomendada pela ANA, com déficit por pessoa de 431 m³/hab/ano. A problemática vai além, pois quando se desconsidera a contribuição da Bacia do Ribeira, a região do Alto Iguaçu apresenta um déficit de quase 1.000 m³/hab/ano, em uma região que moram quase 30% da população do Estado.

A Figura 2 mostra o percentual de participação de alguns setores da economia na retirada, consumo e retorno da água presente no Estado do Paraná. O abastecimento urbano é o principal meio de retirada da água (22,71 m³/s), entretanto o setor industrial é o principal consumidor de água (8,09 m³/s). Essa diferença reflete a ineficiência e o desperdício de água no abastecimento público, fato que não ocorre no setor industrial.

FIGURA 2 – DEMANDAS DE ÁGUA NO ESTADO DO PARANÁ NO ANO DE 2018, EM m³/s



FONTE: IAT (2020).

Além disso, Gil et al. (2020) abordam a questão da pressão que o setor industrial de Curitiba exerce no consumo de água da região. Os autores apontam a importância de se procurar novas tecnologias e/ou fonte de captação de água para evitar o racionamento na capital.

3 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

O método científico desse trabalho foi desenvolvido em duas partes: a primeira na busca por dados a respeito da Matriz-Insumo Produto (MIP) para o Arranjo Populacional de Curitiba, valores de consumo de água por setores da economia e outros dados pertinentes; e a segunda no desenvolvimento matemático para o cálculo da geração de valor adicionado por região e do fluxo de água embutido nas transações comerciais. Nas seções seguintes serão detalhados as fontes e metodologias usadas.

3.1 BASE DE DADOS

Os dados da MIP de Curitiba, Arranjo Populacional de Curitiba, restante do Estado do Paraná e do restante Brasil foram extraídos do trabalho de Haddad et al. (2020), em que os autores compilaram informações do fluxo de comércio dessas regiões no ano de 2015. Na Tabela 2 estão presentes alguns dados de caracterização demográfica e econômica das regiões estudadas.

TABELA 2 – DADOS DAS REGIÕES DE ESTUDO

ID	Região	Municípios	PIB (2015)	PIB (%)	População (2015)	População (%)
R1	Município de Curitiba	1	83.856.186	1,40%	1.879.355	0,92%
R2	Restante do Arranjo Populacional de Curitiba	17	59.733.441	1,00%	1.441.752	0,71%
R3	Restante do Estado de Paraná	381	233.373.199	3,89%	7.841.911	3,84%
R4	Restante do Brasil	5.171	5.618.824.172	93,71%	193.287.031	94,54%
	BRASIL	5.570	5.995.786.998	100,00%	204.450.049	100,00%

FONTE: HADDAD et al. (2020).

Os dados referentes aos coeficientes de consumo de água são da base de dados EORA (LENZEN et al., 2012; 2013). Esses coeficientes relacionam o consumo de água de diversos setores econômicos e para tal paralelo com a MIP de Curitiba e regiões foi preciso fazer a correspondência de setores. Além disso, dado a falta de dados regionais, os coeficientes de consumo de água do Brasil foram aplicados para

todas as regiões. Portanto a escolha dos coeficientes de água da base da EORA se deu pela importância e relevância internacional dos dados e a capacidade de agregação dos dados brasileiros inclusive.

3.2 METODOLOGIA

O presente segue a abordagem proposta por Los et al. (2016), entretanto com algumas adaptações para o caso de Curitiba e regiões baseadas no estudo de Haddad, Mengoub e Vale (2018). Ambos os autores realizaram a decomposição das exportações brutas a partir da metodologia de "extração hipotética" (HE), a qual permite quantificar, por exemplo, a quantidade de valor agregado doméstico embutido nas exportações de um país. A avaliação proposta é fundamentada nas relações comerciais entre vários países.

No caso do presente estudo, a avaliação considera as relações comerciais entre o Município de Curitiba, o restante do Arranjo Populacional de Curitiba, o restante do Estado do Paraná e o restante do Brasil. Tais informações foram obtidas a partir da matriz de insumo-produto estimada por Haddad et al. (2020).

Portanto, seguindo os procedimentos apresentados por Los et al. (2016), propõem-se o cálculo do valor adicionado doméstico nas exportações (VAD) a partir de sistema nacional de insumo-produto inter-regional. Além disso, baseado em Haddad, Mengoub e Vale (2018), propõem-se a mensuração do fluxo de água embutido nas exportações (TDA). Por fim, utilizando as duas medidas, propõem-se o cálculo do Índice de Intensidade da Água no Fluxo Comercial (IAV).

3.2.1 Cálculo do valor adicionado doméstico

O modelo de insumo-produto pode ser descrito como:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{f} \quad (1)$$

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{f} = \mathbf{Lf} \quad (2)$$

em que \mathbf{x} é o vetor do produto bruto; \mathbf{f} é o vetor de demanda final; \mathbf{A} é a matriz de coeficientes técnicos; \mathbf{I} é a matriz identidade; e \mathbf{L} é a matriz inversa de Leontief.

Considerando o modelo inter-regional de insumo-produto com n regiões e as exportações como um vetor coluna na demanda final, as Equações (1) e (2) podem ser representadas como:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x}^1 \\ \vdots \\ \mathbf{x}^n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}^{11} & \dots & \mathbf{A}^{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}^{n1} & \dots & \mathbf{A}^{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}^1 \\ \vdots \\ \mathbf{x}^n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{f}^{11} & \dots & \mathbf{f}^{1n} & \mathbf{f}^{1row} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{f}^{n1} & \dots & \mathbf{f}^{nn} & \mathbf{f}^{nrow} \end{bmatrix} \mathbf{i} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x}^1 \\ \vdots \\ \mathbf{x}^n \end{bmatrix} = \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{i} & \dots & \mathbf{0} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \dots & \mathbf{f} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{A}^{11} & \dots & \mathbf{A}^{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}^{n1} & \dots & \mathbf{A}^{nn} \end{bmatrix} \right\}^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{f}^{11} & \dots & \mathbf{f}^{1n} & \mathbf{f}^{1row} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{f}^{n1} & \dots & \mathbf{f}^{nn} & \mathbf{f}^{nrow} \end{bmatrix} \mathbf{i} = \begin{bmatrix} \mathbf{L}^{11} & \dots & \mathbf{L}^{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{L}^{n1} & \dots & \mathbf{L}^{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{f}^{11} & \dots & \mathbf{f}^{1n} & \mathbf{f}^{1row} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{f}^{n1} & \dots & \mathbf{f}^{nn} & \mathbf{f}^{nrow} \end{bmatrix} \mathbf{i} \quad (4)$$

em que \mathbf{i} é um vetor coluna com todos os valores iguais a unidade.

Portanto, o valor adicionado em Curitiba (PIB_1) pode ser expresso desta maneira:

$$PIB_1 = \mathbf{v}_1 (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{f} \mathbf{i} \quad (5)$$

em que \mathbf{v}_1 é o vetor linha com as razões do valor adicionado por valor bruto da produção em Curitiba como primeiros valores ($\tilde{\mathbf{v}}_1$) e zeros nas demais posições ($\mathbf{v}_1 = [\tilde{\mathbf{v}}_1 \ 0]$); e \mathbf{i} é um vetor coluna com todos os valores unitários.

Para atribuir a quantidade de valor adicionado doméstico nas exportações de Curitiba à região n , considera-se a hipótese em que Curitiba não exporta para a região n tanto em termos de bens intermediários e finais. Portanto, o “novo” PIB (PIB hipotético) pode ser escrito como:

$$PIB_{1,n}^* = \mathbf{v}_1 (\mathbf{I} - \mathbf{A}_{1,n}^*)^{-1} \mathbf{f}_{1,n}^* \mathbf{i} \quad (6)$$

em que $\mathbf{A}_{1,n}^*$ é a matriz de coeficientes técnicos hipotética; e $\mathbf{f}_{1,n}^*$ é a demanda final hipotética, expressas como:

$$\mathbf{A}_{1,n}^* = \begin{bmatrix} \mathbf{A}^{11} & \dots & \mathbf{0} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}^{n1} & \dots & \mathbf{A}^{nn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\mathbf{f}_{1,n}^* = \begin{bmatrix} \mathbf{f}^{11} & \dots & \mathbf{0} & \mathbf{f}^{1row} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{f}^{n1} & \dots & \mathbf{f}^{nn} & \mathbf{f}^{nrow} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Com as Equações (5) e (6), é possível calcular o valor adicionado doméstico nas exportações (VAD) de Curitiba para a região n da seguinte maneira:

$$VAD_{1,n} = PIB_1 - PIB_{1,n}^* \quad (9)$$

Da mesma maneira, pode ser atribuído os resultados do valor adicionado doméstico nas exportações de Curitiba para todas as regiões (Restante do Arranjo Populacional de Curitiba, Restante do Estado do Paraná e Restante do Brasil) e vice-versa. Assim, em um sistema inter-regional com n regiões, tem-se uma matriz com os VAD para cada região, conforme Quadro 1.

QUADRO 1 – VALOR ADICIONADO DOMÉSTICO NAS EXPORTAÇÕES

Exportação Hipotética do fluxo de comércio da região	para a região				
	R ₁	R ₂	...	R _{n-1}	R _n
R ₁	-	VAD _{1,2}	...	VAD _{1,n-1}	VAD _{1,n}
R ₂	VAD _{2,1}	-	...	VAD _{2,n-1}	VAD _{2,n}
⋮	⋮	⋮	-	⋮	⋮
R _{n-1}	VAD _{n-1,1}	VAD _{n-1,2}	...	-	VAD _{n-1,n}
R _n	VAD _{n,1}	VAD _{n,2}	...	VAD _{n,n-1}	-

FONTE: HADDAD; MENGOUB; E VALE (2018).

3.2.2 Cálculo das transações de água domésticas

Seguindo a mesma lógica do PIB, é possível determinar o total transacionado de água (TTA), ou água virtual, em Curitiba:

$$TTA_1 = \mathbf{w}_1(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{f}_1 \quad (10)$$

em que \mathbf{w}_1 é a o vetor linha com o uso de água pelos setores produtivos de Curitiba como primeiros valores (\hat{w}_1) e zeros nas demais posições ($w_1 = [\hat{w}_1 \ 0]$); e \mathbf{i} é o vetor coluna com todos os elementos igual a unidade.

Para atribuir os valores de água nas exportações de Curitiba para a região n , considera-se, de forma semelhante à Equação (6), a hipótese de que Curitiba não exporta nada para a região n , tal que o fluxo hipotético de água é dado por:

$$TTA_{1,n}^* = \mathbf{w}_1(\mathbf{I} - \mathbf{A}_{1,n}^*)^{-1}\mathbf{f}_{1,n}^*\mathbf{I} \quad (11)$$

em que $\mathbf{A}_{1,n}^*$ expressa o mesmo que a Equação (7); e $\mathbf{f}_{1,n}^*$ o mesmo que a Equação (8).

Das Equações (10) e (11), é definido o valor total de transação doméstica de água nas exportações (TDA) de Curitiba para a região n :

$$TDA_{1,n} = TTA_1 - TTA_{1,n}^* \quad (12)$$

De maneira semelhante, pode-se calcular a quantidade total de água comercializada nas exportações de Curitiba para todas as demais (Restante do Arranjo Populacional de Curitiba, Restante do Estado do Paraná e Restante do Brasil) e vice-versa. Da mesma maneira que o VAD, tem-se uma matriz com os TDA para cada região, conforme Quadro 2.

QUADRO 2 – VALOR DE ÁGUA NAS EXPORTAÇÕES

Exportação Hipotética do fluxo de comércio da região	para a região				
	R ₁	R ₂	....	R _{n-1}	R _n
R ₁		TDA _{1,2}	....	TDA _{1,n-1}	TDA _{1,n}
R ₂	TDA _{2,1}		....	TDA _{2,n-1}	TDA _{2,n}
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
R _{n-1}	TDA _{n-1,1}	TDA _{n-1,2}	....		TDA _{n-1,n}
R _n	TDA _{n,1}	TDA _{n,2}	....	TDA _{n,n-1}	

FONTE: HADDAD; MENGOUB; E VALE (2018).

3.2.3 Índice de intensidade da água no fluxo comercial

O Índice de Intensidade de Água no Fluxo Comercial (IAV) é fundamentado nos dados de valor adicionado doméstico nas exportações (VAD) e de valor total de transação doméstica de água nas exportações (TDA). O cálculo deste índice é dividido em três etapas:

- 1) Calcula-se a importância relativa de cada VAD (I^{VAD}) tomando a proporção de cada VAD na soma de todos eles:

$$I_{n,k}^{VAD} = \frac{VAD_{n,k}}{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k VAD_{n,k} \right]}, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, k; \forall k \neq n \quad (13)$$

em que n e k são o número de regiões avaliadas.

Assim, tem-se o I^{VAD} para cada região, como mostra o Quadro 3.

QUADRO 3 – IMPORTÂNCIA RELATIVA DE CADA VAD EM TODA A ECONOMIA, PRIMEIRA ETAPA

Exportação Hipotética do fluxo de comércio da região	para a região				
	R ₁	R ₂	....	R _{n-1}	R _n
R ₁		$I_{1,2}^{VAD}$	....	$I_{1,n-1}^{VAD}$	$I_{1,n}^{VAD}$
R ₂	$I_{2,1}^{VAD}$		....	$I_{2,n-1}^{VAD}$	$I_{2,n}^{VAD}$
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
R _{n-1}	$I_{n-1,1}^{VAD}$	$I_{n-1,2}^{VAD}$	....		$I_{n-1,n}^{VAD}$
R _n	$I_{n,1}^{VAD}$	$I_{n,2}^{VAD}$	....	$I_{n,n-1}^{VAD}$	

FONTES: HADDAD; MENGOUB; E VALE (2018).

- 2) Seguindo a mesma ideia, calcula-se a importância relativa de cada TDA (I^{TDA}):

$$I_{n,k}^{TDA} = \frac{TDA_{n,k}}{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k TDA_{n,k} \right]}, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, k; \forall k \neq n \quad (14)$$

em que n e k são o número de regiões avaliadas.

Assim, tem-se o I^{TDA} para cada região, como mostra a Quadro 4.

QUADRO 4 – IMPORTÂNCIA RELATIVA DE CADA TDA EM TODA A ECONOMIA, SEGUNDA ETAPA

Exportação Hipotética do fluxo de comércio	para a região				
	R ₁	R ₂	....	R _{n-1}	R _n
R ₁		I ^{TDA} _{1,2}	....	I ^{TDA} _{1,n-1}	I ^{TDA} _{1,n}
R ₂	I ^{TDA} _{2,1}		....	I ^{TDA} _{2,n-1}	I ^{TDA} _{2,n}
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
R _{n-1}	I ^{TDA} _{n-1,1}	I ^{TDA} _{n-1,2}	....		I ^{TDA} _{n-1,n}
R _n	I ^{TDA} _{n,1}	I ^{TDA} _{n,2}	....	I ^{TDA} _{n,n-1}	

FORNTE: HADDAD; MENGOUB; E VALE (2018).

- 3) Por fim, considerando os valores da importância relativa para cada um dos termos calculados de I^{VAD} e I^{TDA}, calcula-se o IAV:

$$IAV_{n,k} = \frac{I_{n,k}^{TDA}}{I_{n,k}^{VAD}}, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, k; \forall k \neq n \quad (15)$$

assim como antes, o IAV é mensurado para cada região, como mostra a Quadro 5.

QUADRO 5 – ÍNDICE DE INTENSIDADE DE ÁGUA NO FLUXO COMERCIAL

Exportação Hipotética	para a região				
	R ₁	R ₂	....	R _{n-1}	R _n
de					
R ₁		IAV _{1,2}	....	IAV _{1,n-1}	I ^{TDA} _{1,n}
R ₂	IAV _{2,1}		....	IAV _{2,n-1}	I ^{TDA} _{2,n}
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
R _{n-1}	IAV _{n-1,1}	IAV _{n-1,2}	....		I ^{TDA} _{n-1,n}
R _n	IAV _{n,1}	IAV _{n,2}	....	IAV _{n,n-1}	

FORNTE: HADDAD; MENGOUB; E VALE (2018).

A interpretação do IAV pode ser feita da seguinte forma:

- (i) Se o valor do IAV for maior que 1, o fluxo comercial da região em questão é mais intenso em volume de água do que em valor adicionado; e
- (ii) Se o valor do IAV for menor que 1, o fluxo comercial da região em questão é mais intenso em valor adicionado do que em volume de água.

Resumindo, o IAV permite avaliar, por exemplo, se cada fluxo comercial de Curitiba com as demais regiões (Restante do Arranjo Populacional de Curitiba,

Restante do Estado do Paraná e Restante do Brasil) está colocando pressão no meio ambiente (em uso de água) em detrimento de geração de valor. Portanto, o IAV pode ser usado para a avaliação do *tradeoff* entre uso do recurso de água com o potencial econômico da região. Similarmente, pode-se avaliar essa relação para as demais regiões.

4 RESULTADOS

Esta seção do trabalho tem por finalidade apresentar e discutir os dados e resultados obtidos neste estudo. Na primeira parte são abordados os fluxos comerciais entre as regiões de Curitiba, restante do Arranjo Populacional de Curitiba, restante do Estado do Paraná e restante do Brasil. Posteriormente, são discutidos os resultados em termos de valor adicionado de cada região. Por fim, são relacionados os dados de comércio com os fluxos de água virtual que ocorrem entre as regiões.

4.1 FLUXO DE COMÉRCIO MIP

A Tabela 3 apresenta uma síntese dos fluxos de comércio da matriz de insumo-produto estimada por Haddad et al. (2020). Dessa maneira, a tabela mostra os fluxos de comércio entre o Município de Curitiba (R1), Restante do Arranjo Populacional de Curitiba (R2), Restante do Estado do Paraná (R3) e Restante do Brasil (R4). Embora seja esperado uma maior interação em termos de comércio entre as regiões com maior arranjo populacional, é possível observar também alguns padrões específicos. Para tal, a Tabela 4 e Tabela 5 apresentam as contribuições que cada região tem no total das compras (ótica da demanda) e no total das vendas (ótica da oferta).

TABELA 3 – SÍNTESE DA MATRIZ INTERREGIONAL DE INSUMO PRODUTO PARA AS QUATRO REGIÕES DE ANÁLISE

Regiões	Consumo Intermediário				Investimento + Família + Governo + ISFLSF				Exportações	Variação de Estoques	Total
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4			
R1	29.933	2.747	2.193	15.992	42.858	1.390	3.405	22.510	4.336	-180	125.184
R2	3.476	31.398	4.445	31.004	2.584	19.488	3.320	25.147	11.335	-1.145	131.052
R3	1.499	2.446	91.791	84.264	1.525	871	126.520	91.453	39.536	-1.305	438.598
R4	12.117	28.626	94.832	3.731.177	10.934	8.590	93.903	4.857.607	711.825	-17.577	9.532.035
Exterior	6.418	11.088	20.474	501.084	3.962	2.031	12.357	284.086	0	1.113	842.614
Impostos sobre produto	4.357	6.095	14.271	339.541	5.070	2.581	22.042	446.130	99	0	840.186
Valor Adicionado	67.383	48.652	210.592	4.828.974	0	0	0	0	0	0	5.155.601
Total	125.184	131.052	438.598	9.532.035	66.933	34.952	261.547	5.726.933	767.131	-19.096	17.065.270

NOTA: ISFLSF - Instituições sem fins de lucro a Serviço das famílias; R1 – Curitiba; R2 – Restante do Arranjo Populacional de Curitiba; R3 – Restante do Estado do Paraná; R4 – Restante do Brasil.

FONTE: HADDAD et al. (2020)

TABELA 4 – SÍNTESE DA MATRIZ INTERREGIONAL DE INSUMO PRODUTO – ÓTICA DA DEMANDA (%)

Regiões	Consumo Intermediário				Investimento + Família + Governo + ISFLSF				Exportações	Variação de Estoques	Total
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4			
R1	23,91%	2,10%	0,50%	0,17%	64,03%	3,98%	1,30%	0,39%	0,57%	0,94%	0,73%
R2	2,78%	23,96%	1,01%	0,33%	3,86%	55,76%	1,27%	0,44%	1,48%	6,00%	0,77%
R3	1,20%	1,87%	20,93%	0,88%	2,28%	2,49%	48,37%	1,60%	5,15%	6,84%	2,57%
R4	9,68%	21,84%	21,62%	39,14%	16,34%	24,58%	35,90%	84,82%	92,79%	92,05%	55,86%
Exterior	5,13%	8,46%	4,67%	5,26%	5,92%	5,81%	4,72%	4,96%	0,00%	-5,83%	4,94%
Impostos sobre produto	3,48%	4,65%	3,25%	3,56%	7,58%	7,39%	8,43%	7,79%	0,01%	0,00%	4,92%
Valor Adicionado	53,83%	37,12%	48,01%	50,66%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	30,21%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

NOTA: ISFLSF - Instituições sem fins de lucro a Serviço das famílias; R1 – Curitiba; R2 – Restante do Arranjo Populacional de Curitiba; R3 – Restante do Estado do Paraná; R4 – Restante do Brasil.

FONTE: HADDAD et al. (2020)

TABELA 5 – SÍNTESE DA MATRIZ INTERREGIONAL DE INSUMO PRODUTO – ÓTICA DA OFERTA (%)

Regiões	Consumo Intermediário				Investimento + Família + Governo + ISFLSF				Exportações	Variação de Estoques	Total
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4			
R1	23,91%	2,19%	1,75%	12,77%	34,24%	1,11%	2,72%	17,98%	3,46%	-0,14%	100,00%
R2	2,65%	23,96%	3,39%	23,66%	1,97%	14,87%	2,53%	19,19%	8,65%	-0,87%	100,00%
R3	0,34%	0,56%	20,93%	19,21%	0,35%	0,20%	28,85%	20,85%	9,01%	-0,30%	100,00%
R4	0,13%	0,30%	0,99%	39,14%	0,11%	0,09%	0,99%	50,96%	7,47%	-0,18%	100,00%
Exterior	0,76%	1,32%	2,43%	59,47%	0,47%	0,24%	1,47%	33,71%	0,00%	0,13%	100,00%
Impostos sobre produto	0,52%	0,73%	1,70%	40,41%	0,60%	0,31%	2,62%	53,10%	0,01%	0,00%	100,00%
Valor Adicionado	1,31%	0,94%	4,08%	93,66%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Total	0,73%	0,77%	2,57%	55,86%	0,39%	0,20%	1,53%	33,56%	4,50%	-0,11%	100,00%

NOTA: ISFLSF - Instituições sem fins de lucro a Serviço das famílias; R1 – Curitiba; R2 – Restante do Arranjo Populacional de Curitiba; R3 – Restante do Estado do Paraná; R4 – Restante do Brasil.

FONTE: HADDAD et al. (2020).

Com base no fluxo de comércio das diferentes regiões que compõe o arranjo econômico de Curitiba, observa-se que a absorção interna da capital paranaense é a principal base de consumo e venda da produção local. Cerca de 23,91% (R\$29.933 milhões em 2015) da demanda de Curitiba vem da sua própria produção. Além disso, a demanda final da Capital consome 34,24% (R\$42.858 milhões em 2015) da produção total do município (R\$125.184 milhões em 2015).

Vale ressaltar que os resultados da absorção interna de Curitiba são semelhantes aos de outras capitais do País, como São Paulo (consumo de 24% da produção total do município), Rio de Janeiro (consumo de 24% da produção total do município), e superiores aos resultados de outras, como Belo Horizonte (consumo de 18% da produção total do município), Recife (consumo de 20% da produção total do município) e Porto Alegre (consumo de 22% da produção total do município) (HADDAD et al., 2020).

Em geral, a absorção interna do Município de Curitiba é uma característica importante que pode ajudar a sustentar a produção local em momentos de crise em outras regiões do Estado e do País. Vale destacar que muito dessa absorção é explicada pela concentração populacional na capital paranaense, concentrando 17% da população do Estado do Paraná e 56% da população da RMC.

Além da capacidade de absorção interna da própria produção, os dados mostram que o Restante do Arranjo Populacional de Curitiba (R2) tem uma importância maior na dinâmica econômica de Curitiba do que o Restante do Estado do Paraná (R3). Em 2015, Curitiba (R1) vendeu, em termos de consumo intermediário, 2,19% de sua produção total para o Restante do Arranjo Populacional de Curitiba (R2), ao passo que negociou em torno 1,75% com o Restante do Estado (R3). Portanto, tem-se uma relação de comércio significativa entre as regiões do Restante do Arranjo Populacional de Curitiba. Conforme observado por Niehues (2014), esses fluxos comerciais estão relacionados com as políticas de concentração da industrialização do Estado do Paraná na região de Curitiba. Em contrapartida, quando se avalia o fluxo comercial de Curitiba em termos de demanda final, a proporção é maior com o Restante do Estado do Paraná (R3) do que com o Restante do Arranjo Populacional (R2), 2,72% contra 1,11%, respectivamente. Essa relação é uma importante forma de escoamento da produção do bem de consumo final das indústrias curitibanas.

Já a relação de Curitiba (R1) com o Restante do Brasil (R4) está mais ligada, pela ótica da demanda, à compra de insumos intermediários, com um percentual de

9,68% de todo o consumo da capital. Em termos de demanda final, Curitiba consome 16,34% de produtos do Restante do Brasil (R4). Esses valores de consumo de Curitiba são bem superiores aos observados com as demais regiões do Estado (3,88% com o Restante do Arranjo Populacional de Curitiba e 2,28% com o Restante do Estado do Paraná).

Olhando pela ótica da oferta, de tudo que é produzido por Curitiba (R1), 12,77% é demandado pelo Restante do Brasil (R4) como insumo intermediário e 17,98% como consumo final. Em relação aos números de outras capitais, Curitiba, mais uma vez, se assemelha a São Paulo (13% da produção destina-se ao Restante do Brasil como consumo intermediário), ao passo que no Rio de Janeiro a importância relativa do consumo intermediário do Restante do Brasil é maior (20%) (HADDAD et al., 2020).

Em relação as exportações, Curitiba demanda mais insumos importados de consumo intermediário (5,13%) do que insumos do próprio Arranjo Populacional (2,78%) e do Restante do Estado do Paraná (1,20%). Pelo lado da oferta, Curitiba exporta 3,46% da sua produção, valor superior aos fluxos de consumo intermediário com o Restante do Arranjo Populacional de Curitiba (R2), 2,19%, e com o Restante do Estado do Paraná (R3), 1,75%. Quando comparado a proporção da produção exportada, tanto o Restante do Arranjo Populacional de Curitiba, quanto o Restante do Estado do Paraná exportam percentuais maiores de suas produções, 8,65% e 9,01%, respectivamente. No caso do Restante do Estado do Paraná, com base nos dados da MIP, a maior exportação está relacionada com a produção agropecuária, a produção de manufaturas e, principalmente, de produtos alimentícios. Já no Restante do Arranjo Populacional de Curitiba as exportações mais elevadas são devido a produção de máquinas e equipamentos.

4.2 FLUXO DE COMÉRCIO E VALOR ADICIONADO

Com intuito de avaliar o montante de valor adicionado incorporado aos fluxos de comércio, a Tabela 6 apresenta os resultados da extração hipotética em termos de geração de valor (valor adicionado). Ou seja, a tabela apresenta o montante de valor adicionado incorporado aos fluxos de comércio (bens intermediários e finais) entre as regiões da matriz de insumo-produto. Foram suprimidas as interações dentro da

própria região com o intuito de avaliar somente o fluxo de comércio entre as regiões e os possíveis *trade-off* existentes, como discutido a seguir.

TABELA 6 – GERAÇÃO DE VALOR NO ARRANJO INTERREGIONAL DE CURITIBA

Regiões	R1	R2	R3	R4	Total
R1 – Curitiba	-	3.294	4.555	30.836	38.685
R2 – Restante do Arranjo Populacional de Curitiba	3.689	-	4.895	35.684	44.267
R3 – Restante do Estado do Paraná	2.004	2.228	-	119.363	123.596
R4 – Restante do Brasil	22.503	36.377	184.079	-	242.959
Total	28.197	41.899	193.530	185.883	449.508

FONTE: O autor (2021).

A Tabela 7 apresenta o percentual de geração de valor pela ótica da oferta. É possível observar, por exemplo, que 79,71% da geração de valor no comércio inter-regional de Curitiba (R1) está associado ao fluxo de comércio com o Restante do Brasil (R4). Mesmo com características diferentes entre a produção estadual e a produção da capital, quando se avalia geração de valor da capital com o fluxo de comércio do Restante do Estado do Paraná (R3), este representa 11,78%, ou seja, o Restante do Estado do Paraná, depois do Restante do Brasil, foi a região que mais gerou valor adicionado na capital.

TABELA 7 - PERCENTUAL DE CONTRIBUIÇÃO NA GERAÇÃO DE VALOR PERANTE OS VENDEDORES

Regiões	R1	R2	R3	R4	Total
R1 – Curitiba	-	8,51%	11,78%	79,71%	100,00%
R2 – Restante do Arranjo Populacional de Curitiba	8,33%	-	11,06%	80,61%	100,00%
R3 – Restante do Estado do Paraná	1,62%	1,80%	-	96,58%	100,00%
R4 – Restante do Brasil	9,26%	14,97%	75,77%	-	100,00%
Total	6,27%	9,32%	43,05%	41,35%	100,00%

FONTE: O autor (2021).

Da mesma forma aconteceu com o Restante Arranjo Populacional de Curitiba (R2), em que o Restante do Estado foi mais importante na geração de valor pelo fluxo de comércio do que a capital (11,06% contra 8,33%). Porém, quando se atenta para a geração de valor no comércio inter-regional do Restante do Estado do Paraná com as demais regiões, percebe-se que o impacto com Curitiba (R1) e com o Restante do Arranjo Populacional de Curitiba (R2) é semelhante. Em outras palavras, a demanda do Restante do Estado do Paraná (R3) foi tão importante na geração de valor adicionado para os municípios do Restante do Arranjo Populacional (R2) quanto foi

para Curitiba (R1). Este resultado reafirma a semelhança econômica entre Curitiba e os municípios da sua região metropolitana.

Interessante observar que o Restante Brasil (R4) teve maior capacidade de geração de valor no Restante Arranjo Populacional curitibano (R2) (14,97%) do que na capital paranaense (R1) (9,26%), ficando apenas atrás do restante do próprio estado (R3) (75,77%). A relação mais intrínseca com o Paraná é devida às principais bases produtivas nacionais e estaduais, que são a agropecuária e neste caso, as *commodities* agrícolas. Essa perspectiva demonstra que o Restante do Brasil (R4) tem um maior potencial de induzir a geração de valor no Restante do Estado do Paraná (R3) do que nas regiões menores dentro dele, como a no Restante do Arranjo Populacional de Curitiba (R2) e a capital paranaense (R1).

Por fim, a Tabela 8 apresenta a importância relativa do fluxo de comércio entre as regiões em relação ao total do fluxo de comércio inter-regional em termos de valor adicionado. Obviamente que o fluxo do Restante do Brasil (R4) com as regiões são as que apresentam os maiores percentuais, pois as possibilidades de fluxo comercial e, portanto, impacto na geração de valor adicionado em cada região são muito maiores.

TABELA 8 - PERCENTUAL DE CONTRIBUIÇÃO GERAÇÃO DE VALOR PERANTE O TODO

Regiões	R1	R2	R3	R4	Total
R1 – Curitiba	-	0,73%	1,01%	6,86%	8,61%
R2 – Restante do Arranjo Populacional de Curitiba	0,82%	-	1,09%	7,94%	9,85%
R3 – Restante do Estado do Paraná	0,45%	0,50%	-	26,55%	27,50%
R4 – Restante do Brasil	5,01%	8,09%	40,95%	-	54,05%
Total	6,27%	9,32%	43,05%	41,35%	100,00%

FONTE: O autor (2021).

Em termos relativos, o valor adicionado de toda a produção de Curitiba (R1) é próximo do Restante do seu Arranjo Populacional (R2) (8,61% e 9,85%, respectivamente). Além disso, o valor adicionado entre as regiões é semelhante, quando se compara a oferta e a demanda de Curitiba (R1), em relação aos municípios do Restante do Arranjo Populacional da capital (R2). Por fim, esses fluxos comerciais de geração de valor são base para a discussão da pressão do uso de água no comércio entre as regiões, que será abordado na próxima seção.

4.3 FLUXO DE COMÉRCIO DE ÁGUA

A Tabela 9 apresenta o volume de água incorporado no fluxo de comércio entre as regiões calculado a partir da extração hipotética de tais fluxos. É possível observar que considerando a ótica da demanda, Curitiba (R1) demanda mais água virtual no seu comércio do que Restante do Arranjo Populacional (R2) em que está inserida, entretanto exporta muito menos do que o Restante do Arranjo Populacional (R2). Logo há um descasamento expressivo na quantidade de água que flui pelas relações comerciais da capital em comparação com as outras regiões.

TABELA 9 – VOLUME DE ÁGUA INCORPORADO NO FLUXO DE COMÉRCIO ENTRE AS REGIÕES, EM Mm³/ano

Regiões	R1	R2	R3	R4	Total
R1 – Curitiba	-	8.840	24.676	143.432	176.948
R2 – Restante do Arranjo Populacional de Curitiba	131.991	-	137.790	874.317	1.144.097
R3 – Restante do Estado do Paraná	784.507	628.346	-	34.131.685	35.544.538
R4 – Restante do Brasil	3.245.276	3.055.543	26.108.562	-	32.409.381
Total	4.161.774	3.692.729	26.271.027	35.149.434	69.274.964

FONTE: O autor (2021).

Ainda avaliando os dados brutos e colocando em perspectiva, o volume total de água embutido no fluxo de comércio de Curitiba (R1), considerando a oferta da capital, seria o equivalente à uma vazão de 5.610.990,88 L/s, que seria 3,5 vezes mais que a vazão média das cataratas do Iguaçu. Indo além, considerando os dados do relatório de conjuntura dos recursos hídricos do Estado do Paraná do ano de 2020 (Instituto Terra e Água, 2020), a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu, em que Curitiba está situada, tem uma disponibilidade hídrica de 11,15 L/s, mais de 500 mil vezes menor que a oferta de água no fluxo comercial da capital. O impacto na capital não é maior, pois ao passo que oferta um volume expressivo de água, demanda também por meio dos fluxos comerciais. Esse equilíbrio entre os fluxos é que ajuda a manter, de certa forma, a disponibilidade hídrica da região.

Avaliando os dados relativos do volume de água virtual presente no fluxo comercial pela ótica da oferta (Tabela 10), o fluxo de água de Curitiba (R1) é mais intenso com o Restante do Estado do Paraná (R3) do que com o Restante do seu Arranjo Populacional (R2). Da mesma forma como foi observado com a respeito da capacidade de geração de valor, em que o fluxo comercial com maior percentual de

geração de valor também estava associado com o Restante do Estado (R3) e não com os municípios do Restantes do seu Arranjo Populacional (R2).

TABELA 10 – PERCENTUAL DO VOLUME DE ÁGUA DE CADA REGIÃO PERANTE A ÓPTICA DA OFERTA

Regiões	R1	R2	R3	R4	Total
R1 – Curitiba	-	5,00%	13,95%	81,06%	100,00%
R2 – Restante do Arranjo Populacional de Curitiba	11,54%	-	12,04%	76,42%	100,00%
R3 – Restante do Estado do Paraná	2,21%	1,77%	-	96,03%	100,00%
R4 – Restante do Brasil	10,01%	9,43%	80,56%	-	100,00%
Total	6,01%	5,33%	37,92%	50,74%	100,00%

FONTE: O autor (2021).

Da mesma forma, os municípios do Restante do Arranjo Populacional de Curitiba (R2) e o Restante do Estado do Paraná (R3), também apresentam um fluxo mais importante, em termos relativos. Ainda assim, este é próximo ao fluxo de água com a capital (R1).

Em relação aos fluxos de água em termos relativos com total de água transacionados, Tabela 11, a proporção de água nos fluxos comerciais de Curitiba (R1) e do Restante do seu Arranjo Populacional (R2) é pouco representativa no todo, como já era de se esperar.

TABELA 11 – PERCENTUAL DOS FLUXOS DE ÁGUA POR MEIO DOS FLUXOS COMERCIAIS

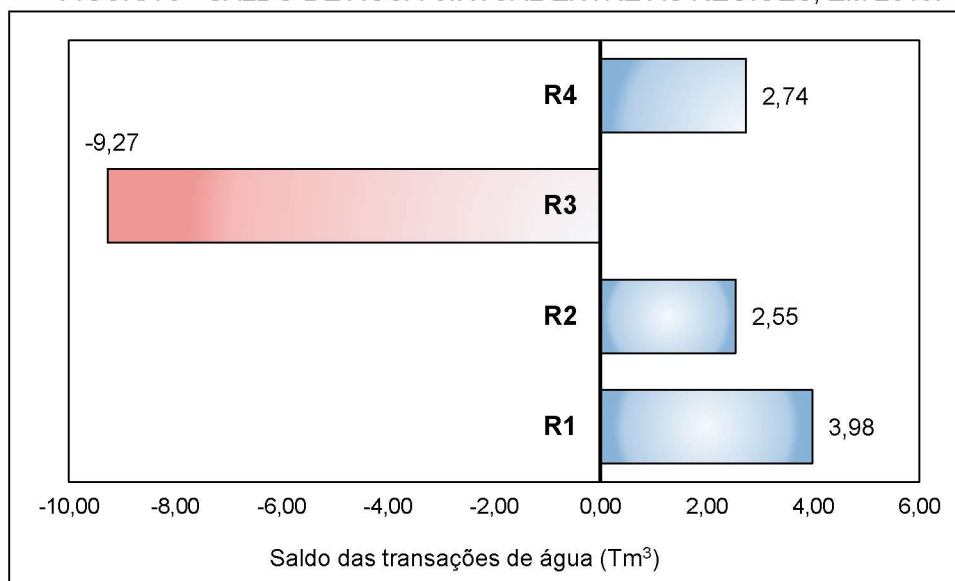
Regiões	R1	R2	R3	R4	Total
R1 – Curitiba	-	0,01%	0,04%	0,21%	0,26%
R2 – Restante do Arranjo Populacional de Curitiba	0,19%	-	0,20%	1,26%	1,65%
R3 – Restante do Estado do Paraná	1,13%	0,91%	-	49,27%	51,31%
R4 – Restante do Brasil	4,68%	4,41%	37,69%	-	46,78%
Total	6,01%	5,33%	37,92%	50,74%	100,00%

FONTE: O autor (2021).

Entretanto, para os municípios do Estado do Paraná (excluindo Curitiba e seu Arranjo Populacional) (R3), o fluxo de água é mais intenso e mais representativo do todo. Entre regiões, o Restante do Estado do Paraná (R3) tem o maior fluxo ofertado de água, superior ao brasileiro, quando comparado apenas o comércio entre as regiões. Situação semelhante com o Paraná, Brum et al. (2019) determinaram para o Estado do Mato Grosso do Sul, com uma exportação líquida de água muito alta. Segundo os autores, o déficit do fluxo de água aconteceu devido a matriz econômica do estado ser baseada na agropecuária, principalmente nas plantações de soja e

milho, culturas que apresentaram o maior déficit. Para visualizar mais facilmente o saldo de água virtual nos fluxos comerciais das regiões de estudo, a Figura 3 apresenta o balanço de água virtual. Nesta análise, vê-se que apenas o Restante do Estado do Paraná (R3) apresenta um déficit no balanço de água dos fluxos comerciais entre as regiões, todas as demais regiões têm mais entradas de água do que saída.

FIGURA 3 - SALDO DE ÁGUA VIRTUAL ENTRE AS REGIÕES, EM 2015.



NOTA: R1 – Curitiba; R2 – Restante do Arranjo Populacional de Curitiba; R3 – Restante do Estado do Paraná; R4 – Restante do Brasil.
 FONTE: O autor (2021).

O Município de Curitiba (R1) apresentou o maior saldo positivo entre as regiões, cerca de 4 milhões de metros cúbicos no ano de 2015. Logo, pode-se deduzir que a matriz econômica e, principalmente, a matriz industrial não é baseada no consumo de água para a sua produção. Aliás, Curitiba demanda muitos produtos com o uso intensivo de água, que neste caso são caracterizados pelos produtos alimentícios, que ou são consumidos diretamente ou são insumos para as indústrias estabelecidas na capital.

Comparando esse resultado com o fluxo de comércio apresentado na Tabela 8, há muito mais saída de água do Estado do que de geração de valor adicionado. Em outras palavras, a água ofertada para o Restante do Brasil (R4) tem um valor muito baixo. Avaliando a posição do Restante do Brasil (R4) no contexto de fluxo de comércio com as regiões paranaense, o saldo é positivo, com mais entrada de produtos intensivos no uso da água do que saída. Entretanto, quando se analisa o Restante do Brasil (R4) em um contexto internacional, ele se torna um grande exportar

de água, com mais de 875 bilhões de m³ de água exportados em oito anos (BERGMANN, 2019). Para Curitiba (R1), os fluxos comerciais são mais intensos e representativos no todo do que os fluxos de água, sendo 8,61% do todo da geração de valor contra 0,26% da oferta de água para todo o sistema. Em outras palavras, Curitiba (R1) oferta mais produtos com valor agregado do que com água e demanda mais produtos com água do que com valor agregado. Nessa mesma perspectiva, o Restante do Arranjo Populacional de Curitiba (R2) também apresenta mais representatividade dos fluxos de geração de valor do que dos fluxos de água (9,85% do total de indução de valor contra 1,65% da oferta de água).

A Tabela 12 apresenta o índice de intensidade relativa de água no comércio (IIA). Os valores em vermelho (maior que 1) representam que há uma maior pressão sobre o uso do recurso água perante a geração de valor do fluxo comercial. A discussão desse índice passa pelo *tradeoff* que as regiões enfrentam, onde em um dos lados está a capacidade de geração de valor adicionado e no outro o fluxo de água. Invariavelmente, o aumento na capacidade de geração de valor acarreta o maior consumo de água e assim, maior fluxo desta. Essa relação é interessante, pois consegue agregar a discussão econômica do desenvolvimento de atividades econômicas com a pressão do uso do recurso hídrico, bem essencial para todos.

TABELA 12 – ÍNDICE DE INTESIDADE DE ÁGUA NO FLUXO COMERCIAL

	R1	R2	R3	R4
R1 – Curitiba	-	0,00	0,00	0,00
R2 – Restante do Arranjo Populacional de Curitiba	0,22	-	0,17	0,15
R3 – Restante do Estado do Paraná	2,57	1,85	-	1,87
R4 – Restante do Brasil	0,94	0,54	0,92	-

FONTE: O autor (2021).

Com relação aos resultados, o Restante do Estado do Paraná (R3) teve em todos os seus fluxos de oferta mais pressão no ambiente do que geração de valor monetário. Em outras palavras, os fluxos comerciais ofertados são mais impactantes para o meio ambiente do que benéficos economicamente. Independente da intensidade dos valores, o restante do estado apresenta uma situação ambiental crítica, quando considerado o fluxo de água virtual dos seus produtos. Importante ressaltar que o fluxo de água virtual não considera a oferta hídrica do estado, o que poderia amenizar a pressão hídrica do estado.

Mesma situação já havia sido apontada por Bistafa (2019). O autor avaliou o comércio inter-regional do estado do Paraná e apontou que o comércio do Estado poderia sofrer um desbalanceamento da oferta de demanda de água, em função do crescimento da sua base econômica (agricultura). Essa mesma conclusão foi apresentada por Zangiski (2019), em que avaliou o comércio de água virtual do Estado do Paraná, indicando, entre outros resultados, que o grande ponto de exportação de água está no comércio com o Estado de São Paulo e o restante do Brasil.

Em contrapartida, tanto o Município de Curitiba (R1), quanto o Restante do seu Arranjo Populacional (R2) possuem mais ganhos econômicos do que perdas ambientais, em seus fluxos de comércio. Com essa visão, a estratégia econômica dessas regiões tem favorecido ao bem-estar do meio ambiente e ainda assim, tem gerado valor para a região. Porém, há de se ressaltar que não está sendo considerada a oferta hídrica na capital e região, o que poderia alterar o cenário de bem-estar, até por quê o que se tem visto é um problema hídrico expressivo no ano de 2020 e 2021 em Curitiba. Apesar disso, Cassilha et al. (2020) critica a forma como a gestão dos recursos hídricos da capital paranaense é feita, apontando a dificuldade de se fazer uma gestão efetiva com a influência direta de interesses políticos na região, especialmente de setores produtivos. Na mesma linha que os autores anteriores, Gil et al. (2020) apontam o consumo excessivo de água pelo setor industrial da RMC, indicando até novas formas de captação de água para evitar o colapso do sistema de abastecimento. Porém observa-se no presente estudo que a pressão ambiental dos recursos hídricos, considerando a metodologia empregada, não está necessariamente nos setores econômicos da capital.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo se propôs a avaliar o *tradeoff* entre geração de valor adicionado e pressão no uso de água dado os fluxos comerciais de Curitiba, Arranjo Populacional de Curitiba, restante do Estado do Paraná e restante do Brasil. Foi possível perceber que a capital paranaense de fato tem no seu fluxo comercial mais vantagem para gerar valor adicionado do que pressão no consumo de água. Mesmo com toda a problemática ambiental de áreas densamente urbanizadas, devido ao consumo de água pela população e pelos setores econômicos, Curitiba tem um fluxo de água virtual positivo, quando se avalia a entrada e saída de água virtual.

Na mesma linha que Curitiba, o Arranjo Populacional da capital também apresentou uma capacidade de gerar valor adicionado mais relevante do que pressão no uso da água. A dinâmica dessas duas regiões foi observada em todas as análises feitas, seja do valor adicionado que uma região induz a outra, ou na pressão ambiental que o fluxo comercial entre elas impõe. Ambas têm características econômicas parecidas e fluxo muito mais intenso não só de produtos, mas de pessoas também.

Por fim, o restante do Estado do Paraná foi a região que teve a pressão sobre o uso da água destacada, pois o seu fluxo comercial gera mais impacto ambiental do que valor adicionado. Juntando a isso, o uso de água no Estado é muito alto e a pressão sobre os recursos hídricos é enorme, tanto economicamente quanto socialmente. Parte da explicação desse problema pode estar relacionado com o tipo de produtos que o estado se especializa, produtos do agronegócio, que são reconhecidamente demandantes de muita água. Logo, o Estado tende a exportar mais água do que importar em seus fluxos comerciais.

Para este estudo é importante ressaltar algumas limitações enfrentadas, como a questão do uso de coeficientes de água não regionalizados para as regiões de estudo (Curitiba e demais regiões). Fato que já poderia ser indicado como uma possível diretriz para futuros estudos.

Além da questão citada, para se entender melhor o fluxo virtual da água e os principais setores econômicos envolvidos, recomenda-se realizar o mesmo estudo, porém de forma desagregada, considerando os diferentes setores econômicos de cada região. Esse tipo de estratégia poderá abrir a perspectiva para discussão de políticas de desenvolvimento econômicas que sejam menos impactantes ambientalmente.

REFERÊNCIAS

ALLAN, T.; LANT, C. Virtual water: the water, food and trade nexus, useful concept or misleading metaphor. **Water International**, v. 28, n.1, p. 4-11, 2003.

ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019: relatório pleno**, Brasília: ANA, 2017, 100p.

ASHBY, M. F. **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão/coordenadores** Maria do Carmo Calijuri, Davi Gasparini Fernandes Cunha. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 789 p.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. xi, 844 p.

BERGMANN, A. 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.

BISTAFA, P. V. **Comércio inter-regional e uso de água: uma análise de insumo-produto para o Estado do Paraná**. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Setor de Ciências Sociais, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 76. 2019.

BRUM, A. K.; FRAINER, D. M.; SOUZA, C. C.; REIS NETO, J. F. Análise do fluxo de água virtual: uma abordagem a partir da balança comercial de Mato Grosso do Sul. **Interações**, v. 20, n. 1, p. 297-313, 2019.

CARMO, R. L.; OJIMA, A. L. R.; OJIMA, R.; NASCIMENTO, T. T.; Água virtual, escassez e gestão: O Brasil como grande “exportador” de água. **Ambiente & Sociedade**. v. X, n.1, p. 83-96, 2007.

CASSILHA, S. A.; GADDA, L. M. C.; WEINS, N. W.; SCHMIDT, A. F. J. O papel das instituições subnacionais na aderência da agenda de integração hídrica: lições da governança hídrica metropolitana de Curitiba. **Cidades, Comunidades e Território**, v. 40, p. 200-218, 2020.

GIL, W. T.; CATAPAN, M. F.; DESCHAMPS, F.; VALLE, P. D. A análise da disponibilidade de recursos hídricos na região metropolitana de Curitiba e a importância das indústrias em buscar fontes alternativas de captação de água. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 13741-13756, 2020.

HADDAD, E. A.; ARAÚJO, I. F.; PEROBELLI, F. S. **Estrutura das Matrizes de Insumo-Produto Dos Arranjos Populacionais do Brasil, 2015 (Nota Técnica)**. São Paulo: TD-Nereus, 2020, 28p.

HADDAD, E. A.; MENGOU, F. E.; VALE, V. A. Water content in trade: a regional analysis for Morocco. **Economic Systems Research**, v. 21, n. 4, p. 565-584, 2020.

HADDAD, E. A.; MENGOU, F. E.; VALE, V. A. Water content in trade: a regional analysis for Morocco. **OCP Policy Center**, RP18/03, 2018.

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.; 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.

IAT. Instituto Água e Terra. **Bacias Hidrográficas do Paraná**. Disponível em: http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/imagem/2020-07/bacias_hidrograficas_a4.jpg. Acesso em: 25 fev. 2021.

IAT. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos do Estado do Paraná**. Relatório Pleno. Curitiba: IAT – Instituto Água e Terra, 2020. 74p.

IBGE. Em 2017, o Brasil consumia 6,3 litros d'água para cada R\$ 1 gerado pela economia. **Agência IBGE notícias**. Brasília. Editoria: Estatísticas Econômicas. 2020.

LENZEN, M.; KANEMOTO, K.; MORAN, D.; GESCHKE, A. Mapping the Structure of the World Economy. **Environmental Science & Technology**, v. 46, n. 15, p. 8374-8381, 2012.

LENZEN, M.; MORAN, D.; KANEMOTO, K.; GESCHKE, A. Building Eora: A Global Multi-regional Input-Output Database at High Country and Sector Resolution. **Economic Systems Research**, v. 25, n. 1, p. 20-49, 2013.

LI, C.; LIU, B. Air pollution embodied in China's trade with the BR countries: Transfer pattern and environmental implication. **Journal of Cleaner Production**, v. 247, p. 119-126, 2020.

LOS, B.; TIMMER, M.P.; DE VRIES, G.J. Tracing Value-Added and Double Counting in Gross Exports: comment. **American Economic Review**, v. 106, n. 7, p. 1958-1966, 2016.

MAY, P. H. **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 379p.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, p. 1577-1600, 2011.

NIEHUES, L. G. A Industrialização do Paraná: Abordagens de um Processo de Desenvolvimento Concentrado. **Geographia Opportuno Tempore**, v.1, p. 454-466, 2014.

OLIVEIRA, S. D. **Fluxo de Água Virtual no Brasil**. 2015. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ONU. Organização das Nações Unidas. Human Development Report 2006. UNDP, 2006.

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

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Disponível em: <<http://web.unep.org/regions/brazil/>>. Acesso em: 26 fev. 2021.

VISENTIN, J. C. **O uso da água e a interdependência das economias regionais: o caso das Bacias Hidrográficas brasileiras.** 2017. Tese. (Doutorado em Economia), Universidade de São Paulo, São Paulo.

WICHELNS, D. Virtual Water: A Helpful Perspective but not a Sufficient Policy Criterion. **Water Resource Management**, v. 24, p. 2203-2219, 2010.

XU, C.; JIA, M.; XU, M.; LONG, Y.; JIA, H. Progress on environmental and economic evaluation of low-impact development type of best management practices through a life cycle perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 213, p. 1103-1114, 2019.

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**, v. 10, p. 443-454, 2006.

ZANGISKI, G. H. **Análise do comércio de água virtual no Estado do Paraná: uma abordagem de insumo-produto.** Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Setor de Ciências Sociais, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 51. 2019.