



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS



**MODELO INSUMO-PRODUTO NAS RELAÇÕES INTERSETORIAIS DE
ÁGUA NO BRASIL**

PEDRO CÉZAR PEREIRA COELHO

Campina Grande - PB
2016

**MODELO INSUMO-PRODUTO NAS RELAÇÕES INTERSETORIAIS DE
ÁGUA NO BRASIL**

PEDRO CÉZAR PEREIRA COELHO

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (PPGRN/CTRN/UFCG), como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Recursos Naturais.

Área de Concentração: Sociedade e Recursos Naturais

Linha de Pesquisa: Gestão dos Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva

Campina Grande - PB
2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C672m Coelho, Pedro César Pereira.
Modelo insumo - produto nas relações intersetoriais de água no Brasil / Pedro César Pereira Coelho. – Campina Grande, 2016.
102 f.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2016.
"Orientação: Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva".
Referências.

1. Água - Consumo Direto e Indireto. 2. Matriz de Coeficiente.
3. Modelo de Leontief Multiplicadores. I. Silva, Vicente de Paulo Rodrigues da. II. Título.

CDU 628.17(043)

Dedico esta Tese a minha mãe **Luiza Jacinto**, uma verdadeira doutora na vida, que a centenas de pessoas (alunos) orientou a resolver os problemas. A minha esposa e filho, **Rossana Cerbina Grisi Coelho** e **Pedro Henrique Grisi Coelho**, que foram e tem sido o farol que busca orientar este barco que por suas limitações teima em desviar a rota ensinada por **Jesus**.

AGRADECIMENTOS

Aos meus guias espirituais que sempre direcionaram meus caminhos, mesmo diante de minhas teimosias e limitações, em especial, àquele que nesta encarnação soube mostrar-me o caminho através do exemplo e na erraticidade está sempre ao meu lado em quase todos os momentos procurando orientar e mostrar os caminhos das pedras no crescimento pessoal e moral, meu pai, **Jaime Coelho**.

Aos meus irmãos, **Terezinha Pereira de Melo, Maria do Socorro Pereira de Lima, Maria Cristina Pereira Coelho, Maria Martha Pereira Coelho, José Marcos Pereira Coelho** (in memoriam), **Maria Luiza Pereira Coelho, Maria Patrícia Pereira Coelho** e **Jaime Pereira Coelho Filho Segundo**, por todos os momentos vividos que foram a base de minha educação e formação.

Ao orientador, Prof. Dr. **Vicente de Paulo Rodrigues da Silva**, um verdadeiro educador, um verdadeiro Doutor na arte de fazer ciência, de promover a busca por conhecimento e compartilhar experiências para promover o crescimento pessoal e profissional de seus orientandos. Quero ser assim quando crescer! Que Deus o ilumine sempre!

À Profa. Dra. **Waleska Silveira Lira**, que foi a responsável pelo início da trajetória e uma grande orientadora.

A todos os professores que nos ajudaram com toda paciência e um agradecimento especial ao Prof. Dr. **José Dantas Neto**, pela sempre gentil atenção e orientação. A **Cleide Santos**, por sua sempre carinhosa ajuda e encaminhamentos.

A todos os colegas do curso de Recursos Naturais e um especial agradecimento aos companheiros **Ademir Montes Ferreira, Fábio Giovanni de Araújo Batista** e **Virgínia Mirtes de Alcântara Silva** pela ajuda e aconselhamentos em momento importantes dessa caminhada.

À todos os parceiros do Grupo 6 Sigma, **Ewerton Freire Lima, Alex Raia, Alan Vidal, Esdras Vidal, Diego Pontes, Enac Lima, Heric Pontes, Damião Flavio dos Santos, Rodrigues Lira**, pela paciência e ajuda.

Ao amigo **Emir de Souza Manhães Segundo** pelos bons 25 anos de amizade.

À **UEPB**, que possibilitou esta oportunidade de crescimento profissional e pessoal. À **CAGEPA**, empresa com grandes profissionais, e a **ANA** que gentilmente ajudaram no fornecimento dos dados base desde trabalho.

À todos os amigos da **AME** (Associação Municipal de Espiritismo) pela paciência e pela ajuda no melhoramento de nossas imperfeições.

Fé inabalável é somente aquela que pode encarar a razão face a face, em todas as épocas da humanidade.

Allan Kardec

Nascestes no lar que precisavas.

Vestistes o corpo físico que merecias.

Moras no melhor lugar que Deus poderia te proporcionar, de acordo com teu adiantamento.

Possuis os recursos financeiros coerentes com as tuas necessidades, nem mais, nem menos, mas o justo para as tuas lutas terrenas.

Teu ambiente de trabalho é o que elegeste espontaneamente para a tua realização.

Teus parentes e amigos são as almas que atraístes com tuas próprias afinidades.

Portanto, teu destino está constantemente sob teu controle.

Tu escolhes, recolhes, eleges, atraís, buscas, expulsas, modificas tudo aquilo que te rodeia a existência.

Teus pensamentos e vontade são a chave de teus atos e atitudes, são as fontes de atração e repulsão na tua jornada vivencial.

Não reclames nem te faças de vítima. Antes de tudo, analisa e observa. A mudança está em tuas mãos.

Reprograma tua meta, busca o bem e viverás melhor.

Espírito Hammed

Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.

Chico Xavier

MODELO INSUMO-PRODUTO NAS RELAÇÕES INTERSETORIAS DE ÁGUA NO BRASIL

Resumo

O modelo insumo-produto é uma teoria amplamente utilizada na economia que ao longo das últimas duas décadas teve sua aplicação estendida a diversas áreas do conhecimento. Nos últimos dez anos alguns pesquisadores usaram esse conceito para mensurar as relações econômicas associadas a demanda de água para setores da economia em cidades com características de escassez de recursos hídricos. Neste trabalho foram mensuradas algumas relações de consumo direto e indireto de água dos setores agropecuário, industrial, comercial e público a nível municipal, estadual e nacional. Na região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa os setores agropecuário e comercial apresentaram elevados percentuais de consumo direto de água, da ordem de 88% e 71%, respectivamente, enquanto o industrial apresentou percentual de 97% de consumo indireto em relação ao total de consumo. Para cada um metro cúbico de aumento de demanda de água, o setor industrial provoca um consumo adicional no agropecuário de 27 m³. No estado da Paraíba para cada aumento de um metro cúbico de água no setor industrial provoca aumento no setor agropecuário de 8 m³. O setor agropecuário apresentou para todos os Estados da federação elevado consumo direto de água, sendo a região Nordeste, a maior consumidora, com 35% do total, enquanto o maior consumo de água na forma virtual (consumo indireto) no Brasil encontra-se no setor industrial. No setor industrial, cada metro cúbico consumido diretamente provoca, no mesmo, a nível nacional um consumo médio adicional de água de 2 m³ e no setor agropecuário de 9 m³.

Palavras-chave: Consumo direto e indireto de água, matriz de coeficientes, modelo de Leontief multiplicadores.

MODEL INPUT-OUTPUT IN RELATIONS WATER INTERSECTORAL IN BRAZIL

Abstract

The input-output model is a theory widely used in the economy over the past two decades which has been applied to various areas of knowledge. Some researchers have used this concept to measure the economic relations associated with water demand for economy areas in with shortages of fresh water. In this work we have measured water relationship (direct and indirect form) from agricultural, industrial, commercial and public sectors for municipal, state and national levels in Brazil. In the Epiitácio Pessoa Dan, the agricultural and commercial sectors showed a high percentage of direct water use of 88% and 71%, respectively, while the industrial sector is 97% as indirect consumption. For each one cubic meter increase of water demand, the industrial sector causes an additional water consumption in the agricultural sector of 27 m³. In the state of Paraíba, for each one cubic meter of water increase the industrial sector leads to an increase in agricultural sector of 8 m³. The agricultural sector showed high direct water consumption in all states of Brazil. The Northeast region is the largest water consumer with 35% of the total, while the highest water consumption in virtual form (indirect consumption) in Brazil is the industrial sector. In the industrial sector, for each one cubic meter consumed directly causes an additional national water consumption of 2 m³ while for the agricultural sector is 9 m³.

Keywords: Water consumption, coefficient matrix, Leontief model, multiplier matrix.

Sumário

| | |
|---|----|
| LISTA DE FIGURAS | 11 |
| LISTA DE QUADRO | 11 |
| LISTA DE TABELAS | 12 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 17 |
| 2.1. Panorama dos recursos hídricos no Brasil | 17 |
| 2.2. O modelo insumo-produto | 18 |
| 2.3. A conceituação do modelo insumo-produto | 20 |
| 2.4. O modelo insumo-produto econômico e ambiental..... | 23 |
| 2.5. O modelo insumo-produto aplicado ao consumo de água..... | 25 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 30 |
| 3.1. Tipo de pesquisa | 30 |
| 3.2. O modelo de insumo-produto tradicional | 30 |
| 3.3. Quadro de transações | 31 |
| 3.4. Quadro de coeficientes técnicos | 34 |
| 3.5. Matriz dos coeficientes de interdependência..... | 35 |
| 3.6. Interpretação econômica da matriz inversa de Leontief | 38 |
| 3.7. Analisando os coeficientes da matriz inversa de Leontief..... | 40 |
| 3.8. Multiplicadores | 42 |
| 3.9. Extensão do modelo insumo-produto a parâmetros ambientais | 45 |
| 3.9.1. Cálculo exógeno dos impactos de emissões | 45 |
| 3.10. O modelo insumo-produto prolongado para consumo de água | 47 |
| 3.11. Indicadores do consumo de água..... | 48 |
| 3.12. Efeito multiplicador do consumo de água | 50 |
| 3.13. Matriz de relações inter setoriais de água e matrizes associadas..... | 51 |
| 3.14. Dados do modelo insumo-produto..... | 53 |
| 3.14.1. Processamento dos dados | 53 |
| 3.15. Área de Estudo – Estado da Paraíba e Barragem Epitácio Pessoa | 54 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 56 |
| 4.1. Área de Estudo – Estado da Paraíba e Região da Barragem Epitácio Pessoa..... | 56 |
| 4.1.1. Consumo de água por categoria no Estado da Paraíba | 56 |
| 4.1.2. Matriz inversa de Leontief..... | 56 |

| | |
|--|-----|
| 4.1.3. Indicador do consumo direto de água do estado da Paraíba | 57 |
| 4.1.4. Indicador do consumo total de água do estado da Paraíba | 58 |
| 4.1.5. Distribuição percentual do consumo de água no Estado da Paraíba | 58 |
| 4.1.6. Multiplicadores do consumo de água do Estado da Paraíba..... | 59 |
| 4.1.7. Coeficientes de transações de água do estado da Paraíba..... | 61 |
| 4.2. Área de Estudo – Demais Estados brasileiros | 63 |
| 4.2.2. Distribuição do volume de água consumido pelo setor industrial | 65 |
| 4.2.3. Distribuição do PIB do setor agropecuário..... | 66 |
| 4.2.4. Distribuição do PIB do setor industrial | 66 |
| 4.2.6. Indicador do consumo total de água | 70 |
| 4.2.7. Distribuição percentual do consumo de água | 72 |
| 4.2.8. Multiplicadores do consumo de água | 75 |
| 4.2.9. Coeficientes de transações de água..... | 78 |
| 5. CONCLUSÕES | 85 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 87 |
| ANEXOS | 94 |
| Anexo I. Matriz de insumo-produto Brasil 2000/2005..... | 95 |
| Anexo II. PIB – Estados 2010 – Setor Agropecuário | 97 |
| Anexo III. PIB – Estados 2010 – Setor Indústria Extrativa..... | 99 |
| Anexo IV. PIB – Estados 2010 – Setor Indústria de Transformação | 101 |
| Anexo V. PIB – Paraíba e Região Abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa – Setores Agropecuário, Industrial, Comercial e Público - 2012 | 103 |
| Anexo VI. Consumo de água dos setores agropecuário e industrial – Brasil 2010104 | |
| Anexo VII. Consumo de água por categorias - Paraíba – 2012..... | 105 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa, com os 19 municípios que recebem água através da CAGEPA | 55 |
| Figura 2. Mapa político do Brasil | 63 |
| Figura 3. Distribuição do volume consumido de água pelo setor agropecuário do Brasil | 64 |
| Figura 4. Distribuição do volume consumido de água pelo setor industrial do Brasil... | 65 |
| Figura 5. Distribuição do PIB do setor agropecuário no Brasil..... | 67 |
| Figura 6. Distribuição do PIB do setor industrial no Brasil | 68 |

LISTA DE QUADRO

| | |
|--|----|
| Quadro 1. Quadro de coeficiente técnicos..... | 34 |
| Quadro 2. Quadro de descrição de variáveis. | 35 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Insumo-Produto tradicional | 31 |
| Tabela 2. Volume de água consumido e Produto Interno Bruto (PIB) por setores no Estado da Paraíba e região da Barragem Epitácio Pessoa – Ano 2012 | 56 |
| Tabela 3. Coeficientes da matriz inversa de Leontief dos setores agropecuário, industrial, comercial e público do Brasil | 57 |
| Tabela 4. Indicador de intensidade de consumo direto de água (W_j^{d*}) para os setores do Estado da Paraíba e região da Barragem Epitácio Pessoa – Ano 2012 | 57 |
| Tabela 5. Indicador de consumo total (W^{t*}) por setores do estado da Paraíba e da região da Barragem Epitácio Pessoa – Ano 2012..... | 58 |
| Tabela 6. Distribuição percentual de consumo de água por categoria do Estado da Paraíba e região da Barragem Epitácio Pessoa – Ano 2012..... | 59 |
| Tabela 7. Multiplicador de consumo direto de água (MCA), para os setores do Estado da Paraíba e da região da Barragem Epitácio Pessoa – Ano 2012 | 60 |
| Tabela 8. Multiplicador de consumo indireto de água (MCI), por setores do estado da Paraíba e da região da Barragem Epitácio Pessoa – Ano 2012..... | 60 |
| Tabela 9. Matriz de coeficientes de transações de água para o estado da Paraíba – Ano 2012 | 61 |
| Tabela 10. Matriz de coeficientes de transações de água para região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa – Ano 2012 | 62 |
| Tabela 11. Indicador de intensidade de consumo direto (W_j^{d*}) por setores dos Estados do Brasil – Ano 2010..... | 69 |
| Tabela 12. Indicador de intensidade de consumo total (W^{t*}) por setores dos estados do Brasil – Ano 2010..... | 71 |
| Tabela 13. Distribuição percentual de consumo de água para o setor agropecuário dos estados do Brasil – Ano 2010..... | 73 |
| Tabela 14. Distribuição percentual de consumo de água para o setor industrial dos estados do Brasil – Ano 2010..... | 75 |
| Tabela 15. Multiplicador de consumo direto de água (MCA) para os setores agropecuário e industrial dos estados do Brasil – Ano 2010..... | 76 |
| Tabela 16. Multiplicador de consumo indireto de água (MCI) por setores dos estados do Brasil – Ano 2010..... | 78 |

| | |
|---|----|
| Tabela 17. Coeficientes de transações de água para o setor agropecuário dos estados do Brasil – Ano 2010..... | 80 |
| Tabela 18. Coeficientes de transações de água para o setor industrial dos estados do Brasil– Ano 2010..... | 81 |

1. INTRODUÇÃO

A água é o mais importante de todos os recursos naturais, indispensável para a existência da humanidade. Cerca de 77% da superfície terrestre são cobertas por água; somente 2,5% de toda água presente na terra estão na forma doce, sendo 97,5% restantes, água salgada distribuída pelos mares e oceanos (Rebouças, 2003). Através dos séculos, a complexidade dos múltiplos usos da água, aumentou e produziu um importante conjunto de degradação e poluição. Os usos excessivos e as retiradas constantes reduziram, em muito, a disponibilidade hídrica no mundo. Esses fatores vêm gerando, em várias regiões do planeta, incontáveis problemas de escassez de água (Tundisi & Matsumura, 2008).

Durante as últimas décadas, o crescimento populacional, a urbanização e a industrialização ampliaram a necessidade de recursos naturais, o que levou à sua exploração descontrolada, com os consequentes efeitos negativos no meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas. Dentre esses recursos, a água é um dos mais afetados por esse processo, pois à medida que o mundo enriquece e se industrializa, as pessoas vão consumindo cada vez mais água. No século 20, a população quadruplicou, enquanto o consumo de água cresceu sete vezes. Essa tendência mantém-se com a elevação de consumo dos setores agrícola, industrial e residencial, sobretudo nas cidades (Leitão, 2009). Quando se considera a principal forma de uso de água no planeta, a irrigação das culturas, é que se percebe como a falta deste insumo pode provocar a fome e o subdesenvolvimento de uma região. De toda água consumida no planeta, segundo relatório das organizações das nações unidas para agricultura e alimentação, a agricultura representa 70% sendo o principal uso, 22% tem como usuário o sistema industrial e os 8% restantes são consumidos no meio urbano. Segundo Barros (2008) existe um desequilíbrio da relação entre oferta de água na natureza e a demanda mundial provocado pelo aumento do consumo. Entre os anos de 1950 e 2000, houve uma queda na disponibilidade dos recursos hídricos causada, principalmente, pelo fato da água ser um dos motores do desenvolvimento econômico de quase todos os países, sobretudo na agricultura e na indústria (Barros, 2008).

As culturas agrícolas consomem grande parte da água disponível no país, e outra parte aplicada pelos sistemas de irrigação é desperdiçada porque se aplica água em excesso, fora do período de necessidade da planta, em horários de maior evaporação do dia, pelo uso de técnicas de irrigação inadequadas ou, ainda, pela falta de manutenção

desses sistemas de irrigação. Os setores residencial e comercial consomem 22% da água tratada, no entanto, em torno de 40% desse total é perdida devido aos sistemas de abastecimento de água que apresentarem vazamentos nas canalizações, assim como dentro das casas. Campanili (2003) afirma que na década passada o setor industrial, embora seja o que menos consome água, respondia por 19% do total consumido. Atualmente, o consumo industrial é da ordem de 17% (ANA, 2013).

Devido a sua importância, os aspectos que envolvem a água potável no planeta vêm sendo objetos de estudo por vários pesquisadores do mundo. Muitos tem sido os métodos e modelos aplicados no sentido de estimar o consumo, fazer previsões e estimar consumos. Weber (1993) enumera algumas teorias até o momento empregada nesta busca: Modelagem de séries temporais, Modelo de dados longitudinais, Modelos estatísticos de regressão simples e múltipla, Modelos de suavização exponencial, Análise multivariada, além de Modelos insumo-produto. São inúmeros os artigos, dissertações e teses que buscam modelar estas características junto a irrigação, a indústria e ao consumo humano. No entanto, são poucos os trabalhos que buscaram determinar os consumos indiretos de água, ou seja, as demandas virtuais que os vários setores da economia de uma região apresentam. Sendo assim, o modelo de Leontief¹, que na última década, tem sido aplicado em várias pesquisas pelo mundo, relacionando aspectos econômicos e ambientais como forma de encontrar os impactos indiretos dentro de uma cadeia, será a proposta metodológica básica desta tese.

Desde a década 1960, com a pesquisa de Lofting & Mcgauhey (1968), que se tem notícias da aplicação dos modelos de insumo-produto de Leontief em diversas linhas de modelagem associada aos recursos hídricos com uma intensificação nas últimas duas décadas (Lenzen & Foran, 2001; Velazquez, 2006; Wang et al., 2009; Aviso et al., 2011; Hristov et al., 2012; Llop, 2013).

No Brasil, alguns trabalhos têm utilizado a teoria insumo-produto em estudos econômicos (Guilhoto & Filho, 2005; Matos et al., 2008; Rodrigues et al., 2008; Souza et al., 2009; Cruz et al., 2009). Entretanto, no contexto brasileiro, as aplicações dessa teoria aplicada ao consumo de água são ainda incipientes. Portanto, nesta tese será utilizado o modelo insumo-produto prolongado de Leontief para determinar as inter-relações de consumo direto de água, além do consumo indireto dos principais setores

¹ Modelo econômico desenvolvido para mensurar as relações diretas e indiretas entre setores de uma economia, país ou região, estabelecendo os fluxos de bens e serviços entre cada setor na cadeia produtiva. The Structure of American Economy, 1919-1939, ano 1951.

produtivos do país. Também, uma visão do panorama do país, em relação a estes consumos, trará uma um diagnóstico até então não explorado nos demais trabalhos de referência. Dentro do contexto da crise hídrica que atinge determinadas regiões do país, uma hipótese básica e geral deste trabalho pode ser respondida, qual o consumo direto e indireto da água nos principais setores produtivos do país em nível, nacional, estadual e municipal?

Essa metodologia é capaz de identificar e quantificar os segmentos do setor produtivo que consomem as maiores quantidades de água de forma direta e indireta, bem como diagnosticar se este recurso hídrico pode se tornar um fator limitante para o crescimento de determinados estados do Brasil. Efetivamente, os resultados permitirão uma comparação regional e local do consumo hídrico, identificado as regiões e os setores produtivos com maior ou menor demanda de água de forma direta e indireta. Com isso, será possível estabelecer uma melhor orientação para auxiliar uma gestão hídrica mais eficiente e responsável. Dessa forma, esta tese tem os seguintes objetivos:

Geral: Determinar o consumo direto e indireto de água dos principais setores produtivos do país, em níveis nacional, estadual e municipal.

Específicos: (i) Determinar, com base no modelo insumo-produto, os indicadores do consumo direto e indireto de água dos setores agropecuário e industrial dos Estados do Brasil; (ii) Delinear um comparativo regional entre os consumos dos setores agropecuário e industrial; (iii) Identificar entre os setores agropecuário e industrial, bem como as regiões que consomem maior quantidade de água de forma direta e indireta; (iv) Estabelecer o consumo direto e indireto de água para os setores de agropecuário, industrial, comercial e público do Estado da Paraíba; (v) Definir os setores que consomem maior quantidade de água de forma direta e indireta da região abastecida pela Barragem Eptácio Pessoa (Boqueirão - PB) para os setores agropecuário, industrial, comercial e público; e, (vi) Determinar as transações de água virtual e o impacto adicional no consumo que cada setor provoca em si e nos outros setores.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Panorama dos recursos hídricos no Brasil

O Brasil representa aproximadamente 14% da água doce existente em todo planeta, é um país privilegiado neste sentido. No entanto a disponibilidade hídrica do país apresenta uma distribuição heterogênea e extremamente desproporcionais quando se leva em consideração a densidade populacional. Um exemplo claro disto é a região amazônica com pequena população em relação a outras e que tem na sua bacia mais de 73% da água doce do país.

A escassez de água em várias regiões do Brasil, até pouco tempo atrás, era uma realidade apenas nordestina. Hoje, regiões do Sudeste sofrem pela falta de água potável. Com isso, tem-se um impacto direto na relação de crescimento econômico do país, por serem regiões de grande atividade econômica. Nesse sentido, Zuffo (2015) afirma que uma estratégia neste momento de crise é limitar o uso de água no comércio e indústria para privilegiar o consumo humano. Isso, contudo, pode provocar uma crise econômica sem precedentes no país, pois o setor produtivo ficaria paralisado com essa medida extrema. A água está diretamente associada ao desenvolvimento econômico de um país e de uma região; quando escassa, pode resultar no subdesenvolvimento. Ela desempenha um papel importante no processo de produção, uma vez que este recurso natural pode tornar-se um fator limitante para o desenvolvimento ou a força motriz por trás do crescimento econômico. É importante observar que existe uma estreita relação entre a estrutura de produção e os recursos naturais (Velazquez, 2006). Para Wang et. al. (2009) a promoção do desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos deve envolver uma análise das interações entre o uso da água e os setores econômicos. Nas regiões secas do planeta, a escassez de água não é somente física, mas também social e econômica. Nessas áreas é difícil alocar este recurso para seus usos adequados, portanto, faz-se absolutamente necessário descobrir novas maneiras de aliviar a pressão sobre os recursos hídricos. Assim, é importante defender-se a água virtual como um meio para reduzir a pressão sobre os recursos de água (Dietzenbacher & Velazquez, 2007).

O Brasil apresenta uma desarmonia em relação à distribuição dos recursos hídricos, que pode dar origem a riscos de escassez de água. A região Sudeste, a mais

populosa, concentra 42,1%² da população e responde por apenas 6%³ dos recursos hídricos do país; a região Nordeste, por sua vez, concentra 27,8% da população, e responde por nada mais que 3,3% da água do Brasil. Já na região Sul se encontram 14,4% dos brasileiros, mas apenas 6,6% dos seus recursos hídricos, cabendo, por fim, à região Centro-Oeste 15,7% dos recursos hídricos e cerca de 7,4% da população brasileira. Com uma relativa abundância de água disponível em seu território, o país enfrenta dificuldades em relação à sua disponibilidade para usos múltiplos. Na última década, entre os problemas relativos aos recursos hídricos podem-se destacar as graves crises de abastecimento por que passam as cidades brasileiras, dos quais não estão livres nem mesmo as cidades localizadas na região Norte, que concentra 8,3% da população e detém aproximadamente 68% dos recursos hídricos brasileiros (Nascentes do Brasil, 2010).

2.2. O modelo insumo-produto

Em 1758, François Quesnay, visando descrever o modo como decorriam as transações econômicas entre três classes sociais: os proprietários das terras, os lavradores e trabalhadores rurais, e outros chamados de classe estéril, publicou o “Tableau Économique”. Nele procurou estabelecer a ligação entre a origem da riqueza e o seu percurso até a apropriação, localizando somente as transações econômicas envolvendo a produção de um só bem. Este processo, parecendo simples, quando combinado com outros setores econômicos, diretamente ou indiretamente envolvidos, rapidamente se transformou num procedimento complexo, principalmente quando os instrumentos de compilação de dados não eram sofisticados. Não obstante, este primeiro esforço demonstrou a utilidade prática de uma análise das interdependências dos setores de atividade (Miller & Blair, 1985). Por outro lado, em 1874, Léon Walras publicou o “Éléments d’Economie Politique Pure”. Nesta obra, o autor construiu um modelo de equilíbrio geral no qual eram determinados os preços e as quantidades de todos os mercados da economia, usando um conjunto de coeficientes de produção que relacionava a quantidade de fatores de produção requeridos com o nível total de produção, muito similares aos coeficientes técnicos desenvolvidos posteriormente por Leontief. Este modelo representou já um esforço significativo na análise de

² Censo IBGE (2010)

³ BRASIL (2000)

interligações de todos os fatores de produção, mas difícil de aplicar empiricamente (Miller & Blair, 1985).

Para Brauers (1995), o modelo walresiano⁴, em seu primeiro sistema de equações, foi base para o desenvolvimento do trabalho de Leontief. Neste método ele descreve um ensaio que utiliza a teoria econômica de equilíbrio geral, ou seja, um estudo empírico das inter-relações entre diferentes setores da economia nacional que são mostradas através das variações dos preços, dos investimentos e rendimentos. Faber et al. (1999) consideram que toda estrutura de construção do modelo de insumo-produto pode ser vista como um caso particular do trabalho desenvolvido por Koopmans. Nele um processo de produção corresponde à produção de um ou vários bens, descrito como uma mudança necessária nos “insumos” e nos respectivos “produtos”. Leontief iniciou sua investigação em um modelo empírico da economia dos Estados Unidos por volta de 1930. Desde então, seu trabalho tem sido objeto de estudos que permitiram sua aplicação em uma vasta gama de problemas no âmbito da macro e da micro-economia. A aplicação deste modelo foi extremamente importante para as empresas nos ajustes dos preços nos fatores de produção, na técnica produtiva ou mesmo na produção final (Brito, 1985).

A teoria de insumo-produto surgiu no final dos anos 30 desenvolvida por Wassily Wassilyovitch Leontief Viceli, ganhador do prêmio Nobel de economia em 1973. Essa fundamentação, segundo Miller & Blair (1985), tem o objetivo fundamental de estudar a interdependência dos diferentes setores de atividade na economia. A análise de insumo-produto é uma extensão prática da teoria clássica de interdependência geral que vê a economia total de uma região, país, ou mesmo do mundo todo, como um sistema simples (Leontief, 1987). Segundo Guilhoto (2011), a origem da ideia de Leontief pode ser ligada ao problema do fluxo circular da renda⁵, assim como ao problema de sua distribuição entre as classes envolvidas dentro do processo produtivo.

A matriz de insumo-produto se constitui em uma ferramenta muito utilizada para analisar a estrutura produtiva e suas inter-relações em termos nacionais e regionais. Assim sendo, constitui-se em um instrumento de auxílio no processo de planejamento (Souza et al., 2008). A matriz de insumo-produto (MIP) de Leontief foi criada para

⁴ Primeiro modelo de equações proposto pelo pesquisador Léon Walras para mostrar o equilíbrio das relações entre setores econômicos.

⁵ Para Leontief a renda de um setor econômico gasto em salário e fornecedores retornam para cadeia econômica a outros setores que retroalimentam novamente a economia.

descrever os fluxos de bens e serviços entre os setores da economia do país, em valores, durante certo período. Embora criada inicialmente para estudo das economias das nações, a matriz de insumo-produto vem sendo adaptada para identificar as relações inter setoriais presentes nas economias de regiões e, ou, de estados (Cruz et al., 2009).

2.3. A conceituação do modelo insumo-produto

Miller & Blair (1985) afirmam que para determinar a análise insumo-produto, todas as relações econômicas entre os diversos segmentos de atividades são descritas por um conjunto de equações lineares que representem os equilíbrios entre o total de insumos, produtos e os serviços utilizados no decorrer de um ou vários períodos de tempo. Para isso, adotou-se em termos monetários as relações setoriais entre unidades de produção e de consumo num sistema econômico. O trabalho de Leontief foi possível, em grande parte, pela simplificação do modelo de equilíbrio de Walras, que permitiu uma aplicação mais prática. Nas últimas décadas, a análise insumo-produto é considerada de extrema importância no que diz respeito às preocupações de planejamento econômico e de apoio a decisão (Brauers, 1995).

Conceitualmente, o modelo de Leontief segue uma linha de abordagem com fácil determinação e visualização. Nele os insumos são usados como fatores de produção, gerando produtos que podem ser usados como insumos de outras indústrias. Inicialmente estabelecida para relações econômicas entre países, hoje utilizada para segmentos de atividades de determinadas regiões. O modelo insumo-produto é fundamentado através de um “Quadro de Transações” onde são registrados todos os fluxos de produtos.

Afirma Sargento (2002) que o primeiro quadrante do referido quadro é fundamental para compreender a natureza interdependente das atividades econômicas, dado que é constituído por uma matriz de consumos intermediários, cujas colunas descrevem a composição de insumos requeridos por um setor para produzir o seu produto, e cujas linhas traduzem a distribuição do produto pelos vários setores da economia, para o consumo por meio desses. O segundo quadrante inclui a matriz de procura final, que registra as vendas de cada setor para mercados finais, em concreto, o consumo final (das famílias e coletivo), o investimento e as exportações. O terceiro quadrante é constituído por linhas que traduzem o consumo, pelos vários setores, de outros insumos designados de fatores primários ou “não produzidos” (o conjunto destas

linhas é, por vezes, designado de setor de pagamentos). Geralmente, esses fatores ou elementos primários dividem-se em Valor Acrescentado, constituído pelas remunerações de fatores não produzidos como o capital e o trabalho, e importações, que traduzem a oferta de bens provenientes do exterior; com o objetivo de conseguir o equilíbrio entre empregos totais e recursos totais, são também aqui incluídos impostos líquidos de subsídios, margens comerciais e outros fluxos. O quarto quadrante (que pode ou não existir dependendo do tipo de matriz que se pretende em construir concretamente) compreende os fatores primários consumidos diretamente pela procura final. Por exemplo, um elemento na interseção entre a coluna do consumo privado (um dos componentes do quadrante da procura final) e a linha dos salários (um dos componentes do Valor Acrescentado) dever-se-á a pagamentos efetuados pelas famílias pelos serviços domésticos que utilizam. Para a exposição analítica do modelo de insumo-produto para maioria das aplicações são considerados apenas o primeiro e segundo quadrantes (Sargento, 2002).

Tem-se que para uma determinada economia constituída por uma quantidade de n setores, o modelo de insumo-produto é representado matematicamente por um sistema de n equações a n incógnitas. Este sistema pode ser resolvido utilizando-se uma inversão matricial, onde os resultados apresentam uma significativa interpretação econômica, pois sua análise consiste na modelagem das relações de interdependência que se estabelecem entre as unidades de produção e de consumo para estes n setores em uma economia, seja ela internacional, nacional ou regional.

Para Duchin & Steenge (1999) esta análise fornece um enquadramento teórico para questões específicas acerca do relacionamento entre a estrutura econômica e a ação econômica. Para eles, esta ação econômica entre indústria e setores, é descrita especificamente pelas atividades de produção e consumo, enquanto a estrutura econômica pela produção de bens e serviços para distribuir pelo consumo intermediário ou pela procura final. Leontief (1986) considera que quando todos os setores e todas as aquisições são consideradas endógenas, o sistema insumo-produto se diz fechado; caso contrário, o modelo considera-se aberto, ou seja, a depender do objetivo proposto pela análise do modelo insumo-produto a procura final pode ser considerada como uma variável exógena ou endógena. Ou seja, pode-se considerar uma componente da procura final (consumo final, exportações) livre ou mesmo incorporada a matriz das inter relações distribuindo sua capacidade de compra pelos setores definidos. Esta incorporação para a variável salário relativo ao pagamento das famílias, por exemplo,

seria correspondente a fechar o modelo em função da componente salarial. Para Duchin (2004), o modelo de insumo-produto quando considera apenas um período de tempo, em geral um ano, para sua análise, define-se como estática. Em paralelo a esta definição ele afirma que para uma estrutura dinâmica, o modelo é a representação da procura de bens de capital por cada um dos setores produtivos, estabelecendo que para cada um desses setores será facultado os insumos e produtos necessários na produção de bens de capital.

Na determinação de um estudo que utilize o modelo de insumo-produto é utilizado uma matriz, representando as entradas e saídas, dos fluxos econômicos, estruturada de forma a representar todas as atividades econômicas de uma região específica ou de um país. Existem duas tendências que, apesar de aparentemente contraditórias, reforçam-se mutuamente: a tendência de globalização e a tendência para se prestar mais atenção às unidades espaciais de menor dimensão (Sargento, 2002). Esta metodologia pode ser aplicada em um sistema econômico mais amplo (país, economia mundial) ou então a uma pequena economia (região, área metropolitana, empresa individual), pois em qualquer dos casos a abordagem é essencialmente a mesma (Miller & Blair, 1985).

Embora as matrizes de insumo-produto tenham inúmeras vantagens para a análise estrutural da economia, pela consistência da apresentação de suas informações, ela tem também algumas limitações. Em primeiro lugar, o modelo assume retornos constantes de escala, ou seja, para qualquer quantidade produzida serão utilizadas as mesmas combinações relativas de fatores produtivos. Em segundo lugar, assume-se que os coeficientes técnicos não mudam ao longo do tempo, o que significa que não são considerados quaisquer efeitos em termos de mudanças de preços ou avanços tecnológicos. Em terceiro lugar, presume-se que a oferta de recursos produtivos seja infinita e perfeitamente elástica, assim como o uso desses recursos seja feito com máxima eficiência. Por fim, há um conjunto amplo de restrições quanto à elaboração das matrizes de insumo-produto, que vão desde hipóteses simplificadoras sobre a natureza dos produtos e dos insumos utilizados nos processos de produção até a defasagem decorrida entre a coleta e a publicação ordenada dos dados (Carvalho, 1998).

Nesta mesma linha Perobelli et al. (2010) colocam que esses modelos também apresentam algumas limitações, quais sejam: a) coeficientes fixos de insumo-produto;

b) retornos constantes de escala, e c) demanda final determinada exogenamente. É importante salientar que tais limitações não invalidam os resultados do modelo.

2.4. O modelo insumo-produto econômico e ambiental

Por volta dos anos 60 surgiram alguns estudos relacionando os sistemas econômicos e ambientais. Para Hawdon & Pearson (1995) várias alterações foram propostas com objetivo de melhor representar as inter-relações entre o meio ambiente e as atividades econômica nos modelos de insumo-produto. Para Hellsten et al. (1999) a forma de se conseguir isso, seria através da sugestão de soluções viáveis reconhecendo a necessidade de desenvolver um sistema de contas nacionais que forneça informações sobre a relação entre a economia e o ambiente. O pesquisador Cumberland foi o primeiro economista que incluiu efeitos ambientais em um modelo insumo-produto para sua abordagem. Esta, consiste na adição de linhas e colunas à matriz de um modelo insumo-produto tradicional, de modo a identificar os benefícios e os custos ambientais associados às atividades econômicas, distribuindo-os por setor (Cumberland, 1966). Ele também teve a pretensão de aplicar uma versão expandida do modelo no apoio à aplicação empírica da política regional ou como ferramenta de apoio ao desenvolvimento regional (Gloria, 2000). No entanto, Guilhoto (2011) afirma que no final dos anos 60, Leontief começou a se preocupar com o meio ambiente e o impacto que os diferentes setores teriam sobre ele. Insatisfeito com os enfoques dados até o presente, apresenta a sua formulação de um modelo de insumo-produto que estuda o problema de poluição do meio ambiente. Nesta mesma linha de contraponto a Cumberland, Richardson (1972) afirma que o método apresentou dificuldade na sua aplicação devido à natureza qualitativa dos impactos ambientais e a necessidade de conversões dos poluentes em unidades mensuráveis.

O modelo de Leontief estendido foi uma metodologia paralela utilizada para analisar o conjunto de relações ambientais e econômicas, utilizando novas linhas e/ou colunas para acomodar novas entradas e/ou saídas (Leontief, 1970). Velazquez (2006) afirma que muitos estudos foram baseados neste quadro e a maioria deles foi aplicado ao consumo de energia e poluentes atmosféricos. Para Bullard & Herendeen (1975), quando alguém consome alguma coisa, consome energia. Sendo ela necessária para produzir, distribuir e vender todos os tipos de bens e serviços. Todo tipo de energia conduz a algum tipo de impacto ambiental, sendo do interesse geral possuir o

conhecimento do custo energético de todo o conjunto de bens e serviços produzidos numa economia. Este custo corresponde à quantidade total de energia requerida para suportar todas as atividades necessárias para a entrega de um produto. Um dos interesses para determinar o custo total de energia, reside no dimensionamento dos requisitos diretos e indiretos de energia. Ou seja, a energia consumida diretamente na forma de gasolina, eletricidade ou gás natural, por exemplo. Por outro lado, é consumida indiretamente quando utilizada na economia para produzir outros bens e serviços adquiridos pelos consumidores (Henriques, 2008).

Na década de 80, surgiram alguns trabalhos que usaram o modelo insumo-produto associado as questões ambientais, como energia e poluição atmosférica. Destaca-se o trabalho de Proops (1988), que estabeleceu um conjunto de indicadores de consumo de energia direta e indireta com base na modelagem de insumo-produto estendido. Nesta mesma linha de aplicação, segue a contribuição dada por Alcántara & Roca (1995) que estabeleceram uma análise do aumento do valor e a variação da demanda relacionados ao CO₂. Também no mesmo ano, Hawdon & Pearson (1995) apresentaram um complexo número de inter-relações entre energia, meio ambiente e economia aplicadas a dez setores produtivos de Reino Unido com base no modelo-insumo-produto. Nos anos seguintes diversos estudos surgiram relacionando o crescimento das demandas da economia ao impacto no meio ambiente de forma geral. No final dos anos 90, Proops (1999), usando o modelo de insumo-produto e os indicadores anteriormente definidos, propõe uma análise comparativa da poluição atmosférica entre Alemanha e Reino Unido.

Marques (2002) afirma que recentemente estas análises têm sido aplicadas a variados setores: estudos e análises regionais, aos consumos de energia, à poluição ambiental e ao emprego associado à produção industrial. Em seu estudo ele utiliza a relação do modelo insumo-produto com as emissões de CO₂, de modo a se perceber a reação da estrutura econômica às eventuais mudanças dos padrões de crescimento setorial ou alteração dos padrões de consumo final. Por outro lado, Miller & Blair (1985) argumentam que a estrutura de produção de uma região pode ser idêntica ou diferir significativamente da apresentada nacionalmente, com isso, torna-se necessário e lógico a diferença entre os modelos regionais e nacionais de insumo-produto. Esses modelos são extremamente úteis para as tomadas de decisão a nível regional, pois permite demonstrar como políticas benéficas em termos nacionais são algumas vezes contrárias para uma região particular (O'connor & Henry, 1975). Para Steenge (1999)

mesmo que a maioria dos estudos inicialmente associados ao modelo insumo-produto terem sido voltados para produção industrial, o nível de detalhamento das análises abre espaço para o uso da abordagem em outros possíveis caminhos. Como o aumento dos estudos e aplicações em vários segmentos das atividades humanas, tais como os efeitos da produção e do consumo no ambiente. Nas últimas décadas, esta metodologia tem sido amplamente utilizada para calcular os danos ambientais causados pelas atividades normais de uma economia (Proops, 1996; Lenzen, 1998; Proops et al., 1999; Hubacek & Sun, 2001; Suh et al., 2004; Giljum et al., 2004; Wiedmann et al., 2006; Hikita et al., 2007). Na relação do modelo insumo-produto com dados associados a fatores ambientais, torna-se possível dimensionar as demandas necessárias para todos os processos produtivos, da extração da matéria-prima à fabricação e uso, e, em seguida, a disposição final (Jesper et al., 2005).

2.5. O modelo insumo-produto aplicado ao consumo de água

Os primeiros estudos onde as necessidades de água foram relacionadas com variáveis econômicas foram estabelecidos na década de 50. Wang et al. (2009) afirmam que na análise insumo-produto, presume-se que as transações monetárias são proporcionais às transações físicas, enquanto que no caso das operações de água, essa suposição não é correta porque os preços de utilização variam consideravelmente entre os setores de produção. Um importante estudo citado por Velazquez (2006) é creditado a Lofting & Mcgauhey, que estabeleceram as necessidades de água como entrada em um modelo de insumo-produto tradicional. Neste estudo, Lofting & Mcgauhey (1968) apresentaram as entradas de água como um fator de produção medidas em unidades físicas com objetivo de avaliar as demandas necessárias de água associadas a setores da economia do estado da Califórnia. Sendo assim, foram superados os problemas metodológicos e as dificuldades de operação do modelo. Com isso, o pouquíssimo interesse da aplicação do modelo insumo-produto aplicado na utilização da água enquanto recurso natural foi superada.

Na década de 80, um estudo de Anderson & Manning (1983) teve como principal objetivo identificar, usando uma matriz retangular, as demandas por água em 67 setores e 71 produtos para uma bacia de um rio no Canadá. No entanto, foi na década passada que se intensificaram os trabalhos usando o modelo insumo-produto aplicado as demandas de água. Sánchez-Chóliz et al. (1992; 1994) aplicaram o modelo insumo-

produto com objetivo de analisar e determinar as demandas de água na Espanha. Em seguida, um estudo que analisou o consumo de água em Andaluzia usando uma modelagem por preços e quantidades, em uma matriz de insumo-produto tradicional (Sáez & Miera, 1998). No mesmo ano, destacou-se o estudo que aplicou o modelo de insumo-produto para o papel da água na rede de produção que considerou os valores da água e de poluição de determinação das demandas (Bielsa, 1998). Ainda nesta linha de abordagem Hristov et al. (2012) afirmam que surgiu o trabalho de Chen, que estudou o nível de equilíbrio entre a oferta e a demanda dos recursos hídricos na província chinesa de Shanxi. No ano seguinte, surge, um trabalho com objetivo de desenvolver um modelo hidroeconômico incorporando às indústrias da água nas tabelas de insumo-produto (Bouhia, 2001).

Duarte et al. (2002) avaliaram o efeito interno e os efeitos induzidos do consumo de água na Espanha através de um método de extração hipotética com base na análise no modelo de insumo-produto. Por outro lado, Velazquez (2006) propõe uma metodologia para analisar a relação entre a atividade de produção e o meio ambiente. Esta metodologia consiste no desenvolvimento de um modelo insumo-produto para o consumo de água setorial, que combina o modelo estendido de Leontief com o modelo Proops desenvolvido para o uso de energia. Em seguida, aplicou-se a metodologia proposta para região de Andaluzia, Espanha, usando uma série de indicadores a fim de determinar quais os setores consomem maior quantidade de água de formar direta e indireta. Na sequência desta abordagem, surgiu uma proposta de estudo feita com objetivo de analisar o consumo regional de água em Zhangye, uma cidade situada em uma região árida do noroeste da China. Nele Wang et al. (2009) propõem um modelo de insumo-produto que trata das relações estruturais entre dez atividades econômicas e as suas relações físicas com os recursos hídricos da região.

O trabalho realizado por Yu et al. (2010) desenvolve um modelo regional de insumo-produto estendido do consumo de água para quantificar a respectiva pegada hídrica doméstica para diferentes categorias de consumo no Sudeste e Nordeste da Inglaterra e do reino Unido. Neste estudo, procurou-se saber o total de água consumida direta e indiretamente ao longo da cadeia de abastecimento regional. Nesse mesmo trabalho, os autores propõem através de um modelo de insumo-produto multe regional, calcular o total de pegadas hídricas para o consumo doméstico, além da quantidade total de água necessária em outros países para produzir os bens e serviços importados e consumidos na região. O consumo direto de água das famílias é também incluído no

modelo. Por fim, pode-se mencionar o trabalho de Hristov et al. (2012) que propuseram a avaliação das necessidades futuras de água para o setor agropecuário, considerado o principal consumidor de água, levando em consideração o aumento da procura de água em outros setores e/ou segmentos da economia macedônica. Também definiram as demandas diretas e indiretas de água relacionadas com a produção de cada setor econômico e seus impactos sobre a disponibilidade dos recursos hídricos.

De acordo com Wang et al. (2009) a promoção do desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos deve envolver uma análise das interações entre o uso da água e os setores econômicos. Apoio à decisão para o desenvolvimento sustentável requer informações sobre as implicações para toda a economia de recursos. Além disso, a importância das alterações climáticas deve ser considerada na coordenação dos cuidados com a gestão adequada da água, meio ambiente e desenvolvimento econômico. No entanto, qualquer tentativa de conceituar o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos, deve-se envolver uma análise das interações entre o uso da água e da economia (Khouri, 2003; Mehta, 2007). No estudo conduzido por Velazquez (2006) a tabela de insumo-produto ambiental permite quantificar a relação inter setorial, em termos de metros cúbicos para o consumo de água.

O conceito de água virtual se torna mais relevante se relacioná-lo às relações comerciais entre as diferentes regiões uma vez que este conceito envolve uma "transferência" virtual de água. Para colocar a questão de maneira diferente, as trocas de produtos entre as regiões lhes permitam também um intercâmbio de água. Portanto, o comércio de água virtual é um pouco uma realocação da água associada aos produtos que são trocados. Este comércio implica em um fluxo de exportação ou importação de água virtual entre regiões. Água virtual, portanto, não é a quantidade física de água contida no processo, mas a água que foi necessária para a sua produção (Dietzenbacher & Velazquez, 2007). Para Hoekstra & Chapagin (2008) a definição mais precisa sobre água virtual consiste na mensuração da água contida num produto, ou seja, numa mercadoria, bem ou serviço, em relação ao volume de água doce utilizada nas diversas fases de sua cadeia produtiva. O termo água virtual refere-se ao fato de que a maioria da água utilizada na produção de um produto não está contida nele, sendo insignificante comparado ao conteúdo virtual da água. Logo, o comércio virtual de água ocorre quando vários produtos são comercializados a partir de um lugar para outro. Nesta mesma linha tem-se a conceito de pegada hídrica, lançado em Delf na Holanda, na década de 2000, definida como o volume de água total usada durante a produção e

consumo de bens e serviços, bem como o consumo direto e indireto no processo de produção. O uso de água ocorre, em sua maioria, na produção agrícola, destacando também um número significativo de volume de água consumida e poluída, derivada dos setores industriais e domésticos.

As necessidades futuras de água do setor agropecuário, como principal consumidor de água, leva em conta o aumento da procura de água por outros setores e/ou segmentos da economia. Além disso, os requisitos diretos e indiretos de água estão relacionados com a produção de cada setor econômico e seus impactos sobre a disponibilidade dos recursos hídricos. Assim, a avaliação do requisito agrícola de água direta e indireta é um aspecto essencial (Hristov et al., 2012). Muito menos atenção tem sido dada à análise dos efeitos do comércio sobre a preservação dos recursos hídricos em áreas com déficit de água. Essa perspectiva evidencia que se uma região com escassez de água realiza exportação, a sustentabilidade da região será afetada imediatamente de forma negativa e no sentido contrário as importações de água de outras regiões com excesso irão exercer uma contribuição positiva para a sustentabilidade da região (Dietzenbacher & Velazquez, 2007).

Partindo do princípio que a análise insumo-produto é a classificação das atividades econômicas em setores de produção e de consumo de modo a permitirem uma apreensão rápida da estrutura setorial da economia, isto é, como os bens e serviços são gerados e utilizados pelas famílias, empresas e administrações. Isto quer dizer que, para se produzir um determinado produto, é necessária uma combinação específica de insumos, que por sua vez requer outros insumos e assim sucessivamente até se chegar ao produto final (Marques, 2002). Com isso, tem-se que a mais ampla e apropriada metodologia que estuda o consumo direto e indireto de água, ou seja, a relação água inter-setorial da economia, é a relação insumo-produto ambiental. Esta relação ilustra como a saída do setor econômico é capturado por outro setor, onde serve como insumo. A extensão do modelo de insumo-produto tradicional de Leontief consiste na introdução de entradas de água, medida em unidades físicas, como um fator de produção (Miller & Blair, 2009).

Dentro do quadro de insumo-produto, a água virtual pode ser definida como a quantidade de água que é, direta e indiretamente, necessária para produzir uma unidade de demanda final de algum produto ou serviço (Dietzenbacher & Velazquez, 2007). Este método permite a análise da relação estrutural entre uma atividade de produção e seu relacionamento físico com o ambiente. Consequentemente, para uma melhor

compreensão da relação entre a economia e o ambiente, pode ser adotada um consumo mais sustentável de água. A identificação de padrões e tendências de consumo de água pode ajudar a conceber políticas de consumo de água sustentável a nível nacional e ou regional (Velazquez 2006). Neste sentido, esse autor utilizou uma combinação entre o modelo insumo-produto prolongado de Leontief e o de Proops para determinar indicadores de consumos diretos e indiretos de água entre setores de economia local em Andaluzia, na Espanha.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Tipo de pesquisa

O objetivo principal de uma pesquisa é descobrir respostas para problemas através do emprego de procedimentos científicos. A pesquisa tem um caráter pragmático, é um processo formal e sistemático do desenvolvimento do método científico (Gil, 1999).

São várias as regras para pesquisa, bem como, são inúmeros os métodos existentes. Estas ferramentas são utilizadas para garantir a qualidade da investigação e a validação da execução do estudo e seus resultados.

Para Gil (1991) a abordagem de um estudo pode ser de forma qualitativa ou quantitativa. Na qualitativa dispõe-se apenas de procedimentos descritivos da análise individual do pesquisador sobre um fato ou fenômeno, enquanto para a quantitativa tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las.

Neste estudo, de natureza aplicada, realiza-se uma abordagem quantitativa e explicativa, que segundo Gil (1991) visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para ocorrências dos acontecimentos. Com relação aos procedimentos técnicos utilizados, adotam-se a pesquisa bibliográfica, documental e o Ex-post-facto, definido como o método adequado para pesquisas que procuram estudar a influência de determinados fatores na determinação de ocorrência de fatos ou situações (Gil, 1999).

3.2. O modelo de insumo-produto tradicional

A base conceitual do modelo insumo-produto segue uma proposta simples. Nele todos os produtos de uma economia são obtidos através de fatores de produção (insumos) que podem, também, ser produtos de outros setores da mesma. Isso significa que para se produzir um determinado produto é necessária uma combinação específica de insumos, que por sua vez requer outros produtos e assim sucessivamente até se chegar ao produto final. Inicialmente é fundamental a definição das atividades econômicas que se encontram envolvidas no processo. Classificado em setores de consumo e de produção possibilita uma fácil visualização da estrutura por setor da economia, ou seja, os bens e serviços são produzidos e consumidos pelas famílias,

empresas e setores públicos. Com isso, afirma Sargento (2002), o modelo insumo-produto apresenta as diversas ligações existentes numa economia, que poderá ser constituída pela atividade de uma região ou de um país, formalizadas através de um quadro de transações inter-industriais, onde são registrados todos os fluxos de produtos de cada setor considerado como produtor para cada um dos setores considerados como consumidores.

3.3. Quadro de transações

Segundo Henriques (2008) o quadro de transações é construído dividindo a economia em um determinado número de setores. Cada setor necessita de determinados insumos de outros setores, de forma a produzir o seu produto, que depois é vendido aos setores restantes para satisfazer suas necessidades intermediárias. Com isso, o quadro vai distribuir os produtos ao longo da linha e os insumos nas respectivas colunas. Para Leontief (1986) este quadro visa descrever, em um determinado período de tempo, os fluxos de bens e serviços entre todos os setores de uma economia. Para um sistema econômico com n setores de atividade, o quadro de transações apresenta a seguinte estrutura:

Tabela 1. Insumo-Produto tradicional

| | Produto | Procura intermediária | | | | Procura Final Y | Total da Procura (<i>Produto final</i>) X' |
|--|---------|-----------------------|----------|----------|----------|--------------------|--|
| | | 1 | 2 | j | n | | |
| Insumo | | | | | | | |
| Setor I | 1 | x_{11} | x_{12} | x_{1j} | x_{1n} | y_1 | x'_1 |
| Setor II | 2 | x_{21} | x_{22} | x_{2j} | x_{2n} | y_2 | x'_2 |
| Setor i | i | x_{i1} | x_{i2} | x_{ij} | x_{in} | y_i | x'_i |
| Setor n (<i>Insumos Intermediários</i>) | n | x_{n1} | x_{n2} | x_{nj} | x_{nn} | y_n | x'_n |
| Valor agregado (<i>Insumos Primários</i>) | Z | z_1 | z_2 | z_j | z_n | | |
| Total da oferta (<i>Insumo total</i>) | X | x_1 | x_2 | x_j | x_n | | |

Marques (2002) coloca que cada um dos elementos é definido por:

X = matriz de consumos intermediários onde cada elemento (x_{ij}) representa o fluxo monetário do ramo j para o ramo i , ou seja, o valor do insumo i consumido na produção do ramo j .

Y = vetor da procura final que representa o valor da produção de cada ramo i destinado à procura final. Irão fazer parte do consumo final: o consumo público e privado (Y^C), investimentos ou formação bruta de capital fixo (Y^I), e exportações (Y^E).

$$Y = (Y^C + Y^I + Y^E), \quad nx1 \quad (1)$$

Z = vetor do valor agregado de cada ramo de atividade que considera os custos suportados pelos diversos setores: rendimentos das famílias (Z^W), subsídios (Z^R), impostos (Z^T) e importações (Z^M).

$$Z = (Z^W + Z^R + Z^T + Z^M), \quad 1xn \quad (2)$$

Filho (2002) afirma que por se tratar de um sistema de equilíbrio geral, a soma dos elementos nas colunas é igual à soma dos elementos nas linhas, isto é:

$$\sum_I^n x_I = \sum_j^n x_j \quad (3)$$

Para Henriques (2002) a produção total de um setor i (x'_i) pode ser distribuída para consumo intermediário ou para procura final. Neste caso, o valor da produção do setor i é dado pelo consumo intermediário do setor i mais a procura final do setor i . Deste modo, obtém-se a seguinte equação para o total de produto em cada sector:

$$x'_i = \sum_j^n x_{ij} + y_i, \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (4)$$

Numa economia com n setores o fluxo de produtos é contínuo e determinado por diversos fatores que podem ser descritos por um sistema de equações lineares simultâneas, que podem ser representadas pelo sistema (4.1) que fornece as equações de base ao modelo insumo-produto para o total de produto (leitura horizontal do quadro de transações):

$$\begin{cases} x'_1 = x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1j} + \dots + x_{1n} + y_1 \\ x'_2 = x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2j} + \dots + x_{2n} + y_2 \\ \dots \\ x'_i = x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{ij} + \dots + x_{in} + y_i \\ \dots \\ x'_n = x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nj} + \dots + x_{nn} + y_n \end{cases} \quad (4.1)$$

Afirma ainda Henriques (2002) que os insumos de cada setor podem ser fatores não produzidos (valor acrescentado) ou insumos de outros setores produtivos, ou seja, o valor da produção do setor j é igual aos insumos do setor j mais o valor agregado pelo setor j . Portanto, obtém-se a seguinte equação para o total de insumos em cada setor:

$$x'_j = \sum_i^n x_{ij} + z_j, (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (5)$$

Na mesma linha anterior, considerando n setores de atividades, pode-se descrever estas relações por um sistema de equações lineares, com isso, tem-se:

$$\begin{cases} x_1 = x_{11} + x_{21} + \dots + x_{i1} + \dots + x_{n1} + Z_1 \\ x_2 = x_{12} + x_{22} + \dots + x_{i2} + \dots + x_{n2} + Z_2 \\ \dots \\ x_i = x_{1i} + x_{2i} + \dots + x_{ii} + \dots + x_{ni} + Z_i \\ \dots \\ x_n = x_{1n} + x_{2n} + \dots + x_{in} + \dots + x_{nn} + Z_n \end{cases} \quad (5.1)$$

A quantidade de produção de cada setor pode ser usada dentro do próprio setor, vendido como insumos a outros setores produtores, ou vendida aos consumidores finais.

3.4. Quadro de coeficientes técnicos

A definição da matriz dos coeficientes de produção ou técnicos é realizada usando por base o quadro de transações. Pode-se designar a relação entre o fluxo de fornecimentos intermediários de um determinado do setor i para o setor j e a produção total do setor j . Ou seja, o coeficiente técnico não é mais do que a quantidade do bem ou serviço i necessária à produção de uma unidade do bem ou serviço j . Com isso, tem-se que o coeficiente a_{ij} , cujo valor pode variar entre 0 e 1, se os fluxos se encontrarem na mesma unidade de medida, é originado pela divisão de cada insumo do ramo x_{ij} pelo produto total de cada ramo X_j :

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j} \quad (6)$$

em que:

a_{ij} - Coeficiente técnico que representa a quantidade (em valor) do produto i necessária para produzir uma unidade do produto j .

x_{ij} - Representa o fluxo de output do ramo i para o ramo j .

x_i - Valor bruto da produção do ramo j .

Os coeficientes a_{ij} podem ser representados por uma matriz do tipo $A = [a_{ij}]$ de ordem n .

Quadro 1. Quadro de coeficiente técnicos.

| Produto Insumo | Procura intermediária | | | |
|-------------------|-----------------------|----------|-----------|-----------|
| | Setor 1 | Setor 2 | Setor j | Setor n |
| Setor 1 | a_{11} | a_{12} | a_{1j} | a_{1n} |
| Setor 2 | a_{21} | a_{22} | a_{2j} | a_{2n} |
| Setor i | a_{i1} | a_{i2} | a_{ij} | a_{in} |
| Setor n | a_{n1} | a_{n2} | a_{nj} | a_{nn} |

Segundo Leontief (1985), na comparação em diferentes períodos de tempo das características estruturais de duas distintas economias é suficiente a análise da matriz dos coeficientes técnicos.

3.5. Matriz dos coeficientes de interdependência

Em linhas gerais, a interpretação dada aos coeficientes de interdependência é estabelecida como a quantidade necessária de um determinado bem ou serviço, de forma direta ou indireta, para satisfazer o aumento de uma unidade na procura final de um outro bem ou serviço. Os efeitos indiretos neste processo não podem ser determinados usando apenas os coeficientes técnicos, sendo necessários os de interdependências para esta determinação. O'Connor & Henry (1975) afirmam que a variação na procura final dos produtos de um determinado setor de origem, devido as relações inter-setoriais, interferem em todo o sistema, e com isso, provoca alterações significativas não só na produção desse setor, mas também na maior parte ou mesmo em todos os setores da economia. Sendo assim, a matriz de interdependência é fundamental para a análise insumo-produto pois estabelece uma relação direta entre a procura final e o valor de produção (Marques, 2002).

Para Sargento (2002) a_{ij} é designado por coeficiente técnico e traduz o valor dos insumos requeridos do setor i por unidade monetária de produção do sector j . Com isso, reescrevendo a Equação (6), tem-se:

$$x_{ij} = a_{ij} \cdot x_j \quad (7)$$

Onde, pode-se representar cada variável envolvida nesta equação de acordo com o Quadro 2:

Quadro 2. Quadro de descrição de variáveis.

| Variável | Descrição |
|----------|--|
| x_{ij} | Vendas do setor i para o setor j |
| a_{ij} | Quanto de produto do setor i é usado como insumo do setor j por unidade de produção; |
| x_j | Produção total do ramo j . |

Na sequência o autor propõe a substituição de x_{ij} na Equação (4), onde obtém-se:

$$x'_1 = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ii}x_i + \dots + a_{in}x_n + y_i, \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (8)$$

Para Marques (2002) o nível de produção de cada setor tem dependência da produção em outros setores da cadeia econômica envolvida, dos insumos necessários em cada setor e da demanda do consumo final. Com isso, o sistema de Equações (8) determina a interdependência de cada um setor no conjunto de todos os setores de uma economia. Sargento (2002) mostra na busca da solução desse sistema de equações em função de X , ou seja, agregando todos os termos com X no primeiro membro da equação e somando algebricamente os termos da mesma variável, determina-se a produção necessária em cada setor de atividade para satisfazer uma determinada procura final Y . Considerando a procura final como um fator exógeno da produção dos setores, obtém-se o seguinte conjunto de equações para os n sectores da economia:

$$\begin{aligned} &+(1 - a_{11})x_1 - a_{12}x_2 - \dots - a_{1i}x_i - \dots - a_{1n}x_n = y_1 \\ &-a_{21}x_1 + (1 - a_{22})x_2 - \dots - a_{2i}x_i - \dots - a_{2n}x_n = y_2 \\ &\dots \\ &\dots \\ &-a_{i1}x_1 - a_{i2}x_2 - \dots + (1 - a_{ii})x_i - \dots - a_{in}x_n = y_i \\ &\dots \\ &\dots \\ &-a_{n1}x_1 - a_{n2}x_2 - \dots - a_{ni}x_i - \dots + (1 - a_{nn})x_n = y_n \end{aligned} \quad (9)$$

Em termos matriciais, o conjunto de equações designado por (9), equivale a:

$$\begin{bmatrix} (1 - a_{11}) & -a_{12} & \dots & -a_{1i} & \dots & -a_{1n} \\ -a_{21} & (1 - a_{22}) & \dots & -a_{2i} & \dots & -a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{i1} & -a_{i2} & \dots & (1 - a_{ii}) & \dots & -a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \dots & -a_{ni} & \dots & (1 - a_{nn}) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_i \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_i \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (10)$$

ou,

$$(I - A)_{n \times n} \cdot X_{n \times 1} = Y_{n \times 1} \quad (11)$$

em que:

I – Matriz identidade de ordem n ;

A – a matriz dos coeficientes técnicos, de elemento genérico a_{ij} ;

X – O vector coluna cujos elementos representam o produto total de cada um dos n setores.

Y – O vector coluna cujos elementos representam a procura final total destinada a cada um dos n sectores;

Matematicamente, se o determinante da matriz $(I - A)^{-1}$ for diferente de zero, ela será invertível e existirá uma solução única para o problema. Com isso, tem-se:

$$(I - A)^{-1} \cdot (I - A) = I \quad \text{e} \quad I X = X \quad (12)$$

Disso resulta que a solução da Equação (11) pode ser expressa pela produção de cada setor X em função da procura final Y , e pode ser definida por:

$$X = (I - A)^{-1} \cdot Y \quad (13)$$

Para Marques (2000) esta construção é denominada de modelo aberto, pois a procura final Y é considerada aqui como uma variável exógena. Sargento (2002) afirma que a Equação (13) evidencia a clara relação entre a procura final Y e o produto total dos vários setores econômicos X , ligação essa que é estabelecida através da inversa de Leontief, nome usado para designar $(I - A)^{-1}$, determinados a partir dos coeficientes a_{ij} . Sendo assim, cada elemento genérico da matriz $(I - A)^{-1}$, indica o valor do produto do setor i direto e indiretamente necessário para satisfazer uma unidade monetária da procura final destinada ao ramo j .

3.6. Interpretação econômica da matriz inversa de Leontief

Os impactos econômicos são definidos pela matriz inversa de Leontief e na Equação (13) tem-se a definição para o modelo aberto proposto. As matrizes insumo-produto além de descreverem os fluxos de recursos e produtos entre os diferentes setores, permitem também prever os impactos das variáveis endógenas (produção dos setores) se ocorrer variação exogenamente na procura final (Marques, 2002). A interpretação econômica da matriz $(I - A)^{-1}$ pode ocorrer através da separação dos efeitos diretos dos efeitos indiretos. Esta operação consiste na decomposição da Equação (13), escrevendo a matriz inversa de Leontief como uma série infinita convergente de produtos matriciais, representando mais um processo indireto de ajustamentos do produto à procura final e aos requisitos de insumos (Cruz, 2002). Armstrong & Taylor (2000) afirmam que sendo a produção de um determinado setor dependente da produção de outros setores, existirá diretas e indiretas alterações em no sistema econômico para qualquer eventual alteração da procura dirigida a um determinado setor.

Para Marques (2002), genericamente, uma variação da procura dirigida a um setor Y produz um efeito total sobre a produção X que pode ser descrito em três componentes:

- Um *efeito inicial* – relativo à variação da procura final inicialmente estabelecida;
- Um *efeito direto* – associado à produção diretamente afetada pelo acréscimo da procura dos produtos de um setor de atividade (coeficientes técnicos estimados imediatamente a partir da estrutura do quadro de insumo-produto);
- Um *efeito indireto* – que resulta do acréscimo da produção ao nível dos outros setores.

Matematicamente, o desenvolvimento da matriz inversa $(I - A)^{-1}$ é dada por:

$$(I - A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 + \dots + A^i + \dots + A^n$$

Por isso, pode-se escrever a Equação (13) como sendo:

$$X = (I + A + A^2 + A^3 + \dots + A^i + \dots + A^n).Y$$

ou,

$$X = Y + A.Y + (A^2 + A^3 + \dots + A^i + \dots + A^n).Y$$

em que:

- $Y = \text{efeito inicial};$
- $A.Y = \text{efeito direto};$
- $(A^2 + A^3 + \dots + A^i + \dots + A^n).Y = \text{efeito indireto}.$

Para Gay & Proops (1993) esta decomposição permite isolar as necessidades diretas e indiretas que resultarem de um determinado vetor de procura final. Poderá ser interpretado como o resultado de um processo iterativo que evidencia os sucessivos ajustamentos da demanda final do produto às solicitações para procura final e dos consumos intermediários. Tem-se:

$$X = Y + A.Y + A^2.Y + A^3.Y + \dots + A^i.Y + \dots + A^n.Y$$

(14)

em que:

- Y - Representa a demanda para procura final, ou o efeito direto.
- $A^2.Y = A(A.Y)$ - Representa a produção necessária para permitir a produção $A.Y$, ou o efeito indireto de segunda ordem.
- ...
- $A^n.Y = A(A^{n-1}.Y)$ - Representa a produção necessária para permitir a produção de $A^{n-1}.Y$, ou o efeito indireto de ordem n .

Proops et al. (1999) afirmam que naturalmente os efeitos indiretos totais, também vistos como a procura intermediária entre os setores, correspondem à soma dos efeitos de primeira ordem, de segunda ordem, de terceira ordem, até a n -ésima ordem.

Segundo O'conner & Henry (1975) o vetor de produto, X , obtido por um número de efeitos indiretos suficientemente grande, é efetivamente o mesmo obtido por

multiplicação do vetor de procura final pelos coeficientes de interdependência. Portanto, este processo iterativo faculta uma outra forma de obter o efeito total de aumentos da procura nos produtos dos diferentes setores. Ainda segundo os autores, depois de cinco iterações a soma dos efeitos sucessivos é idêntica à solução da inversa.

Marques (2002) afirma que a magnitude do multiplicador dependerá do volume de compras intermediárias que o setor realize. Assim, quanto maior for as compras intermediárias, maior capacidade terá esse setor de induzir o crescimento em outros, ou seja, maior será o poder de arrastamento que o setor provoca no conjunto da economia

3.7. Analisando os coeficientes da matriz inversa de Leontief

Denomina-se de matriz de Leontief, representada por alguns autores com matriz β , cujos elementos são representados por b_{ij} , a matriz anteriormente definida por $(I - A)^{-1}$. Os elementos b_{ij} possuem um significado econômico importante enquanto multiplicadores da matriz (Marques, 2002). Assim, tem-se que:

$$(I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1i} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2i} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & & \dots & \dots & \dots \\ b_{i1} & b_{i2} & \dots & b_{ii} & \dots & b_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{ni} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Utilizando a Equação (13), define-se:

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \cdot \Delta Y \quad (16)$$

em que,

- ΔX – Variação nos setores;
- ΔY – Variação na procura final.

Com isso, pode-se obter que:

$$\begin{bmatrix} \Delta x'_1 \\ \Delta x'_2 \\ \dots \\ \Delta x'_i \\ \dots \\ \Delta x'_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11}\Delta y_1 + b_{12}\Delta y_2 + \dots + b_{1i}\Delta y_i + \dots + b_{1n}\Delta y_n \\ b_{21}\Delta y_1 + b_{22}\Delta y_2 + \dots + b_{2i}\Delta y_i + \dots + b_{2n}\Delta y_n \\ \dots \\ b_{i1}\Delta y_1 + b_{i2}\Delta y_2 + \dots + b_{ii}\Delta y_i + \dots + b_{in}\Delta y_n \\ \dots \\ b_{n1}\Delta y_1 + b_{n2}\Delta y_2 + \dots + b_{ni}\Delta y_i + \dots + b_{nn}\Delta y_n \end{bmatrix} \quad (17)$$

Seguindo a mesma seqüência de abordagem o autor sugere para avaliar o aumento de uma unidade da procura final do produto 1, a adoção de uma constante, ou seja, variação igual a 0 para procura final dos os outros bens. Com isso, ele descreve que o vetor da procura final será dado pelo vetor coluna:

$$\Delta Y = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ao aplicar ΔY no sistema de Equações (17), tem-se:

$$\begin{bmatrix} \Delta x'_1 \\ \Delta x'_2 \\ \dots \\ \Delta x'_i \\ \dots \\ \Delta x'_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \dots \\ b_{i1} \\ \dots \\ b_{n1} \end{bmatrix}$$

Para Marques (2002) b_{i1} indica o aumento da produção do setor de atividade i em virtude de uma variação unitária na procura final do produto 1. A soma vertical dos multiplicadores setoriais da procura final do produto 1, coeficientes da matriz de Leontief, origina os multiplicadores de produção e representa a variação em todos os setores derivado de uma variação unitária da procura final do produto 1.

$$O_1 = \Delta_i b_{i1} = b_{11} + b_{21} + \dots + b_{i1} + \dots + b_{n1} \quad (18)$$

ou,

$$O_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} \quad (19)$$

O valor de O_i representa todo impacto gerado na economia como um todo, ou seja, ele representa a variabilidade ocorrida na produção para responder a um aumento unitário da procura final do j . Sendo assim, ele é conhecido como indicador de arrastamento, pois cada elemento de seu vetor coluna representa os impactos indiretos e diretos de cada setor de acordo com as variações do produto j .

O multiplicador simples, para modelo aberto, inclui os efeitos diretos e indiretos sobre os setores de atividade derivados do aumento da procura final. A noção de multiplicador também pode ser utilizada para avaliar o impacto de uma variável exógena (procura final) no rendimento das famílias (multiplicador do rendimento) e no emprego (multiplicador do emprego) (Marques, 2002).

3.8. Multiplicadores

Os efeitos multiplicadores na teoria de insumo-produto podem ser trabalhados considerando duas dimensões: a dos setores de atividade e a dos produtos. Para Madsen et al. (2000) com a alteração na procura final de um produto pode-se determinar o efeito dos vários setores de atividade sobre a produção do mesmo. No modelo tradicional, essa alteração está associada ao efeito em um determinado setor de atividade.

Guilhoto (2004) coloca que ΔX da Equação (16) é a representação dos impactos sobre o volume de produção. Ele define ΔV , da Equação (20), como sendo um vetor de impacto sobre qualquer uma das seguintes variáveis, emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, entre outros.

$$\Delta V = \hat{v} \cdot \Delta X \quad (20)$$

em que, \hat{v} é uma matriz diagonal de ordem n e os elementos da diagonal são os respectivos coeficientes, que são obtidos dividindo-se o valor das variáveis citadas anteriormente da produção total pela do setor correspondente. Com isso, tem-se:

$$v_i = \frac{V_i}{X_i}$$

(21)

Para este autor pode-se estimar, usando os coeficientes diretos da Equação (20) e da matriz inversa de Leontief, para cada setor da economia, o quanto é gerado direta e indiretamente de emprego, importações, impostos, salários, valor adicionado, etc. para cada unidade monetária produzida para a demanda final. Ou seja:

$$GV_j = \sum_i^n b_{ij}v_i$$

(22)

em que:

- GV_j – É o impacto total, direto e indireto, sobre a variável em questão;
- b_{ij} – É o ij -ésimo elemento da matriz inversa de Leontief;
- v_i – É o coeficiente direto da variável em questão.

Guilhoto (2004) coloca que a divisão dos geradores pelo respectivo coeficiente direto gera os multiplicadores, que indicam quanto é gerado, direta e indiretamente, de emprego, importações, impostos, ou qualquer outra variável para cada unidade diretamente gerada desses itens. Por exemplo, o multiplicador de empregos indica a quantidade de empregos criados, direta e indiretamente, para cada emprego direto criado. Sendo considerada uma variável exógena a geração de emprego, tem-se:

- e_i - coeficiente dos empregos (quantidade de empregos gerados em cada setor para o total da produção)
- b_{ij} - elemento da matriz de Leontief

O multiplicador simples do emprego pode ser definido por:

$$E_j = \sum_{i=1}^n e_i b_{ij}$$

(23)

em que, E_j - quantifica os efeitos diretos e indiretos no emprego resultante do aumento de uma unidade monetária na Procura Final. O multiplicador do emprego, para o modelo aberto, pode ser determinado a partir de:

$$W_j = \frac{E_j}{e_i} \text{ ou } \frac{\text{Efeitos diretos} + \text{Efeitos indiretos}}{\text{Efeitos Diretos}} \quad (24)$$

em que, W_j - expressa o impacto no emprego resultante do aumento de uma unidade monetária na Procura Final (modelo aberto).

Nesta mesma definição para multiplicadores aplicados ao modelo de insumo-produto tradicional e considerado como modelo aberto, Marques (2002) apresenta o multiplicador do rendimento das famílias analogamente, ou seja, substituindo o coeficiente dos empregos pelo coeficiente de salários. Com isso, torna-se possível quantificar os efeitos diretos e indiretos no rendimento devidos ao aumento de uma unidade monetária de procura final.

Dado que:

- u_i - coeficiente dos salários
- b_{ij} - elemento da matriz de Leontief.

O multiplicador simples do rendimento pode ser definido por:

$$R_j = \sum_{i=1}^n u_i b_{ij} \quad (25)$$

em que, R_j - quantifica os efeitos diretos e indiretos no rendimento resultante do aumento de uma unidade monetária na Procura Final.

O multiplicador do rendimento, para o modelo aberto, pode ser determinado a partir de:

$$K_j = \frac{R_j}{u_i} \text{ ou } \frac{\text{Efeitos diretos} + \text{Efeitos indiretos}}{\text{Efeitos Diretos}} \quad (26)$$

em que, K_j - expressa o impacto no rendimento resultante do aumento de uma unidade monetária na Procura Final (modelo aberto).

Para Armstrong & Taylor (2000) as previsões destes modelos seguem alguns conceitos e hipóteses na sua geração que possibilita alguma limitação. Caso um setor aumente o dobro de sua produção, terá que empregar o dobro de recursos; assume oferta elástica, ou seja, não se considera a capacidade produtiva limitada; e a tecnologia envolvida diretamente na produção é fixa e proporcional em todos os setores.

Afirma Marques (2002) que o conceito envolvido nesses multiplicadores poder ser utilizado em várias frentes de atuação. Também em relação aos parâmetros ambientais, como por exemplo, nas emissões dos gases com efeito de estufa.

3.9. Extensão do modelo insumo-produto a parâmetros ambientais

Segundo Miller & Blair (1985), usando um raciocínio similar ao cálculo anteriormente descrito dos multiplicadores do emprego e rendimento, pode-se calcular de forma exógena o vetor para determinados coeficientes associados a questões ambientais. A utilização de modelos de insumo-produto em problemas de meio ambiente, como poluição e utilização de recursos naturais, é umas das aplicações que vem crescendo em importância nos últimos anos. Este aumento da utilização do instrumental de insumo-produto nos problemas ambientais se deve, por um lado, ao aumento da conscientização da importância das questões ambientais, e, por outro, pelo fato do instrumental de insumo-produto ser o mais indicado para a mensuração dos impactos indiretos na geração e eliminação de poluição e na utilização de recursos naturais, passando pela geração e utilização de energia (Guilhoto, 2004).

Cruz & Barata (2007) afirmam que exploram em seu trabalho o enorme potencial da aplicação da metodologia insumo-produto na construção de modelos que consideram de forma articulada as três dimensões energia-economia-ambiente, nele encontra-se uma análise estrutural dos fluxos de combustíveis fósseis necessários às atividades económicas (produção e consumo) e das emissões de CO₂ que lhe devem ser associadas. Os mesmos autores citam que inúmeras referências, incluindo desenvolvimentos teóricos e aplicações empíricas, referentes a extensões ao modelo insumo-produto para integrar a dimensão ambiental podem ser consultadas em: Barata (2007), Cruz et al. (2005), Hawdon & Pearson (1995) e Miller & Blair (1985).

3.9.1. Cálculo exógeno dos impactos de emissões

Marques et al. (2006) utilizam a teoria do insumo-produto em problemas relacionados com assuntos ambientais, especificamente a emissões de CO₂. Neste estudo, eles descrevem como a metodologia insumo-produto pode ser utilizada para avaliar os impactos decorrentes da redução da emissão deste poluente numa economia e nos seus diferentes setores de atividade. Para isso, define-se o vetor dos coeficientes ambientais, \hat{E}_j , como sendo P_j a quantidade de emissões de poluente gerada pelo aumento de uma unidade do produto final do setor de atividade j em relação a produção X_j :

$$\hat{E}_j = \frac{P_j}{X_j} \quad (27)$$

Pode-se representar a Equação (22) da seguinte forma:

$$P_j = [\hat{E}_j] \cdot X_j \quad (28)$$

Na sequência os autores utilizam a junção de duas equações com o objetivo de demonstrar a construção do modelo que representa a relação entre a procura final e o valor das emissões. Para isso, Marques et al. (2006) utilizam a Equação (13) conjuntamente com a (27), ou seja, pode-se calcular P_j em função da procura final Y , isto é, a quantidade total de poluição gerada na economia direta e indiretamente para responder à procura final estipulada:

$$P_j = [\hat{E}_j(I - A)^{-1}] \cdot Y \quad (29)$$

O vetor dos coeficientes ambientais \hat{E}_j é transformado em uma matriz diagonal:

$$\hat{E}_j = \begin{bmatrix} E_1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & E_2 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & E_i & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & E_n \end{bmatrix}$$

Também, se se pretende calcular a procura final em função da variação do valor das emissões, tem-se:

$$Y = [\hat{E}_j(I - A)^{-1}]^{-1} \cdot P_j \quad (30)$$

3.10. O modelo insumo-produto prolongado para consumo de água

Nesta seção é descrito um modelo de insumo-produto associado ao consumo de água para uma determinada região. Utilizando as principais equações vistas ao longo deste estudo como base para o desenvolvimento deste modelo, definido em termos da procura e do consumo de água. Sendo assim, pode-se expressar o modelo tradicional de insumo-produto de Leontief em termos de variáveis associadas as demandas de recursos hídricos dos setores representados de uma economia. Com isso, pode-se representar a Equação (4), definida anteriormente, usando variáveis associadas ao consumo de água. A quantidade de água consumida diretamente pelo setor i (W_{di}) depende das relações inter setoriais estabelecidas entre o próprio e os demais setores da economia (W_{ij}) e a quantidade de água consumida pelo setor i para atender sua própria demanda (W_{di}^y):

$$W_{di} = \sum_{j=1}^n W_{ij} + W_{di}^y \quad (31)$$

De forma similar aos coeficientes (a_{ij}) da Equação (6), pode-se, ao seguir a teoria de insumo-produto de Leontief, definir os coeficientes técnicos (q_{ij}) para modelo que representa o consumo de água de uma economia, como sendo a quantidade de água consumida pelo setor j no fornecimento de insumos para o setor i (W_{ij}), em relação a quantidade total de água consumida diretamente pelo setor j (W_{dj}):

$$q_{ij} = \frac{W_{ij}}{W_{dj}} \quad (32)$$

Usando uma forma similar matriz de coeficientes técnicos de Leontief, representa-se Q como uma matriz quadrada de ordem n com elementos q_{ij} de coeficientes técnicos de consumo de água. Com isso, em termos matriciais, tem-se:

$$W_d = Q \cdot W_d + W_d^y \quad (33)$$

Velazquez (2006) coloca que ao resolver e encontrar a solução da Equação (32), obtém-se a expressão que define o modelo de consumo de água:

$$W_t' = u'(I - Q)^{-1} \widehat{W}_d^y \quad (34)$$

em que, o vetor u' ($1 \times n$) indica a transposição do vetor unitário ($n \times 1$), $(I - Q)^{-1}$ é a matriz inversa ($n \times n$) de Leontief em termos de água e \widehat{W}_d^y o vetor transformado em matriz diagonal ($n \times n$). A mudança de W_d para W_t na transição da Equação (33) para o modelo encontrado em (34), ocorre devido ao fato de $(I - Q)^{-1}$ representar o consumo total, ou seja, os consumos diretos e indiretos que são demandados por um determinado setor. Da mesma forma que os coeficientes da matriz inversa de Leontief, os elementos β_{ij} da matriz $(I - Q)^{-1}$ indicam a quantidade de água adicional que o setor i vai consumir, se a demanda de água do setor j aumentar em uma unidade.

3.11. Indicadores do consumo de água

Inicialmente, define-se W_j^{d*} como sendo um indicador da intensidade do consumo direto de água para cada setor:

$$W_j^{d*} = \frac{W_j^d}{X_j} \quad (35)$$

em que, W_j^d é a quantidade de água consumida diretamente pelo setor j e X_j é a saída em termos monetários do setor j .

Coloca Wang (2009) que além deste consumo de água física, outros bens e serviços são exigidos pelos processos de produção do setor j . Por conseguinte, a fim de produzir as entradas geradas por outros sectores, outra demanda de água é também necessária. Para o setor j , este é o consumo de água indireto. Com isso, verifica-se que o consumo total de água é definido como sendo o consumo direto mais o consumo

indireto. Analogamente ao modelo de insumo-produto, o cálculo do consumo total de água depende do consumo direto e da dependência inter-setorial:

$$W_j^{t^*} = W_j^{a^*} + \sum_{i=1}^n W_i^{t^*} a_{ij} \quad (36)$$

em que, $W_j^{t^*}$ e $W_i^{t^*}$ são as demandas do consumo total de água dos setores j e i , respectivamente, n representa o número de setores e a_{ij} o coeficiente técnico de produção. Estes são definidos como as compras que o setor j faz ao setor i para demanda total do setor j . Sendo assim, $W_j^{a^*}$ representa a intensidade do consumo direto de água do setor j e $\sum_{i=1}^n W_i^{t^*} a_{ij}$ a intensidade do final de água indireto do setor j .

Adotando uma notação matricial, tem-se:

$$W^{t^*} = W^{a^*} + W^{t^*} A \quad (37)$$

em que, $W^{t^*} = (W_1^{t^*}, W_2^{t^*}, \dots, W_n^{t^*})$ representa o vetor de coeficientes do consumo total, $W^{a^*} = (W_1^{a^*}, W_2^{a^*}, \dots, W_n^{a^*})$ o de consumo direto de água e $A = (a_{ij})_{n \times n}$ é a matriz de coeficientes técnicos de produção. Nesta linha a solução da Equação (37) para W^{t^*} é dada por:

$$W^{t^*} = W^{a^*} (I - A)^{-1} \quad (38)$$

em que, $(I - A)^{-1}$ é conhecida como a matriz inversa Leontief, que compreende uma demanda necessária em todos os setores de produção para satisfazer uma determinada procura final. Ou seja, esta matriz é a representação da captura dos efeitos diretos e indiretos de todos os setores da economia em questão para uma mudança na demanda exógena na procura final. Usando a decomposição da matriz inversa de Leontief proposta na Equação (14), tem-se:

$$W^{t^*} = W^{a^*} + W^{a^*} A + W^{a^*} A^2 + \dots + W^{a^*} A^n \quad (39)$$

Nesta equação W^{d*} é a demanda de água de todos os setores para a saída de uma unidade, I . Isso representa o consumo de água direto. $W^{d*}A$ é a água necessária para permitir que a produção de A . Este é a primeira contribuição do consumo indireto de água. $W^{d*}A^2$ é a água necessária para permitir a produção de A (A). Esta é a segunda interação do consumo indireto de água. $W^{d*}A^n$ é a água demandada para produzir A (A^{n-1}). Esta é a n -ésima interação para o consumo indireto de água. Notadamente obtém-se o consumo total indireto de água através da soma de todos os ciclos descritos.

Do modelo definido anteriormente e apresentado para o consumo total, precisa-se diferenciar os consumos diretos e indiretos. Define-se o consumo direto como a quantidade de água necessária diretamente pelo setor i para satisfazer a própria demanda, enquanto o consumo indireto do setor i é a quantidade de água consumida pelo setor j para gerar os insumos necessários para i satisfazer a própria demanda (Hristov et al., 2012).

3.12. Efeito multiplicador do consumo de água

Com objetivo de distinguir entre o consumo direto e indireto, Velazquez (2006) define três indicadores com objetivo de introduzi-los na matriz da água, primeiro o de consumo direto por unidade produzida, depois o de consumo total de água e o terceiro de consumo indireto por unidade produzida. Tendo como principal interesse a determinação do efeito multiplicador do consumo indireto de água por unidade produzida, representado por MCI .

Wang (2009) afirma que o modelo de Leontief leva em conta o efeito “*Arrasto*”, desta maneira representado por indica a mudança que um determinado setor pode provocar (arrastar) na produção total de uma economia. Com isso, a aplicação do modelo insumo-produto desperta uma especial atenção aos setores que apresentam um maior efeito de arrastamento.

Proops (1988) define o efeito multiplicador de consumo direto MCA como sendo o quociente entre os dois indicadores de consumo definidos anteriormente, o indicador do consumo total (W^*) e o indicador de consumo direto por unidade produzida (W_d^*), de tal maneira que este multiplicador dá uma ideia da quantidade total de água consumida pelo setor i para cada 1 m^3 consumido diretamente:

$$mca_i = \frac{W_i^*}{W_{di}^*} \quad (40)$$

Este multiplicador pode ser interpretado de maneira análoga aos coeficientes da teoria de insumo-produto. O multiplicado *mca* é idêntico à soma dos coeficientes de coluna na matriz inversa de Leontief em termos de água (PROOPS, 1988).

Em seu trabalho, Velazquez (2006) afirma que como o *mca* fornece uma relação entre a quantidade total de água consumida e a quantidade consumida diretamente, então pode se obter um indicador de consumo indireto de água *mci* por unidade monetária produzida, apenas subtraindo o multiplicador *mca* de uma unidade:

$$mci_i = mca_i - 1 = \frac{W_i^*}{W_{di}^*} - 1 \quad (41)$$

Este indicador expressa a quantidade de água usada indiretamente por um determinado setor, por cada unidade de água utilizada diretamente, para satisfazer a demanda do mesmo.

3.13. Matriz de relações inter setoriais de água e matrizes associadas

O aprofundamento nas análises das relações inter setoriais do modelo insumo-produto para consumo de água é considerado uma das possibilidades mais interessantes. A análise conjunta da matriz de coeficientes de distribuição do consumo de água e a matriz de coeficientes técnicos possibilita determinar as relações diretas entre setores (Velazquez, 2006).

Wang (2009) coloca que a Equação (38) descreve um vetor linha onde cada elemento determina o consumo total de água para uma alteração de uma unidade no produto final de um determinado setor. Utilizando esta equação por base, formula-se uma matriz de relações inter setoriais de água W^* , alterando a forma de W^{d*} e subtraindo-se o consumo direto de água do consumo total de água. Com isso, tem-se:

$$W^* = \widehat{W}^{d^*} [(I - A)^{-1} - I]$$

(42)

onde “^” indica que os elementos do vetor devem ser transformados e dispostos em uma matriz diagonal. Os elementos w_{ij} de W^* indicam a quantidade adicional de água consumida por toda a economia para cada unidade de produção acrescentada no setor j . Assim, a soma de todos os elementos de coluna j expressa as necessidades indiretas de água do setor, para cada alteração de uma unidade na sua procura final. Segundo Wang (2009) esta matriz pode ser convertida em uma matriz de coeficientes de transação de água, cujos elementos são definidos como:

$$b_{ij}^w = \frac{w_{ij}^*}{w_j^{d^*}}$$

(43)

onde b_{ij}^w representa a quantidade adicional de água que o setor i vai consumir se a demanda por água para o setor j aumenta em uma unidade. Portanto, esta nova matriz estabelece a dependência entre um setor e os outros setores da economia em matéria de recursos hídricos.

Similarmente à b_{ij}^w , Velazquez (2006) define os coeficientes técnicos de consumo de água na Equação (32) como a quantidade diretamente consumida pelo setor j na geração de produtos para o setor i em relação com a quantidade total de água consumida diretamente por j . Portanto, as colunas da matriz de coeficientes técnicos indicam a quantidade de água que cada setor compra, através dos insumos, do setor j .

Velazquez (2006) também define os coeficientes de distribuição de água (l_{ij}). Eles representam a quantidade de água consumida diretamente pelo setor j na geração de produtos para o setor i , em relação a quantidade total de água consumida por i , qual seja:

$$l_{ij} = \frac{w_{ij}}{w_{dj}}$$

(44)

Com isso, verifica-se que a quantidade de água vendida pelo setor i para o restante dos setores é representada pelas linhas da matriz de coeficientes de distribuição.

3.14. Dados do modelo insumo-produto

Para determinação da matriz de coeficientes de insumo-produto, utilizou-se os dados das inter-relações entre setores da economia da matriz de Leontief divulgado pelo relatório IBGE (2008) com base nas relações intersetoriais do ano de 2005 para 12 setores pré definidos da economia. Selecionaram-se dados da matriz definida para os setores Agropecuária; Indústria extrativa mineral; Indústria de transformação; Produção e distribuição de eletricidade, gás e água; Construção; Comércio; Transporte; armazenagem e correio; Serviços de informação; Intermediação financeira, seguros e previdência complementar; Atividades imobiliárias e aluguel; Outros serviços; e Administração, saúde e educação públicas. Destes, foram selecionados os setores Agropecuária, Indústria extrativa mineral, Indústria de transformação, comércio; e Administração, saúde e educação pública para formar a matriz de Leontief final única utilizada para todas as regiões.

Para o consumo de água a nível de água nacional, regional e estadual, foram utilizados resultados divulgados pelo relatório de conjuntura dos recursos hídricos 2013 apresentados ANA-Agência Nacional da Águas. Os dados do ano de 2010, para os consumos urbano, rural, animal, irrigação e industrial, originaram informações para os setores agropecuário e industrial. Em relação ao estado da Paraíba, os dados foram fornecidos pela CAGEPA a nível Estadual e da região abastecida pela Barragem Eptácio Pessoa para os anos de 2010 a 2015 dos setores residencial, Industrial, Comercial e Público.

Em relação ao PIB dos setores para os estados e região, utilizou-se os dados do Contas regionais do Brasil (IBGE, 2010) para obter os PIB's dos setores agropecuário e industrial de todos os estados brasileiros e Contas regionais do Brasil (IBGE, 2012) para o estado da Paraíba e da região abastecida pela Barragem Eptácio Pessoa.

3.14.1. Processamento dos dados

Com relação ao processamento dos dados, adotou-se a seguinte sequência metodológica. Primeiramente, utilizou-se a Matriz de impacto intersetorial – Matriz de Leontief da publicação Matriz Insumo-Produto Brasil (IBGE, 2008), com dados do ano de 2005, para os setores agropecuário, industrial, comercial e público, formando uma

matriz 4x4 com os coeficientes, $(I - A)^{-1}$, estes utilizados em nível nacional, estadual e local. Em seguida, utilizou-se o software EXCEL para realizar os cálculos matemáticos e as operações as matriciais de acordo com a metodologia usando por base no modelo proposto por Velazquez (2006) para construção de indicadores de consumos e de transações de água para os setores determinados da economia, a nível nacional, estadual e local, de acordo com a seguinte sequência. Com os dados da ANA para o ano de 2010 e CAGEPA para o ano de 2012, conjuntamente com os respectivos dados do PIB's dos anos e das regiões estabelecidas, encontrou-se o indicador de consumo direto em nível nacional, estadual e local. Em seguida, com operações matriciais, entre os coeficientes de Leontief e esses indicadores, obteve-se os indicadores de consumo total para os setores agropecuário e industrial dos Estados do Brasil; e agropecuário, industrial, comercial e público do estado da Paraíba e da região com as cidades abastecidas pela Barragem Epitácio Pessoa. Usando uma relação matemática entre esses indicadores, tem-se a distribuição percentual dos consumos de cada setor e os multiplicadores de consumo. Na sequência metodológica proposta utilizou-se calculo entre matrizes do modelo estabelecido e chegamos a matriz de transações de água para cada setor e região estabelecida. Por fim, realizou-se a análise dos resultados de forma individualizada e comparativa dos estados e regiões do Brasil, para o estado da Paraíba e para região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa.

3.15. Área de Estudo – Estado da Paraíba e Barragem Epitácio Pessoa

O modelo insumo produto foi inicialmente construído para o estado da Paraíba e para região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa. De acordo com os dados fornecidos pela CAGEPA, o consumo de água dessa região é composto pelos municípios de Campina Grande, Alagoa Grande, Barra de Santana, Boa Vista, Boqueirão, Cabaceiras, Caturité, Cubati, Juazeirinho, Lagoa Seca, Matinhas, Olivedos, Pedra Lavrada, Pocinhos, Queimadas, São Sebastião de Lagoa de Roça, São Vicente do Seridó, Soledade, Sossego, além dos distritos de Galante e Seridó (Figura 1).

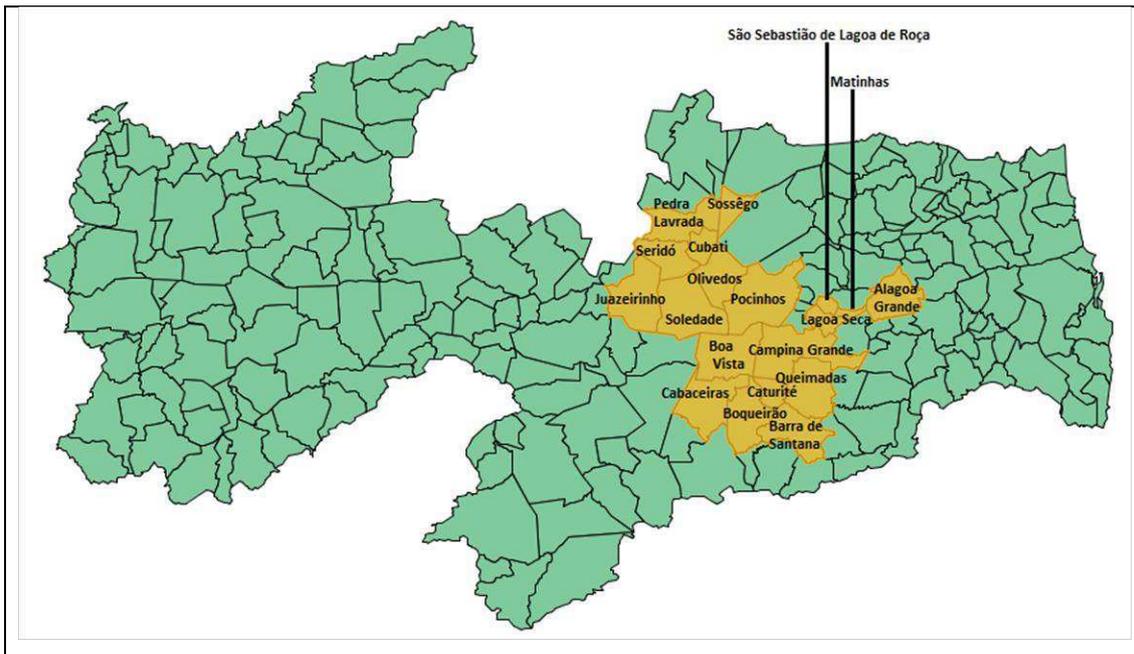


Figura 1. Região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa, com os 19 municípios que recebem água através da CAGEPA

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Área de Estudo – Estado da Paraíba e Região da Barragem Eptácio Pessoa

4.1.1. Consumo de água por categoria no Estado da Paraíba

O volume de água consumido e o Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios abastecidos pela Barragem Eptácio Pessoa e os demais municípios do Estado, com os setores agropecuário, industrial, comercial e público, encontram-se na Tabela 2. Em relação ao estado, apesar do PIB do setor agropecuário ser o menor, dentre os quatro setores analisados, de apenas 6%, o volume correspondente é o maior e representa aproximadamente 62% do total. Por outro lado, o setor público tem o maior PIB, que representa mais de 50% dentre os setores, pois consome 44% menos água que o setor agrícola. Também, para a região abastecida pela Barragem de Eptácio Pessoa, o PIB do setor agropecuário é o menor, com aproximadamente 2%, enquanto o volume de água consumido é o maior com mais de 60% do total. Diferente da situação estadual, o setor industrial apresenta o maior PIB, com mais de 40%, e o menor volume de água consumida, abaixo dos 10%.

Tabela 2. Volume de água consumido e Produto Interno Bruto (PIB) por setores no Estado da Paraíba e região da Barragem Eptácio Pessoa – Ano 2012

| Setores | PIB (R\$ 1.000/ano) | | Volume (m ³ /ano) | |
|--------------|---------------------|----------------|------------------------------|----------------|
| | Estado da Paraíba | Eptácio Pessoa | Estado da Paraíba | Eptácio Pessoa |
| Agropecuário | 1.234.000 | 100.003 | 25.440.524 | 6.415.127 |
| Industrial | 3.182.000 | 1.730.670 | 1.395.518 | 714.893 |
| Comercial | 4.945.000 | 690.041 | 6.700.695 | 1.690.725 |
| Público | 10.878.000 | 1.518.139 | 7.588.126 | 1.580.605 |
| Total | 20.239.000 | 4.038.853 | 41.123.863 | 10.401.350 |

4.1.2. Matriz inversa de Leontief

Os valores dos coeficientes da matriz inversa de Leontief (b_{ij}), para os setores agropecuário, industrial, comercial e público, válido para as relações em todos os municípios e estados do Brasil, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Coeficientes da matriz inversa de Leontief dos setores agropecuário, industrial, comercial e público do Brasil

| Setores | Agropecuário | Industrial | Comercial | Público |
|--------------|--------------|------------|-----------|---------|
| Agropecuário | 1,1361 | 0,1762 | 0,0132 | 0,0138 |
| Industrial | 0,4612 | 3,0595 | 0,1376 | 0,1357 |
| Comercial | 0,0674 | 0,1379 | 1,0359 | 0,0260 |
| Público | 0,0025 | 0,0102 | 0,0032 | 1,0032 |

Estes resultados exibem as relações inter-setoriais de impactos diretos e indiretos dos setores estudados em nível local, regional e nacional. Ou seja, para cada R\$1,00 de aumento na demanda do setor agropecuário, provocará o consumo R\$ 1,13 no seu próprio setor, enquanto o industrial consumirá R\$ 0,46, o comercial R\$ 0,06 e o público R\$ 0,0025. A análise para os outros setores segue a mesma lógica de relações.

4.1.3. Indicador do consumo direto de água do estado da Paraíba

O indicador da intensidade de consumo direto de água (W_j^{d*}), relação direta entre o consumo e o PIB do setor, para o Estado da Paraíba e a região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa, encontra-se na Tabela 4. Para as duas regiões analisadas, o setor agropecuário representa a maior relação entre o consumo de água e o PIB dentre os quatro setores, onde a região abastecida pela Barragem de Boqueirão apresenta uma relação três vezes maior que a do estado. A menor relação encontra-se, nas duas regiões, no setor industrial, onde se verifica uma igualdade entre tais indicadores.

Tabela 4. Indicador de intensidade de consumo direto de água (W_j^{d*}) para os setores do Estado da Paraíba e região da Barragem Epitácio Pessoa – Ano 2012

| Setores | Indicador de consumo direto (m ³ /R\$ 1000) | |
|--------------|--|-----------------|
| | Estado da Paraíba | Epitácio Pessoa |
| Agropecuário | 20,6 | 64,1 |
| Industrial | 0,4 | 0,4 |
| Comercial | 1,4 | 2,5 |
| Público | 0,7 | 1,0 |

4.1.4. Indicador do consumo total de água do estado da Paraíba

O indicador de consumo total (W^{t*}), que representa a contribuição dos efeitos diretos e indiretos nas transações de água, para os setores do estado da Paraíba e a região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa, encontra-se na Tabela 5. Nas duas regiões definidas, o setor agropecuário representa o maior indicador de consumo total de água dentre os quatro setores, enquanto a região abastecida pela Barragem de Boqueirão apresenta um indicador de três vezes maior que a do estado, ou seja, o consumo de água do setor agropecuário gera menos impacto financeiro direto e indireto ao nível local que ao estadual. A menor relação entre os indicadores de consumo total das duas regiões encontra-se no setor público, com uma diferença de aproximadamente uma unidade entre os indicadores, ou seja, o consumo total de água e o PIB para este setor é, como esperado, mais homogêneo entre as regiões estudadas.

Tabela 5. Indicador de consumo total (W^{t*}), por setores do estado da Paraíba e da região da Barragem Epitácio Pessoa – Ano 2012

| Setores | Indicador de consumo total (m ³ /R\$ 1000) | |
|--------------|---|-----------------|
| | Estado da Paraíba | Epitácio Pessoa |
| Agropecuário | 23,7 | 73,2 |
| Industrial | 5,2 | 12,9 |
| Comercial | 1,7 | 3,4 |
| Público | 1,1 | 2,0 |

4.1.5. Distribuição percentual do consumo de água no Estado da Paraíba

A distribuição percentual de consumo de água por categoria do estado da Paraíba e da região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa encontra-se na Tabela 6. Em relação ao Estado, os setores agropecuário, comercial e público apresentam um consumo direto alto acima dos 60% de total água consumida pela categoria, sendo o agropecuário com maior consumo direto de água de 87%. Para irrigação e pecuária o consumo de água no processo produtivo é altíssimo em todas as regiões do planeta, sendo assim, o consumo direto deve ser elevado. Com relação ao consumo indireto de água o setor industrial se destaca dos demais com um consumo indireto, ou virtual, acima de 90%.

Tabela 6. Distribuição percentual de consumo de água por categoria do Estado da Paraíba e região da Barragem Epitácio Pessoa – Ano 2012

| Categorias | Estado da Paraíba (%) | | Barragem Epitácio Pessoa (%) | |
|--------------|-----------------------|------------------|------------------------------|------------------|
| | Consumo direto | Consumo indireto | Consumo direto | Consumo indireto |
| Agropecuário | 87 | 13 | 88 | 12 |
| Industrial | 8 | 92 | 3 | 97 |
| Comercial | 78 | 22 | 71 | 29 |
| Público | 65 | 35 | 51 | 49 |

Para região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa, os mesmos setores apresentam-se como os maiores consumos diretos de água, acima de 50%, onde o setor agropecuário destaca-se como o de maior consumo direto, em relação aos demais, com consumo aproximado de 88%. Seguindo a mesma tendência, na categoria industrial, registra-se um altíssimo percentual de consumo indireto de água, ou consumo virtual, de 97% do consumo total estabelecido para o setor em questão. Neste aspecto, Wang (2009) afirma que a quantidade de água consumida diretamente pelo setor agropecuário é muito maior que a consumida pela indústria que apresenta um consumo considerado insignificante.

4.1.6. Multiplicadores do consumo de água do Estado da Paraíba

O multiplicador de consumo de água (*MCA*), que representa a quantidade total de água consumida pelo setor para cada aumento na demanda de uma unidade consumida pelo mesmo, para os setores do estado da Paraíba e a região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa, encontra-se na Tabela 7. Nas duas regiões definidas, o setor industrial apresenta o maior multiplicador de consumo de água dentre os quatro setores, onde a região abastecida pela Barragem de Boqueirão apresenta um consumo aproximadamente três vezes maior que a do estado. Sendo assim, para cada metro cúbico consumido pelo setor, existe um consumo de 11,8 m³ para o estado da Paraíba e 31,3 m³ para a região da Barragem Epitácio Pessoa. Em relação aos outros três setores, este multiplicador apresenta uma relativa uniformidade entre as duas regiões estudadas, ou seja, os valores calculados apresentam-se muito próximos.

Tabela 7. Multiplicador de consumo direto de água (*MCA*), para os setores do Estado da Paraíba e da região da Barragem Eptácio Pessoa – Ano 2012

| Setores | Multiplicador de consumo de água (m ³) | |
|--------------|--|----------------|
| | Estado da Paraíba | Eptácio Pessoa |
| Agropecuário | 1,2 | 1,1 |
| Industrial | 11,8 | 31,3 |
| Comercial | 1,3 | 1,4 |
| Público | 1,5 | 2,0 |

O multiplicador de consumo indireto de água (*MCI*), que representa a quantidade de água consumida indiretamente (virtual) pelo setor para cada unidade consumida diretamente pelo mesmo, para os setores do estado da Paraíba e a região abastecida pela Barragem Eptácio Pessoa, encontra-se na Tabela 8. Em nível estadual, verifica-se que o setor industrial apresenta o maior consumo indireto de água, ou seja, para cada metro cúbico de água consumido diretamente, o mesmo apresenta um consumo indireto, ou virtual, de 10,8 m³, enquanto os setores agropecuário, comercial e público consomem de forma virtual 0,2, 0,3 e 0,5 m³, respectivamente. Já para região abastecida pela Barragem de Eptácio Pessoa, tem-se que para cada metro cúbico consumido diretamente pelo setor industrial, existe um consumo indireto da ordem de 30,3 m³ e, portanto, cerca de três vezes mais que a mesma relação ao nível estadual. Este resultado é relativamente próximo daquele apresentado por Velazquez (2006) que afirma que o setor Industrial de alimentação tem um consumo direto insignificante, porém para cada metro cúbico de consumo direto este setor consome indiretamente 36 m³. Quanto aos setores agropecuário, comercial e público, os consumos indiretos, em forma virtual, foram de 0,1, 0,43 e 1,0 m³, respectivamente.

Tabela 8. Multiplicador de consumo indireto de água (*MCI*), por setores do estado da Paraíba e da região da Barragem Eptácio Pessoa – Ano 2012

| Setores | Multiplicador de consumo indireto de água (virtual) (m ³) | |
|--------------|---|----------------|
| | Estado da Paraíba | Eptácio Pessoa |
| Agropecuário | 0,2 | 0,1 |
| Industrial | 10,8 | 30,3 |
| Comercial | 0,3 | 0,4 |
| Público | 0,5 | 1,0 |

Para Hristov et al. (2012) o grande interesse nesta proposta metodológica é verificar o “Efeito de arrasto”, ou seja, o quando o consumo indireto ou virtual de água poderá impactar em outros setores. Para isso, os multiplicadores de consumo fornecem uma visão geral. Sendo assim, encontrou-se que para cada aumento de uma unidade na demanda final, o consumo total será de 1,4 m³ para o setor de agricultura, ou seja, o efeito de arrasto é muito pequeno e também muito próximo dos resultados encontrados neste trabalho.

4.1.7. Coeficientes de transações de água do estado da Paraíba

A matriz de coeficientes de transações de água para o estado da Paraíba, cujos elementos (b_{ij}) representam a quantidade adicional de água que o setor i vai consumir se a demanda por água para o setor j aumenta em uma unidade, encontra-se na Tabela 9. O aumento de um metro cúbico de consumo direto do setor industrial, gera um consumo adicional nos setores agropecuário e industrial de aproximadamente 8 m³ e 2 m³, respectivamente. As demais relações mostraram-se de baixa intensidade, ou seja, ao aumentar em 1 m³ o seu consumo, o setor agropecuário consome de forma adicional do mesmo apenas 0,14 m³, o setor comercial do agropecuário 0,20 m³ e por fim o setor público provoca um consumo adicional de 0,41 m³ de agropecuário.

Tabela 9. Matriz de coeficientes de transações de água para o estado da Paraíba – Ano 2012

| Setores | Agropecuário | Industrial | Comercial | Público |
|--------------|--------------|------------|-----------|---------|
| Agropecuário | 0,14 | 8,29 | 0,20 | 0,41 |
| Industrial | 0,01 | 2,06 | 0,04 | 0,09 |
| Comercial | 0,00 | 0,43 | 0,04 | 0,05 |
| Público | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |

Os elementos (b_{ij}) da matriz de coeficientes de transações de água para a região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa, encontra-se na Tabela 10. Verifica-se que o aumento de um metro cúbico de consumo direto do setor industrial, gera um consumo adicional nos setores agropecuário, industrial e comercial de aproximadamente 27, 2 e 1 m³, respectivamente. Também, o aumento de uma unidade na demanda do setor público,

provoca um consumo adicional de aproximadamente 1 m³ do agropecuário. Para as demais relações os consumos adicionais apresentam-se de baixa intensidade.

Tabela 10. Matriz de coeficientes de transações de água para região abastecida pela Barragem Eptácio Pessoa – Ano 2012

| Setores | Agropecuário | Industrial | Comercial | Público |
|--------------|--------------|------------|-----------|---------|
| Agropecuário | 0,1 | 27,4 | 0,3 | 0,8 |
| Industrial | 0,0 | 2,1 | 0,0 | 0,1 |
| Comercial | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,1 |
| Público | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Os resultados encontrados por Wang (2009) mostram que para cada metro cúbico consumido diretamente pelo setor industrial, requer o consumo adicional de 14 m³ de água do setor agropecuário. Sendo este valor relativamente próximo do encontrado a nível estadual e cerca de duas vezes menos que o valor encontrado em nível da região abastecida pela Barragem Eptácio Pessoa.

4.2. Área de Estudo – Demais Estados brasileiros

O modelo insumo produto para o consumo de água foi construído para Brasil. O país está representado pelas regiões Norte, Nordeste, Sudeste, Sul, e Centro Oeste através dos estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará, Amapá, Tocantins, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal. Encontra-se na Figura 2.



Figura 2. Mapa político do Brasil

4.2.1. Distribuição do volume de água consumido pelo setor agropecuário

A distribuição do volume consumido de água pelo setor agropecuário do Brasil encontra-se na Figura 3. Percentualmente, dentre as cinco regiões brasileiras, a região Nordeste é a que apresenta maior consumo de água para o setor agropecuário, com 35% do total. Nesta região, os estados que se destacam são Bahia, Pernambuco e Ceará com um consumo de 14%, 5% e 4,5%, respectivamente. A região com menor consumo é a Norte, com apenas 5%, sendo o estado de Tocantins o de maior consumo com aproximadamente 2,5%. Destacam-se, também, os estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais, com consumo de aproximadamente 25% e 9% respectivamente.

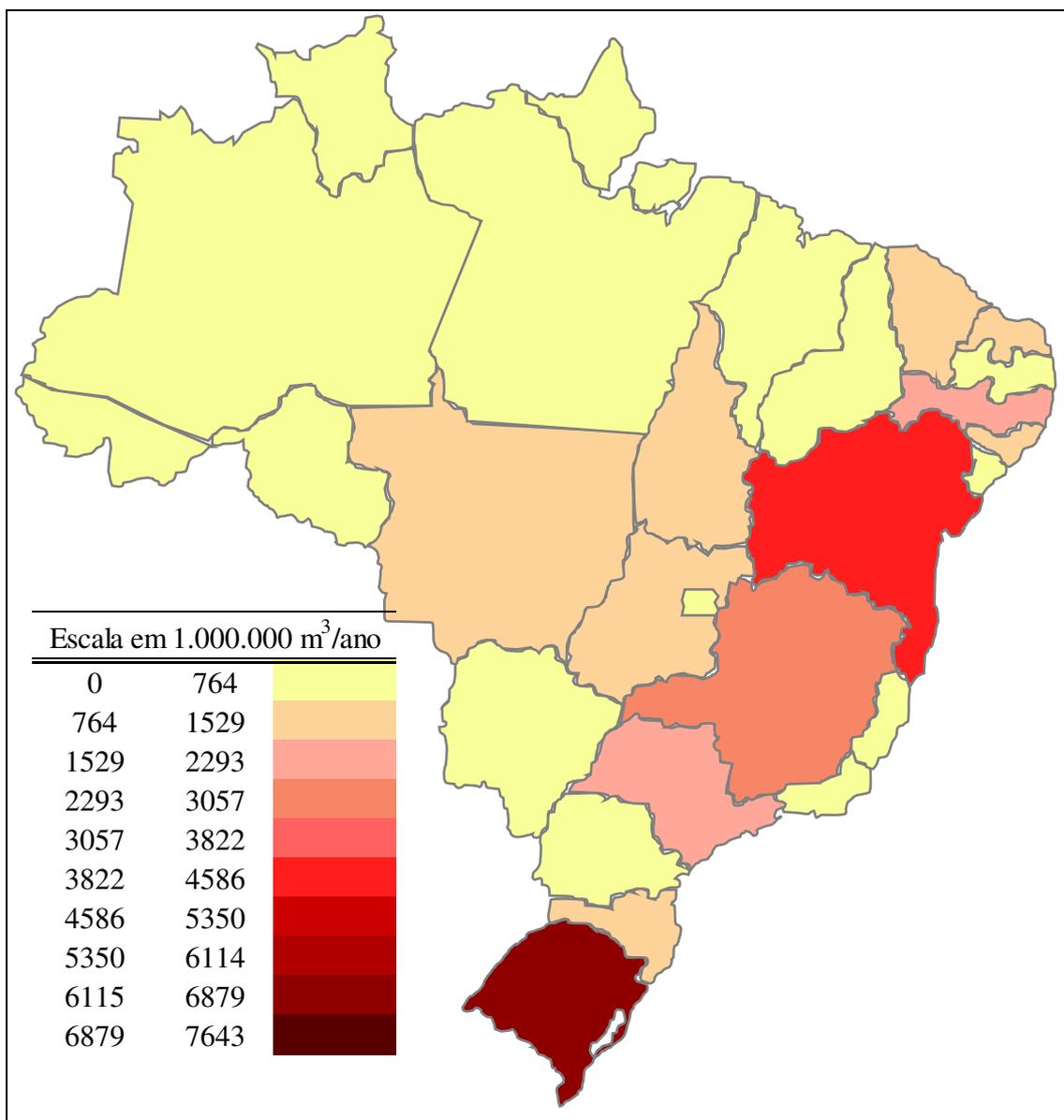


Figura 3. Distribuição do volume consumido de água pelo setor agropecuário do Brasil

Em relação ao volume anual consumido, a região Nordeste apresenta um consumo de 10,7 bilhões de metros cúbicos, enquanto a Norte, o menor, com 1,4 bilhão de metros cúbicos. O Estado com maior consumo, o Rio Grande do Sul, apresenta um consumo de 7,6 bilhões de metros cúbicos anuais e o do Amapá com 7 milhões, o menor.

4.2.2. Distribuição do volume de água consumido pelo setor industrial

A distribuição do volume consumido de água pelo setor industrial do Brasil, encontra-se na Figura 4. A região Sudeste é a que apresenta maior consumo de água para o setor industrial, com 50% do total. A razão disso está relacionada à concentração de grandes polos industriais do país.

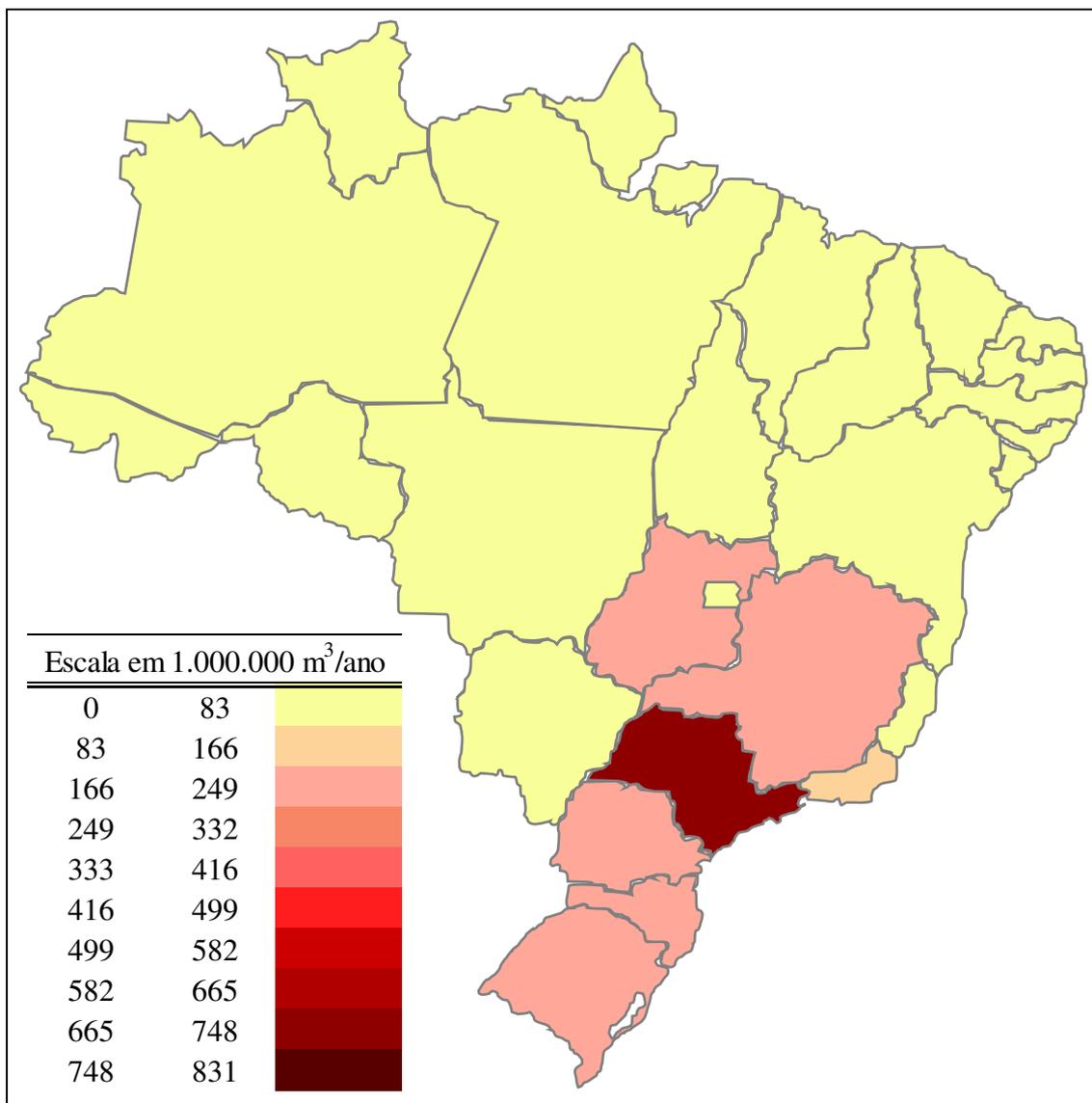


Figura 4. Distribuição do volume consumido de água pelo setor industrial do Brasil

Nesta região, os estados com maior representatividade é São Paulo, com aproximadamente 33% do consumo; outro com relativo destaque é Minas Gerais com cerca de 10% do consumo nacional. A região com menor consumo é a região Norte com 3% do volume nacional, onde o estado do Amapá praticamente não tem representatividade de consumo. Destacam-se, também, os estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Goiás com consumo de aproximadamente 8%, 8%, 9% e 9% respectivamente.

Em relação ao volume anual consumido a região Sudeste apresenta um consumo de 1,2 bilhões de metros cúbicos, enquanto a Norte o menor com 0,7 bilhão de metros cúbicos. O estado de São Paulo tem o maior consumo, com cerca de 0,8 bilhão de metros cúbicos e os estados de Roraima e Amapá os menores, com apenas um milhão de metros cúbicos.

4.2.3. Distribuição do PIB do setor agropecuário

A distribuição do PIB do setor agropecuário no Brasil, que encontra-se na Figura 5, evidencia que dentre as cinco regiões brasileiras, as regiões Sul e Sudeste apresentam os maiores PIBs para o setor agropecuário, com 25% e 30%, respectivamente. Nestas regiões os Estados com maiores representatividade são Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná com aproximadamente 15%, 11%, 11% e 9%, respectivamente. A região com menor PIB é a Norte com 10%, onde os estados do Pará e Rondônia representam apenas 2,6% e 2,7% do PIB nacional. Destacam-se, também, os estados da Bahia, Santa Catarina, Mato Grosso e Goiás com um PIB de aproximadamente 6%, 5%, 7% e 7%, respectivamente.

4.2.4. Distribuição do PIB do setor industrial

A distribuição do PIB do setor industrial no Brasil encontra-se na Figura 6. Neste caso, dentre as cinco regiões brasileiras, a região Sudeste representa 62% de todo o PIB nacional do setor industrial. Nesta região encontra-se o estado de maior contribuição do PIB, que também é São Paulo, com cerca de 36%. A região com menor PIB do setor industrial é a região Centro-Oeste com 4%, onde o Distrito Federal representam apenas 0,4% do PIB nacional da indústria. Destaca-se também os estados

de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul com um PIB industrial de aproximadamente 12%, 11%, e 8%, respectivamente.

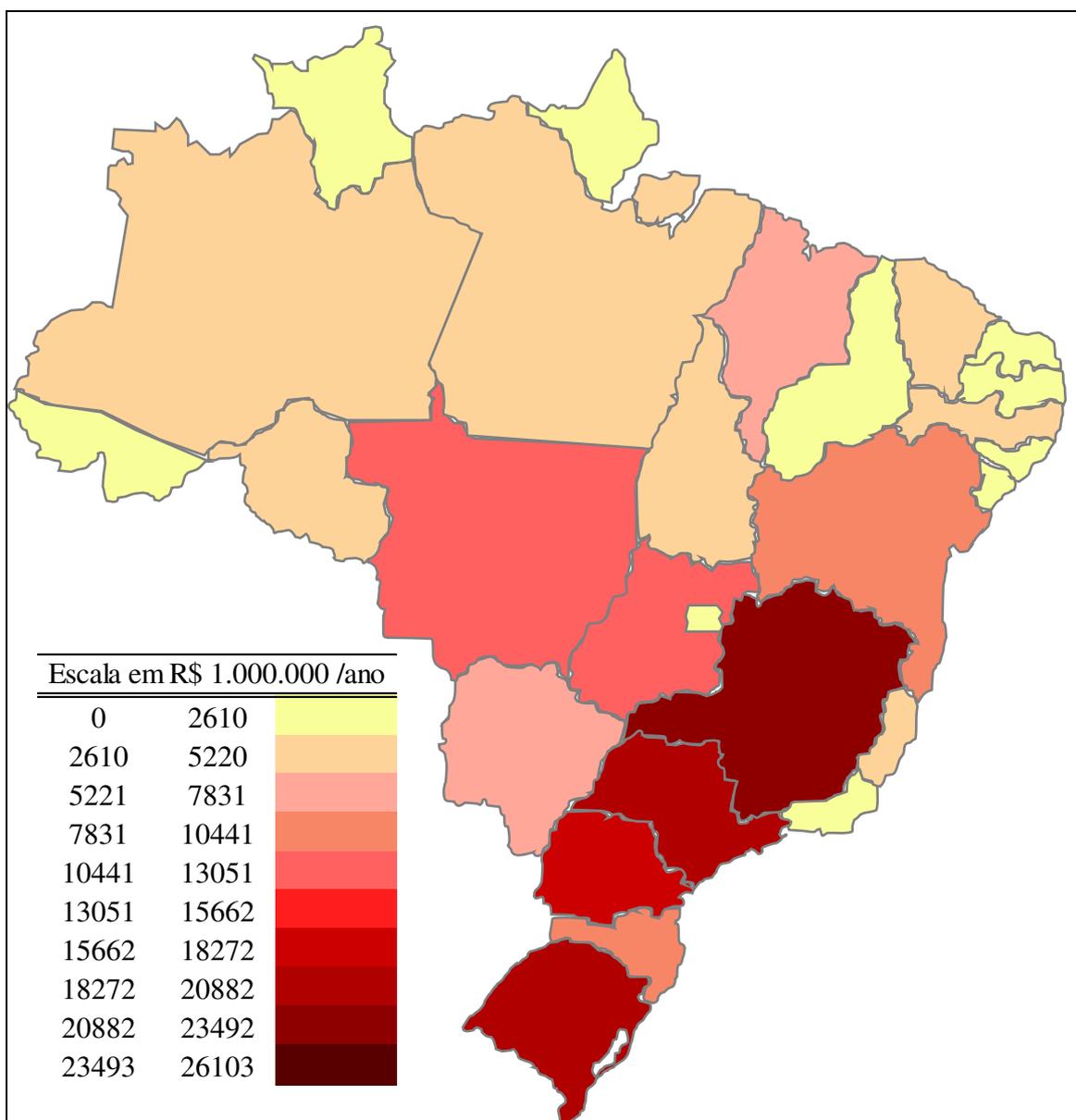


Figura 5. Distribuição do PIB do setor agropecuário no Brasil

4.2.5. Indicador de consumo direto de água

O indicador da intensidade de consumo direto de água (W_j^{d*}), que expressa a relação direta entre o consumo de água e o PIB do setor, para os Estados do Brasil, encontra-se na Tabela 11. Para o setor agropecuário, na região Norte, o estado de Tocantins apresenta o maior indicador de consumo direto, com aproximadamente 275 m³/R\$ 1000, ou seja, cerca de 25 vezes maior que o do estado do Amazonas, o menor

indicador da região. Na região Nordeste, o Estado com maior indicador de consumo direto para o setor agropecuário é o Rio Grande do Norte, com 733,0 m³/R\$ 1000, enquanto o menor indicador é do estado do Maranhão, com 91,0 m³/R\$ 1000.

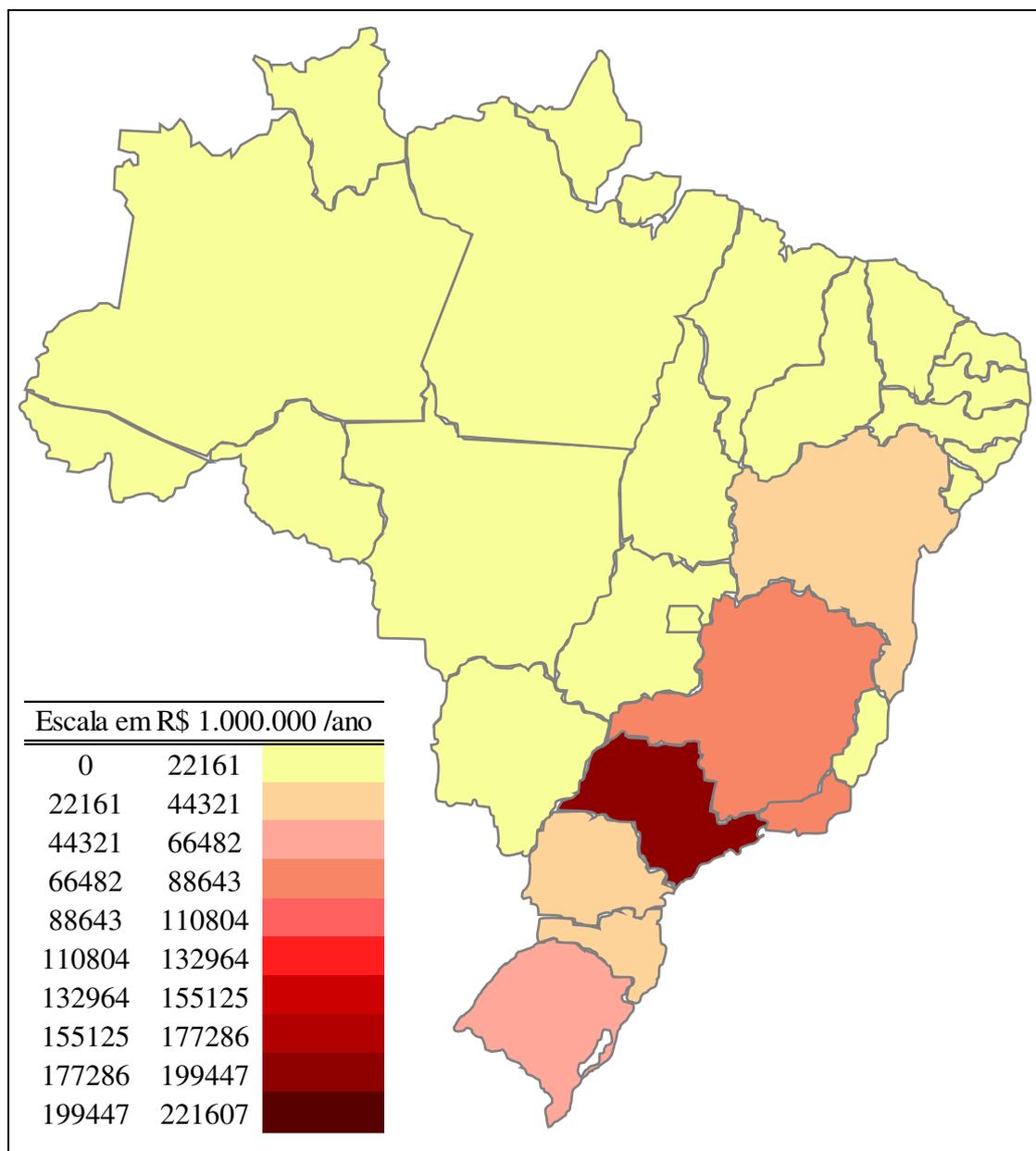


Figura 6. Distribuição do PIB do setor industrial no Brasil

Na região Sudeste, o estado do Rio de Janeiro representa o maior indicador com 342,0 m³/R\$ 1000, enquanto o menor é da ordem de 108,8 m³/R\$ 1000 correspondente ao estado de Minas Gerais. Na região Sul o destaque é o Rio Grande do Sul com um indicador de 401,7 m³/R\$ 1000, cerca de 16 vezes o menor indicador, representado pelo estado do Paraná. O Distrito Federal, com 191,2 m³/R\$ 1000 é a unidade de federação

com maior indicador de consumo direto da região Centro Oeste, enquanto o estado do Mato Grosso apresenta o menor indicador de consumo direto da região com apenas 79,7 m³/R\$ 1000, ou seja, a cada mil reais movimentado pelo setor agropecuário existe um consumo direto de água, do mesmo, de aproximadamente 80 m³.

Tabela 11. Indicador de intensidade de consumo direto (W_j^{d*}) por setores dos Estados do Brasil – Ano 2010

| Regiões e Estados | Indicador de consumo direto (m ³ /R\$ 1000) | |
|---------------------|--|------------|
| | Agropecuário | Industrial |
| Norte | | |
| Rondônia | 46,7 | 4,9 |
| Acre | 29,5 | 5,1 |
| Amazonas | 11,0 | 2,0 |
| Roraima | 75,6 | 7,0 |
| Pará | 75,7 | 1,0 |
| Amapá | 29,2 | 3,3 |
| Tocantins | 274,8 | 6,2 |
| Nordeste | | |
| Maranhão | 91,0 | 4,4 |
| Piauí | 362,4 | 6,4 |
| Ceará | 465,6 | 8,6 |
| Rio Grande do Norte | 733,0 | 4,9 |
| Paraíba | 423,8 | 6,3 |
| Pernambuco | 425,3 | 6,2 |
| Alagoas | 554,1 | 11,7 |
| Sergipe | 192,0 | 3,1 |
| Bahia | 444,7 | 2,4 |
| Sudeste | | |
| Minas Gerais | 108,8 | 3,1 |
| Espírito Santo | 117,9 | 1,8 |
| Rio de Janeiro | 342,0 | 1,9 |
| São Paulo | 116,0 | 3,7 |
| Sul | | |
| Paraná | 25,0 | 5,6 |
| Santa Catarina | 102,5 | 6,2 |
| Rio Grande do Sul | 401,7 | 4,9 |
| Centro Oeste | | |
| Mato Grosso do Sul | 127,5 | 4,2 |
| Mato Grosso | 79,7 | 3,8 |
| Goiás | 114,7 | 17,4 |
| Distrito Federal | 191,2 | 4,6 |

Para o setor Industrial, na região Norte, o estado com maior indicador de consumo direto é também o estado de Tocantins, com 6,2 m³/R\$ 1000, enquanto o Pará apresenta o menor indicador com 1,0 m³/R\$ 1000. Na região Nordeste, verifica-se que o

estado de Alagoas apresenta o maior indicador, com 11,7 m³/R\$ 1000, enquanto o estado da Bahia apresenta o menor indicador de consumo direto para o setor industrial, com 2,4 m³/R\$ 1000. Para a região Sudeste, o estado com maior indicador de consumo direto é o de São Paulo, com 3,7 m³/R\$ 1000, seguido por Minas Gerais com 3,1 m³/R\$ 1000. Em relação a região Sul, embora os indicadores de consumo direto para o setor industrial sejam bem uniformes, o estado de Santa Catarina, com 6,2 m³/R\$ 1000, representa o maior. Por fim, na região Centro Oeste, o estado com maior indicador é Goiás, com 17,4 m³/R\$ 1000, que representa 4,5 vezes mais que o estado de Mato Grosso, com menor indicador de consumo da região, com 3,8 m³/R\$ 1000.

4.2.6. Indicador do consumo total de água

O indicador de consumo total (W^{t*}), que representa a contribuição dos efeitos diretos e indiretos nas transações de água, para os setores agropecuário e industrial dos Estados do Brasil, encontra-se na Tabela 12. Para o setor agropecuário, na região Norte, o estado de Tocantins apresenta a maior contribuição dos efeitos diretos e indiretos nas transações de água, com uma representatividade de 50% do total da região, enquanto o estado com a menor é Amazonas, com aproximadamente 2%. Na região Nordeste, o estado com maior contribuição nas transações de água para o setor agropecuário é o Rio Grande do Norte, que representa 20% do total da região, enquanto a menor contribuição, com 2%, é do estado do Maranhão. Para região Sudeste, o estado do Rio de Janeiro tem a maior contribuição de efeitos diretos e indiretos de transações, isto representa aproximadamente 50% do consumo de toda região, enquanto os outros três estados apresentam consumos homogêneos da ordem de aproximadamente 17% do total da região. Na região Sul o destaque é o Rio Grande do Sul com uma contribuição de efeito total representando cerca de 75%, onde o estado do Paraná, com menor representatividade da região com apenas 5%. Em relação a região Centro Oeste, o estado com maior contribuição de transações, representando 37% da região, é o Distrito Federal, enquanto o Mato Grosso representa cerca de 15%, sendo o de menor contribuição de transações de efeitos diretos e indiretos de consumo total de água. Em relação ao Brasil, o estado do Amazonas apresenta a menor relação das transações de água 13,4 m³/R\$ 1000, ou seja, apenas 0,2% do total do país, enquanto que o estado do Rio Grande do Norte, com aproximadamente 835 m³/R\$ 1000, portanto, o de maior contribuição com cerca de 12,2% do total.

Tabela 12. Indicador de intensidade de consumo total (W^{t*}) por setores dos estados do Brasil – Ano 2010

| Regiões e Estados | Indicador de consumo total (m ³ /R\$ 1000) | |
|---------------------|---|------------|
| | Agropecuário | Industrial |
| Norte | | |
| Rondônia | 55,3 | 23,1 |
| Acre | 35,9 | 20,9 |
| Amazonas | 13,4 | 8,0 |
| Roraima | 89,1 | 34,7 |
| Pará | 86,4 | 16,4 |
| Amapá | 34,7 | 15,1 |
| Tocantins | 315,0 | 67,4 |
| Nordeste | | |
| Maranhão | 105,4 | 29,4 |
| Piauí | 414,6 | 83,4 |
| Ceará | 532,9 | 108,4 |
| Rio Grande do Norte | 834,9 | 144,1 |
| Paraíba | 484,3 | 93,8 |
| Pernambuco | 486,0 | 93,9 |
| Alagoas | 634,9 | 133,4 |
| Sergipe | 219,6 | 43,4 |
| Bahia | 506,3 | 85,8 |
| Sudeste | | |
| Minas Gerais | 125,0 | 28,7 |
| Espírito Santo | 134,7 | 26,2 |
| Rio de Janeiro | 389,4 | 66,2 |
| São Paulo | 133,5 | 31,9 |
| Sul | | |
| Paraná | 31,0 | 21,4 |
| Santa Catarina | 119,3 | 37,0 |
| Rio Grande do Sul | 458,6 | 85,9 |
| Centro Oeste | | |
| Mato Grosso do Sul | 146,8 | 35,4 |
| Mato Grosso | 92,3 | 25,7 |
| Goiás | 138,3 | 73,6 |
| Distrito Federal | 219,4 | 47,8 |

Em se tratado do indicador de consumo total de água para o setor industrial dos estados brasileiros, na região Norte o estado com maior contribuição dos efeitos diretos e indiretos nas transações de água é o estado de Tocantins, que representa 36% do total da região, enquanto o Amazonas apresenta a menor com apenas 4% do total. Para região Nordeste, verifica-se que o estado do Rio Grande do Norte apresenta a maior representatividade com 18% do total da região, enquanto o estado do Maranhão o menor nível de transação total com apenas 4% do total de região. Na região Sudeste, o estado

com a maior é o do Rio de Janeiro, com cerca de 43% do total da região, onde o estado do Espírito Santo, com aproximadamente 17%, representa o menor em relação ao total da região.

A região Sul destaca-se como a maior contribuição dos efeitos diretos e indiretos para o setor industrial, sendo o estado do Rio Grande do Sul com aproximadamente 60% do total, enquanto a menor, percentualmente, da região foi o do estado do Paraná, com cerca de 15%. Por fim, na região Centro Oeste, o estado com a maior contribuição é Goiás, com aproximadamente 40% do total da região, que representa quase 3 vezes mais que o estado de Mato Grosso, com 14%, a menor contribuição dos efeitos diretos e indiretos das transações de água da região centro oeste. Em relação ao Brasil, o estado do Amazonas aparece com a menor relação das transações de água de 8 m³/R\$ 1000 o que representa apenas 0,5% do total do país, enquanto que o estado do Rio Grande do Norte, com aproximadamente 144 m³/R\$ 1000, é o maior com aproximadamente 10% do total.

4.2.7. Distribuição percentual do consumo de água

A distribuição percentual de consumo de água para o setor agropecuário dos Estados do Brasil encontra-se na Tabela 13. Para o setor agropecuário, na região Norte, o percentual médio de consumo direto de água é de 85%, enquanto o indireto é de 15%, ou seja, de todo volume de água consumido pelo setor no Estado, o consumo direto de água é quase 7 vezes maior que o consumo provocado em outros setores de forma indireta. Os estados do Pará e Tocantins apresentaram os maiores percentuais de consumo direto da região com 88% e 87%, respectivamente, enquanto os estados do Acre e do Amazonas os maiores consumos indiretos (virtual) com 18% ambos. Na região Nordeste, a média percentual do consumo de água direto e indireto é de 87% e 13%, respectivamente. Dentre os estados da região com maior consumo direto estão o Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia, todos com 88%, enquanto o estado do Maranhão apresentou o maior consumo indireto com percentual de 14% do total de consumo. Para região Sudeste, a média do percentual de consumo direto e indireto é de aproximadamente 87% e 13% respectivamente, onde se destaca o estado do Rio de Janeiro com maior consumo direto, 88%, e os estados de Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo com iguais consumos indiretos de 13%.

Tabela 13. Distribuição percentual de consumo de água para o setor agropecuário dos estados do Brasil – Ano 2010

| Regiões e Estados | Agropecuário – Percentual de Consumo | |
|---------------------|--------------------------------------|----------------------|
| | Consumo Direto (%) | Consumo Indireto (%) |
| Norte | | |
| Rondônia | 84 | 16 |
| Acre | 82 | 18 |
| Amazonas | 82 | 18 |
| Roraima | 85 | 15 |
| Pará | 88 | 12 |
| Amapá | 84 | 16 |
| Tocantins | 87 | 13 |
| Nordeste | | |
| Maranhão | 86 | 14 |
| Piauí | 87 | 13 |
| Ceará | 87 | 13 |
| Rio Grande do Norte | 88 | 12 |
| Paraíba | 88 | 12 |
| Pernambuco | 88 | 12 |
| Alagoas | 87 | 13 |
| Sergipe | 87 | 13 |
| Bahia | 88 | 12 |
| Sudeste | | |
| Minas Gerais | 87 | 13 |
| Espírito Santo | 87 | 13 |
| Rio de Janeiro | 88 | 12 |
| São Paulo | 87 | 13 |
| Sul | | |
| Paraná | 81 | 19 |
| Santa Catarina | 86 | 14 |
| Rio Grande do Sul | 88 | 12 |
| Centro Oeste | | |
| Mato Grosso do Sul | 87 | 13 |
| Mato Grosso | 86 | 14 |
| Goiás | 83 | 17 |
| Distrito Federal | 87 | 13 |

Na região Sul a média do percentual de consumo direto é de 85%, com o Rio Grande do Sul o de maior percentual, aproximadamente 88%, enquanto o estado do Paraná destaque-se com 19% de consumo indireto de água, ou seja, 7% acima do estado com menor percentual de consumo indireto. Por fim, em se tratando do setor agropecuário, a região do Centro Oeste apresenta uma média percentual de consumo direto e indireto de 86% e 14%, respectivamente, onde Mato Grosso do Sul e Distrito Federal registram as maiores e iguais percentuais de consumo direto com

aproximadamente 87%, enquanto que o estado de Goiás registra o maior percentual de consumo indireto de água, com 17%, da região para o setor agropecuário. Em seu trabalho, Hristov et al. (2012) observaram que o setor da agricultura apresentou um percentual de consumo direto de 79% e que um aumento significativo neste setor provoca uma pressão enorme sobre os recursos de água doce do ambiente.

A distribuição percentual de consumo de água para o setor industrial dos Estados do Brasil encontra-se na Tabela 14. Para o setor em questão, na região Norte, os percentuais médios de consumo direto e indireto de água são de 18% e 82%, respectivamente. Os estados do Acre e do Amazonas apresentaram os maiores percentuais de consumo direto da região para o setor industrial, ambos com 25%, enquanto os estados Pará e Tocantins os maiores consumos indiretos (virtual) com 94% e 91%, respectivamente. Para região Nordeste, a média percentual do consumo de água direto e indireto é de 7% e 93%, respectivamente. O estado que representa o maior consumo direto é o do Maranhão com 15%, enquanto os estados do Rio Grande do Norte e Bahia, ambos com 97%, apresentaram os maiores consumos indiretos de água do setor industrial. Na região Sudeste, a média do percentual de consumo direto é de 8%, enquanto o do indireto é de 92%. Destacam-se os estados de Minas Gerais e São Paulo, com percentuais de consumo direto de 11% e 12%, respectivamente. Em relação ao percentual de consumo indireto para a região, os estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, com 93% e 97%, respectivamente, representam os de maiores percentuais.

Para região Sul, as médias percentuais de consumo direto e indireto são de 16% e 84%, respectivamente, onde o estado do Paraná representa de maior percentual de consumo direto, com 26%, enquanto o estado do Rio Grande do Sul o maior indireto, com 94%, em relação ao consumo total do setor industrial para o estado. Por fim, a região do Centro Oeste apresenta uma média percentual de consumo direto e indireto de 15% e 85%, respectivamente, o estado de Goiás registra o maior percentual de consumo direto da região, com 24%. Em relação ao percentual de consumo indireto da região, os estados do Distrito Federal, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, com 90%, 88% e 85%, respectivamente, registram significativos percentuais em relação ao total de consumo do setor industrial da região. Para Hristov et al. (2012) a maioria dos setores industriais são caracterizados por consumo indiretos relativamente elevados em relação com o total do consumo de água desses setores, com percentuais determinados por cerca de 95% ou superior a este percentual, alguns setores alcançando quase 99% do consumo indireto de água.

Tabela 14. Distribuição percentual de consumo de água para o setor industrial dos estados do Brasil – Ano 2010

| Regiões e Estados | Industrial – Percentual de Consumo | |
|---------------------|------------------------------------|----------------------|
| | Consumo Direto (%) | Consumo Indireto (%) |
| Norte | | |
| Rondônia | 21 | 79 |
| Acre | 25 | 75 |
| Amazonas | 25 | 75 |
| Roraima | 20 | 80 |
| Pará | 6 | 94 |
| Amapá | 22 | 78 |
| Tocantins | 9 | 91 |
| Nordeste | | |
| Maranhão | 15 | 85 |
| Piauí | 8 | 92 |
| Ceará | 8 | 92 |
| Rio Grande do Norte | 3 | 97 |
| Paraíba | 7 | 93 |
| Pernambuco | 7 | 93 |
| Alagoas | 9 | 91 |
| Sergipe | 7 | 93 |
| Bahia | 3 | 97 |
| Sudeste | | |
| Minas Gerais | 11 | 89 |
| Espírito Santo | 7 | 93 |
| Rio de Janeiro | 3 | 97 |
| São Paulo | 12 | 88 |
| Sul | | |
| Paraná | 26 | 74 |
| Santa Catarina | 17 | 83 |
| Rio Grande do Sul | 6 | 94 |
| Centro Oeste | | |
| Mato Grosso do Sul | 12 | 88 |
| Mato Grosso | 15 | 85 |
| Goiás | 24 | 76 |
| Distrito Federal | 10 | 90 |

4.2.8. Multiplicadores do consumo de água

O multiplicador de consumo direto de água (*MCA*), que representa a quantidade total de água consumida pelo setor para cada aumento de uma unidade consumida pelo mesmo, para os setores agropecuário e industrial dos estados do Brasil, encontra-se na Tabela 15. Em relação ao setor agropecuário, para todas as regiões o multiplicador de consumo direto, que indica a relação entre aumento da demanda com o consumo do

setor, apresentou grande homogeneidade de seus resultados, com média de aproximadamente 1,1 m³.

Tabela 15. Multiplicador de consumo direto de água (MCA) para os setores agropecuário e industrial dos estados do Brasil – Ano 2010

| Regiões e Estados | Multiplicador de consumo direto de água (m ³) | |
|---------------------|---|------------|
| | Agropecuário | Industrial |
| Norte | | |
| Rondônia | 1,2 | 4,8 |
| Acre | 1,2 | 4,1 |
| Amazonas | 1,2 | 4,0 |
| Roraima | 1,2 | 5,0 |
| Pará | 1,1 | 16,5 |
| Amapá | 1,2 | 4,6 |
| Tocantins | 1,1 | 10,9 |
| Nordeste | | |
| Maranhão | 1,2 | 6,7 |
| Piauí | 1,1 | 13,1 |
| Ceará | 1,1 | 12,6 |
| Rio Grande do Norte | 1,1 | 29,5 |
| Paraíba | 1,1 | 15,0 |
| Pernambuco | 1,1 | 15,2 |
| Alagoas | 1,1 | 11,4 |
| Sergipe | 1,1 | 13,9 |
| Bahia | 1,1 | 35,3 |
| Sudeste | | |
| Minas Gerais | 1,1 | 9,2 |
| Espírito Santo | 1,1 | 14,7 |
| Rio de Janeiro | 1,1 | 34,1 |
| São Paulo | 1,2 | 8,5 |
| Sul | | |
| Paraná | 1,2 | 3,9 |
| Santa Catarina | 1,2 | 6,0 |
| Rio Grande do Sul | 1,1 | 17,4 |
| Centro Oeste | | |
| Mato Grosso do Sul | 1,2 | 8,4 |
| Mato Grosso | 1,2 | 6,7 |
| Goiás | 1,2 | 4,2 |
| Distrito Federal | 1,1 | 10,3 |

Em relação ao multiplicador de consumo direto para o setor industrial, tem-se que para a região Norte os estados do Pará e de Tocantins, com 16,5 m³ e 10,9 m³, respectivamente, e apresentam os maiores multiplicadores de consumo direto. Na região Nordeste, os estados do Rio Grande do Norte e Bahia com 29,5 m³ e 35,3 m³ são os maiores e o estado do Maranhão apresenta um multiplicador seis vezes menor. Na

região Sudeste, o estado de São Paulo representa o menor multiplicado, com $8,5 \text{ m}^3$, enquanto o Rio de Janeiro, o maior, com quatro vezes o estado paulista. Na região Sul, o estado do Paraná, com $3,9 \text{ m}^3$, representa o menor multiplicador da região Sul enquanto o Rio Grande do Sul com aproximadamente quatro vezes este valor é o de maior multiplicador de consumo direto da região. Da região Centro Oeste, obtém-se a menor diferença entre o maior e menor multiplicador de consumo direto, com aproximadamente duas vezes, entre o estado de Goiás, o menor é o Distrito Federal.

O multiplicador de consumo indireto de água (*MCI*), que representa a quantidade de água consumida indiretamente (de forma virtual) pelo setor para cada unidade consumida diretamente pelo mesmo, para os setores agropecuário e industrial dos estados do Brasil, encontra-se na Tabela 16. Em relação ao setor agropecuário, para todas as regiões o multiplicador de consumo indireto apresentou grande homogeneidade de seus resultados, ou seja, em todas as regiões para cada 1 m^3 de água consumido diretamente pelo setor agropecuário, o mesmo setor vai consumir indiretamente entre $0,1$ e $0,2 \text{ m}^3$. Para o setor industrial, cada estado apresenta relações distintas, de um para outro, quando o próprio setor consumir diretamente 1 m^3 . Na região Norte, os estados do Pará e Tocantins, que têm os maiores consumos, consomem de forma indireta aproximadamente 15 m^3 e 10 m^3 , respectivamente. Na região Nordeste, com uma média de 16 m^3 de consumo adicional de água para cada unidade consumida diretamente do setor industrial, os estados da Bahia e Rio Grande do Norte representam os maiores valores com 34 m^3 e 28 m^3 , respectivamente, enquanto o estado do Maranhão com o menor consumo, cerca de seis vezes menor.

Na região Sudeste, com média similar à da região Nordeste, o estado com menor consumo adicional de água é o de São Paulo com aproximadamente 7 m^3 , enquanto o estado do Rio de Janeiro tem um consumo quatro vezes maior, ou seja, 33 m^3 de consumo indireto, ou adicional, de água do setor industrial. Para a região Sul, o estado com menor consumo indireto é Rio Grande do Sul com 16 m^3 , enquanto o estado do Paraná com 3 m^3 representa o de menor consumo indireto (virtual) da região para o setor. Na região Centro Oeste, com média de consumo adicional de 6 m^3 , os estados de Goiás e do Distrito Federal, representam o menor e o maior consumo adicional, ou indireto de água com aproximadamente 3 m^3 e 9 m^3 , respectivamente. Dentre todos os estados, o Paraná apresentou o menor impacto de consumo indireto do setor industrial sobre o setor agropecuário. O trabalho de Wang (2009) destaca que para cada metro cúbico de água consumida diretamente pelo setor industrial requer o consumo indireto

adicional de 17 m³ de água pelos outros setores. Por outro lado, Hristov et al. (2012) colocam que os setores associados ao processo industrial, tais como “Produção de tabaco” e “Fabricação de metais” apresentaram para cada metro cúbico consumido diretamente provocará um consumo adicional de água por outros setores de 64 m³ e 79 m³, respectivamente.

Tabela 16. Multiplicador de consumo indireto de água (*MCI*) por setores dos estados do Brasil – Ano 2010

| Regiões e Estados | Multiplicador de consumo indireto de água (virtual) (m ³) | |
|---------------------|---|------------|
| | Agropecuário | Industrial |
| | Norte | |
| Rondônia | 0,2 | 3,8 |
| Acre | 0,2 | 3,1 |
| Amazonas | 0,2 | 3,0 |
| Roraima | 0,2 | 4,0 |
| Pará | 0,1 | 15,5 |
| Amapá | 0,2 | 3,6 |
| Tocantins | 0,1 | 9,9 |
| | Nordeste | |
| Maranhão | 0,2 | 5,7 |
| Piauí | 0,1 | 12,1 |
| Ceará | 0,1 | 11,6 |
| Rio Grande do Norte | 0,1 | 28,5 |
| Paraíba | 0,1 | 14,0 |
| Pernambuco | 0,1 | 14,2 |
| Alagoas | 0,1 | 10,4 |
| Sergipe | 0,1 | 12,9 |
| Bahia | 0,1 | 34,3 |
| | Sudeste | |
| Minas Gerais | 0,1 | 8,2 |
| Espírito Santo | 0,1 | 13,7 |
| Rio de Janeiro | 0,1 | 33,1 |
| São Paulo | 0,2 | 7,5 |
| | Sul | |
| Paraná | 0,2 | 2,9 |
| Santa Catarina | 0,2 | 5,0 |
| Rio Grande do Sul | 0,1 | 16,4 |
| | Centro Oeste | |
| Mato Grosso do Sul | 0,2 | 7,4 |
| Mato Grosso | 0,2 | 5,7 |
| Goiás | 0,2 | 3,2 |
| Distrito Federal | 0,1 | 9,3 |

4.2.9. Coeficientes de transações de água

Os coeficientes de transações de água para o setor agropecuário dos estados do Brasil, cujos elementos (b_{ij}) representam a quantidade adicional de água que o setor i vai consumir se a demanda por água para o setor j aumenta em uma unidade, encontra-se na Tabela 17. Para o setor agropecuário, verifica-se que o aumento de um metro cúbico diretamente consumido pelo mesmo, gera igual consumo adicional de $0,14 \text{ m}^3$ para todos os estados e em todas as regiões do próprio setor agropecuário. No setor industrial, estados e regiões apresentam consumo adicionais de grandezas diferentes. Para região Norte, os estados do Pará e Tocantins, com os menores consumos adicionais, de $0,01 \text{ m}^3$ e os estados do Acre e Amazonas com os maiores, ou seja, um consumo adicional de $0,08 \text{ m}^3$ para cada metro cúbico consumido diretamente pelo setor agropecuário. Na região Nordeste, os estados da Bahia e Rio Grande do Norte têm um consumo adicional do setor industrial aproximadamente nulo quando o setor agropecuário consome diretamente 1 m^3 nestes estados, enquanto os outros estados apresentam consumos muito uniformes entre $0,01 \text{ m}^3$ e $0,02 \text{ m}^3$.

Para região Sudeste, o Rio de Janeiro foi o estado com menor consumo adicional do setor industrial, praticamente nulo, enquanto os outros três estados da região apresentam consumos iguais de $0,01 \text{ m}^3$ para cada metro cúbico consumido diretamente pelo setor agropecuário. Na região Sul, o estado do Rio Grande do Sul representa o menor consumo adicional com $0,01 \text{ m}^3$, enquanto o estado do Paraná, com $0,1 \text{ m}^3$ o maior consumo adicional, não apenas da região, dentre todos os estados do Brasil. Por fim, para a região Centro Oeste, o Distrito Federal representa o menor com consumo adicional do setor industrial, com $0,01 \text{ m}^3$, enquanto o estado de Goiás o maior, com $0,01 \text{ m}^3$, para cada metro cúbico consumido diretamente pelo setor agropecuário do estado.

Hristov et al. (2012) afirmam que na maioria dos setores da indústria transformadora foi atribuído um alto uso de água de forma indireta. Para os setores de produção de tabaco, couro, madeira e matérias-primas secundárias obtiveram resultado óbvio de que o consumo indireto de água é impulsionado, principalmente, pelo setor agrícola.

Tabela 17. Coeficientes de transações de água para o setor agropecuário dos estados do Brasil – Ano 2010

| Regiões e Estados | Coeficientes de transações de água - setor agropecuário (m ³) | |
|---------------------|---|---------------------------------|
| | Consumo adicional do agropecuário | Consumo adicional do Industrial |
| Norte | | |
| Rondônia | 0,14 | 0,05 |
| Acre | 0,14 | 0,08 |
| Amazonas | 0,14 | 0,08 |
| Roraima | 0,14 | 0,04 |
| Pará | 0,14 | 0,01 |
| Amapá | 0,14 | 0,05 |
| Tocantins | 0,14 | 0,01 |
| Nordeste | | |
| Maranhão | 0,14 | 0,02 |
| Piauí | 0,14 | 0,01 |
| Ceará | 0,14 | 0,01 |
| Rio Grande do Norte | 0,14 | 0,00 |
| Paraíba | 0,14 | 0,01 |
| Pernambuco | 0,14 | 0,01 |
| Alagoas | 0,14 | 0,01 |
| Sergipe | 0,14 | 0,01 |
| Bahia | 0,14 | 0,00 |
| Sudeste | | |
| Minas Gerais | 0,14 | 0,01 |
| Espírito Santo | 0,14 | 0,01 |
| Rio de Janeiro | 0,14 | 0,00 |
| São Paulo | 0,14 | 0,01 |
| Sul | | |
| Paraná | 0,14 | 0,10 |
| Santa Catarina | 0,14 | 0,03 |
| Rio Grande do Sul | 0,14 | 0,01 |
| Centro Oeste | | |
| Mato Grosso do Sul | 0,14 | 0,02 |
| Mato Grosso | 0,14 | 0,02 |
| Goiás | 0,14 | 0,07 |
| Distrito Federal | 0,14 | 0,01 |

Os coeficientes de transações de água para o setor industrial dos estados do Brasil, cujos elementos (b_{ij}) representam a quantidade adicional de água que o setor i vai consumir se a demanda por água para o setor j aumenta em uma unidade, encontram-se na Tabela 18. Verifica-se que o aumento de um metro cúbico diretamente consumido pelo setor industrial, gera no mesmo um consumo adicional de aproximadamente 2 m³, para todos os Estados e todas as regiões do Brasil. Em relação aos consumos adicionais gerados no setor agropecuário pelo industrial, estados e regiões

apresentam grandes variações nessas transações. A região Norte tem média de consumo adicional para o setor agropecuário de 4 m³, sendo que os estados com menores valores registrados foram Acre e Amazonas com aproximadamente 1 m³, enquanto os estado com maiores consumos adicionais foram Pará e Tocantins, com aproximadamente 13 m³ e 8 m³, respectivamente.

Tabela 18. Coeficientes de transações de água para o setor industrial dos estados do Brasil– Ano 2010

| Regiões e Estados | Coeficientes de transações de água para o setor industrial (m ³) | |
|---------------------|--|---------------------------------|
| | Consumo adicional do agropecuário | Consumo adicional do Industrial |
| Norte | | |
| Rondônia | 1,70 | 2,06 |
| Acre | 1,01 | 2,06 |
| Amazonas | 0,97 | 2,06 |
| Roraima | 1,90 | 2,06 |
| Pará | 13,40 | 2,06 |
| Amapá | 1,58 | 2,06 |
| Tocantins | 7,82 | 2,06 |
| Nordeste | | |
| Maranhão | 3,67 | 2,06 |
| Piauí | 10,01 | 2,06 |
| Ceará | 9,52 | 2,06 |
| Rio Grande do Norte | 26,41 | 2,06 |
| Paraíba | 11,95 | 2,06 |
| Pernambuco | 12,10 | 2,06 |
| Alagoas | 8,36 | 2,06 |
| Sergipe | 10,84 | 2,06 |
| Bahia | 32,25 | 2,06 |
| Sudeste | | |
| Minas Gerais | 6,13 | 2,06 |
| Espírito Santo | 11,68 | 2,06 |
| Rio de Janeiro | 31,08 | 2,06 |
| São Paulo | 5,45 | 2,06 |
| Sul | | |
| Paraná | 0,79 | 2,06 |
| Santa Catarina | 2,92 | 2,06 |
| Rio Grande do Sul | 14,31 | 2,06 |
| Centro Oeste | | |
| Mato Grosso do Sul | 5,30 | 2,06 |
| Mato Grosso | 3,67 | 2,06 |
| Goiás | 1,16 | 2,06 |
| Distrito Federal | 7,29 | 2,06 |

Para região Nordeste, tem-se média aproximada de 14 m³ para cada metro cúbico consumido diretamente pelo setor industrial, o estado que apresenta o menor

consumo é Maranhão com aproximadamente 4 m^3 , enquanto os estados com maior destaque no consumo adicional destas regiões são o Rio Grande do Norte e Bahia, com consumo aproximado de 26 m^3 e 32 m^3 , respectivamente. Na região Sudeste, com média de 13 m^3 , São Paulo representa o estado com menor consumo adicional, cerca de 5 m^3 , enquanto o Rio de Janeiro foi o maior, com 31 m^3 , para cada metro cúbico consumido diretamente pelo setor industrial. Para região Sul, o estado do Paraná representa o menor consumo adicional do setor agropecuário, com valor abaixo de 1 m^3 , que representa 18 vezes menos que o estado com o maior, o Rio Grande do Sul com algo em torno de 14 m^3 de consumo.

A região Centro Oeste apresenta média de 4 m^3 , com destaque no consumo adicional do setor agropecuário, o Mato Grosso do Sul e o Distrito Federal com 5 m^3 e 7 m^3 , respectivamente, enquanto o estado de Goiás representa o menor consumo adicional, com aproximadamente 1 m^3 , para cada metro cúbico consumido diretamente pelo setor industrial do estado. Na pesquisa de Hristov et al. (2012) verificou-se que para cada metro cúbico de água consumida diretamente pela indústria de transformação do tabaco, do couro, da madeira, bem como os sectores das matérias-primas secundárias, provocará volumes suplementares de 57, 3, 3 e 7 m^3 de água, a ser consumido pela agricultura.

Este presente estudo apontou significativa contribuição para análise da relação da produção da economia dos estados do Brasil com o consumo dos recursos hídricos através da metodologia aplicada. O modelo entrada/saída, devido a inserção do consumo de água das regiões, fornece alguns indicadores que devem ser utilizados nos planejamentos dos estados, pois estão inseridos as variáveis de produção e os fatores ambientais. O método aplicado trabalha com indicadores e matrizes nas determinações dos consumos direto e indiretos, bem como, os setores com consumo adicional significativo. O trabalho consegue apresentar uma visão geral do consumo de água no Brasil, entre os anos de 2010 e 2012, usando o modelo de insumo-produto nas transações de água entre setores da economia, que não difere muito nos anos anteriores e seguintes. Em relação aos indicadores de consumo, precisa-se diferenciar o direto do indireto, entendendo que um trata do consumo diretamente realizado pelo setor e o outro o consumo virtualmente consumido, ou seja, o consumo provocado em outro setor. Cada setor envolvido na análise apresentou significativa variabilidade em seus indicadores, sendo assim, encontram-se vários resultados relativamente uniformes entre as regiões e heterogêneos dentro dos setores envolvidos na modelagem.

As características climáticas do estado da Paraíba e, em especial, a região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa, pelo fato de estar situado na parte semiárida no nordeste brasileiro, a relação econômica entre a indústria e a produção agropecuária provoca um consumo direto e indireto excessivo para o Estado. De acordo com o modelo de insumo-produto, o aumento da demanda do setor industrial desse estado aumenta a velocidade de consumo dos recursos hídricos dessa região, provocando, assim, uma escassez de água com maior rapidez e, conseqüentemente, impactos negativos na economia das regiões, principalmente nas principais atividades produtivas. As relações entre a indústria e o setor agropecuário levam a alto consumo dos recursos naturais, como o estado de São Paulo que com a escassez hídrica do ano de 2015 foi cogitada a limitação dos processos produtivos na indústria. Isso certamente iria provocar impacto negativo na economia do país. Muito embora a gestão da água virtual seja considerada como uma das possibilidades existentes para o equilíbrio e a segurança hídrica de uma região, verifica-se que existe uma necessidade urgente de realizar mudanças na gestão dos recursos hídricos, através de mudanças nas relações de produção e do setor agropecuário brasileiro. Neste momento fica claro que em todas as regiões estudadas o impacto que o setor industrial provoca de maneira indireta ou virtual no agropecuário é muito representativo dentro de uma relação de consumo de água.

Este estudo sugere que a agropecuária, como setor independente inserido na cadeia econômica de relações de bens e serviços, apresenta alto impacto direto e indireto de água, fazendo com que ele represente o principal setor nas relações inter-setoriais dos recursos hídricos do país. Portanto, faz-se necessária uma mudança de visão por partes dos gestores com relação à ampliação do setor industrial no Estado da Paraíba, principalmente para a região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa, que abastece a Cidade de Campina Grande. Por outro lado, os Estados industrializados, como São Paulo, hoje, precisam estabelecer medidas de controle no campo hídrico, pois as demandas adicionais causadas em outros setores, como o agropecuário, poderão ser além de sua capacidade dos recursos hídricos disponíveis. Este estudo pode servi como base de informações sobre a utilização dos recursos hídricos em nível local, estadual e nacional. O modelo de insumo-produto aplicado ao consumo de água no Brasil fornece resultados consistentes que podem ser utilizados pelos tomadores de decisão com relação à racionalização dos recursos no país.

5. CONCLUSÕES

A proposta metodologia deste estudo foi utilizar a teoria econômica de insumo-produto, desenvolvida por Wassaly Lontief, para estabelecer as relações de consumo de água entre setores econômicos nos estados brasileiros. A partir dos dados disponíveis foi possível determinar as relações de consumo de água local, estadual e nacional. Neste trabalho foi desenvolvido um modelo de insumo-produto que possibilitou quantificar o volume de água consumida de forma direta e indireta pelos setores agrícola e industrial para os estados brasileiros. Assim, com base nos resultados obtidos neste trabalho é possível concluir o seguinte:

1. Na região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa os setores agropecuário e comercial apresentaram elevados percentuais de consumo direto de água em relação ao volume total consumido pelos setores, da ordem de 88% e 71%, respectivamente. O setor público mostrou um equilíbrio no consumo direto e indireto, aproximadamente 50% para ambos, enquanto o setor industrial apresentou percentual de 97% consumo indireto em relação ao total de consumo do mesmo, com isso tem-se que para cada um metro cúbico de aumento de demanda, o setor industrial provoca um consumo adicional no agropecuário da ordem de 27 m³;

2. No estado da Paraíba os setores agropecuário, comercial e público tiveram alto percentual de consumo direto de água com 87%, 78% e 65%, respectivamente, enquanto o setor industrial apresentou 92% de consumo indireto em relação ao total gerado pelo mesmo, ou seja, o aumento de demanda do setor industrial da Paraíba provoca aumento de consumo nos outros setores, principalmente e em nível bem significativo no setor agropecuário, onde para cada aumento de um metro cúbico no setor industrial tem-se uma geração adicional no consumo do setor agropecuário da ordem de 8 m³;

3. O setor agropecuário apresentou para todos os Estados da federação elevado consumo direto de água, sendo a região Nordeste a maior consumidora com 35% do total, enquanto a menor é a região Norte com menos de 5% do consumo nacional. Para o setor industrial, a região Sudeste apresenta-se como a maior consumidora de água com 50% e a maior, a Norte com apenas 3% do consumo direto de água;

4. O maior consumo indireto no Brasil encontra-se no setor industrial, sendo que as regiões Sudeste e Nordeste apresentam os maiores percentuais de consumo indireto de água em relação ao consumo total gerado pelo setor, com médias de 92% e 93%,

respectivamente. Enquanto as demais regiões mostraram uniformidade relacionada a este quesito, ou seja, um percentual médio próximo de 84% de consumo indireto(virtual).

5. Nas transações de água entre os setores, o agropecuário provoca baixíssimo consumo adicional de água no mesmo e no industrial com média de $0,14 \text{ m}^3$ e $0,03 \text{ m}^3$, respectivamente. Enquanto o setor industrial para cada metro cúbico consumido diretamente, provoca a nível de Brasil um consumo médio adicional de água no mesmo e no setor agropecuário de 2 m^3 e 9 m^3 . Para as regiões Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro Oeste, este consumo adicional foi de 4, 14, 14, 6 e 4 m^3 , respectivamente. O estado com menor consumo adicional de água do setor agropecuário provocado pelo setor industrial foi o Paraná com $0,8 \text{ m}^3$, enquanto os de maior foram Bahia, Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte com 32, 31 e 26 m^3 , respectivamente;

6. Na gestão dos recursos hídricos do Brasil deve ser adotado melhor gerenciamento dos insumos adquirido pela indústria junto ao setor agropecuário, que busque melhores utilizações, menores perdas por produção, acomodação e/ou transporte; e com isso minimizar o consumo de água pelo setor agropecuário;

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÁNTARA, V.; ROCA, J. Energy and CO₂ emissions in Spain: methodology of analysis and some results for 1980–1990. *Energy Economics*, v. 17, n. 3, p. 221-230. 1995.
- ALLAN, J.A. Virtual Water: a strategic resource. *Global solutions to regional deficits Groundwater*, v. 36, n. 4, p. 221-230. 1998.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DA ÁGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Agência Nacional das Águas, Brasília, 2013. 432p.
- ANDERSON, A.W.; MANNING, T.W. The Use of Input-Output Analysis in Evaluating Water Resource Development. *Canadian Journal of Agricultural Economics/ Revenu Canadienne d'agroéconomie*. v. 31, p. 15-26. 1983.
- ARMSTRONG, H.; and TAYLOR, J. *Regional Economics and Policy*. Third edition. Oxford: Blackwell. 2000. 437p.
- AVISO, K.B.; TAN, R.R.; CULABA, A.B.; CRUZ, J.B. Fuzzy input-output model for optimizing eco-industrial supply chains under water footprint constraints. *Journal of Cleaner Production*, n. 19, p. 187-196. 2011.
- BARROS, F. G. N; AMIN, M. M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*. Taubaté-SP, Brasil, v. 4, n. 1, p. 75-108. 2008.
- BIELSA, J. Modelización de la gestión integrada del agua en el territorio: magnitudes asociadas desde una perspectiva económica. Universidad de Zaragoza. 1998. Tese de doutorado.
- BOUHIA, H., *Water in the Macro Economy: Integrating Economics and Engineering into an Analytical Model*. Ashgate Publishing Limited, Hampshire. 2001.
- BRASIL. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente (SRH). Relatório técnico. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=73>>. Acesso em: out 2014.
- BRAUERS, W. K., *Prévision Économiques à l'aide de la methóde entrées-sorties*, Paris: Economica, 1995. 111p.
- BRITO, A. A. F. M., *Análise input-output e aplicação à economia Portuguesa*, Relatório para uma aula teórico-prática, elaborado nos termos do artº 58º do Estatuto da

- Carreira Docente Universitária, para provas de aptidão pedagógica e capacidade científica, Universidade de Coimbra, Faculdade de Economia, 1985.
- BULLARD, C. W.; HERENDEEN, R. A., Energy impact of consumption decisions, *Proceedings of the IEEE*, v. 63, n. 3, p. 484–493, 1975.
- CAMPANILI, M. No Brasil, há déficit em meio à abundância. São Paulo: Agência Estado, Caderno Ciência, 2003. Disponível em: <<http://www.estadão.com.br/ext/ciencia/agua/aguano planeta>>. Acesso em: out/2014
- CARVALHEIRO, N. Observações sobre a elaboração da matriz de insumo-produto. *Pesquisa & Debate*, v. 9, n. 2, p. 139-157, 1998.
- CHEN, X.K. Shanxi water resource input–occupancy–output table and its application in Shanxi Province of China. In: Thirteenth International Conference on Input–Output Techniques. Macerata, Italy. 2000.
- CRUZ, A. C.; TEIXEIRA, E. C.; GOMES, M. F. M. O PIB do agronegócio no estado de Minas Gerais: uma análise insumo-produto. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 47, n. 4, p. 805-830, Piracicaba – SP, 2009.
- CRUZ, L.; BARATA, E. Estrutura económica, intensidade energética e emissões de CO₂: Uma abordagem Input-Output. *Estudos do GEMF*, n. 8, p. 01-22. Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, Portugal. 2007.
- CRUZ, L. M. G., A Portuguese energy-economy-environment input-output model: policy applications, School of Politics International Relations and the Environment, Keele University, 2002. Ph. D. Thesis.
- CUMBERLAND, J., A regional interindustry model for analysis of development objectives, *Papers in Regional Science*, v. 7, n. 1, p. 65–94, 1966.
- DAVAR, E. Leontief and Walras: Input-Output and reality, *Proceedings of the 13th International Conference on Input-Output Techniques*, 21–25 August, Italy, Macerata, 2000.
- DIETZENBACHER, E.; VELAZQUEZ, E. Virtual water and water trade in Andalusia. A study by means of an input-output model. Working papers series, Departamento of Economics, Universidade Pablo Olavide, Servilha, 2007. 25p.
- DUARTE, R. Estructura productiva y contaminación hídrica em el valle del Ebro. Un análisis input–output. Universidad de Zaragoza. 1999. Tese de doutorado.
- DUARTE, R.; CHÓLIZ, J.S.; BIELSA, J., Water use in the Spanish economy: an input–output approach. *Ecological Economics*, v. 43, n. 1, p. 71–85. 2002.

- DUCHIN, F., Structural economics - Measuring change in technology, lifestyles, and the environment, Washington, D.C.: Island Press, 1998. 235p.
- DUCHIN, F.; STEENGE, A., Input-output analysis, technology and the environment. In: J. van den Bergh (Ed.), Handbook of Environmental and Resource Economics, Part IX, Cheltenham: Edward Elgar, 1999. Cap. 68, p. 1037–1059.
- DUCHIN, F., Input-output economics and material flows, Working Papers in Economics, Rensselaer Polytechnic Institute, n. 424, p. 1–19, 2004.
- FABER, M.; PROOPS, J.; SPECK, S.; JÖST, F. Capital and time in ecological economics: Neo-Austrian modelling, Cheltenham: Edward Elgar, 1999. 306p.
- FILHO, F. C. SARGENTO, Contribuições do Turismo à Economia Brasileira. Escola superior de Agricultura, Universidade de São Paulo. 2002. 218p. Tese de doutorado.
- FORSUND, F.R. Input–Output Models, National Economic Models, and the Environment. , In: Kneese, A.V., Sweeney, J.L. Eds. Handbook of Natural Resource and Energy Economics, Amsterdam, Netherlands. 1985. p. 325-341.
- GAY, P.; PROOPS, J.L.R., Carbon-dioxide production by the UK economy: an I/O assessment. Applied Energy, v. 44, n. 1, p. 113-130. 1993.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. Atlas, 3. ed., São Paulo, 1991. 207p.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. Atlas, 5. ed., São Paulo, 1999. 199p.
- GILJUM, S.; HUBACEK, K.; SUN, L. Beyond the simple material balance: a reply to Sangwong Suh’s note on physical input–output analysis. Ecological Economics. v. 48, n. 1, p. 19–22. 2004.
- GLORIA, T. P., An approach to dynamic environmental life-cycle assessment by evaluating structural economic sequences, Tufts University, 2000. 554p. Ph. D. Thesis.
- GUILHOTO, J.J.M. Análise de Insumo-Produto: Teoria, Fundamentos e Aplicações. Departamento de Economia. FEA-USP. Versão Revisada. 2011. 72p.
- HAWDON, D., PEARSON, P. Input–output simulations of energy, environment, economy interactions in the UK. Energy Economics v. 17, n. 1, p. 73-86. 1995.
- HELLSTEN, E., RIBACKE, S., WICKBOM, G., SWEEA—Swedish environmental and economic account. Structural Change and Economic Dynamics. v. 10, n. 1, p. 39-72. 1999.
- HENRIQUES, C. M. S. O., Modelos input-output multiobjectivo com coeficientes intervalares para o estudo das interações economia-energia-ambiente. Engenharia

- Eletrotécnica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 2008. 299p. Tese de doutorado.
- HIKITA, K., SHIMPO, K., SHUKLA, M. Making input–output tables for environmental analysis for India: 1993/94 and 1998/99. In: Sixteenth International Conference on Input–Output Techniques, Istanbul. 2007.
- HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K. Globalization of water: sharing the Planet’s freshwater resources. 1.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 232p., 2008.
- HRISTOV, J; MARTINOVSKA-STOJCESKA, A.; SURRY, Y. (2012). Input-Output analysis for water consumption in Macedonia. Working paper presented at the European Summer School in Resource and Environmental Economics: Management of International Water, Venice, Italy. 2012. 28p.
- HUBACEK, K., SUN, L. A scenario analysis of China’s land use change: incorporating biophysical information into input–output modeling. *Structural Change and Economic Dynamics*, n. 12, p. 367-397. 2001.
- IBGE. Matriz de Insumo-Produto Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, n. 23, 2008. 57p.
- JESPER, M., WIER, M., LENZEN, M. Using input–output analysis to measure the environmental pressure of consumption at different spatial levels. *Journal of Industrial Ecology*, n. 9, p. 169–185. 2005.
- KHOURI, J. Sustainable development and management of water resources in the Arab region. *Developments in Water Science*, v. 50, p. 199-220. 2003.
- KOOPMANS, T., Analysis of production as an efficient combination of activities. In: T. Koopmans (Ed.), *Activity Analysis of Production and Allocation*, New York: John Wiley & Sons, 1951. Cap. 3, p. 33-97.
- LEITÃO, S.A.M. Escassez de água na cidade: riscos e vulnerabilidades no contexto da cidade de Curitiba- PR. *Meio Ambiente e Desenvolvimento*, Universidade Federal do Paraná. 2009. p. 231. Tese de doutorado.
- LENZEN, M., Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: an input–output analysis. *Energy Policy*, v. 26, n. 1, p. 495-506. 1998.
- LENZEN, M.; FORAN, B., An Input-Output Analysis of Australian Water Usage. *Water Policy*, v. 3, n. 1, p. 321-340. 2001.
- LENZEN, M., A guide for compiling inventories in hybrid LCA: some Australian results. *Journal of Cleaner Production*, v. 10, n. 1, p. 545-572. 2002.

- LENZEN, M., Environmentally important linkages and key sectors in the Australian economy. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 14, n. 1, p. 1-34. 2003.
- LEONTIEF, W. Environmental repercussions and the economic structure: an input–output approach. *Review of Economics and Statistics*, v. 52, n. 3, p. 262–271. 1970.
- LEONTIEF, W. *Input-Output Economics*. Published by Oxford University Press, New York. 1986. 448p.
- LEONTIEF, W. “Input-Output Analysis”. em Eatwell, J., M. Milgate, e P. Newman (eds.). *The New Palgrave. A Dictionary of Economics*, v. 2, n. 1, p. 860-64. 1987.
- LLOP, M. Water reallocation in the input–output model. *Ecological Economics*, n. 86, p. 21-27. 2013.
- LOFTING, E.M., MCGAUHEY, P.H. *Economic Valuation of Water. An Input–Output Analysis of California Water Requirements*, Water Resources Center. University of Califórnia, 1968. 213p.
- MADSEN, B.; JENSEN-BUTLER, C.; FILGES, T.; RASMUSSEN, J. Local national accounts (the SAM approach) and interregional modelling (LINE) for Denmark. Portuguese Regional Science Association Conference. 2000.
- MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. *Reúso de Água*. Editora Manole, SP. 2002. 576p.
- MANRESA, A.; SANCHO, F.; VEGARA, J.M. Measuring commodities’ commodity contente, *Economic Systems Research*, v. 10, n. 4, p. 357-365. 1998.
- MARQUES, J. *Análise Input-Output como instrumento de avaliação dos impactos das medidas de redução de emissões de CO2*. Departamento de Ambiente e Ordenamento; Universidade de Aveiro. 2002. 131p. Dissertação de Mestrado
- MARQUES, J.; MARTINS, J.; CASTRO, E. *Análise Input-Output rectangular inter-regional - Emissões de CO2 em Portugal e o Protocolo de Quioto*. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais*, v.1, n. 11, p. 25-59. Portugal, 2006.
- MATTOS, R. S.; PEROBELLI, F. S.; HADDAD, E. A.; FARIA, W. R. *Integração de Modelos Econométrico e de Insumo-Produto para Previsões de Longo Prazo da Demanda de Energia no Brasil*. *Revista de Estudos Econômicos*, v. 38, n. 4, p. 675-699, São Paulo – SP, 2008.
- MEHTA, L. Whose scarcity? Whose property? The case of water in western India. *Land Use Policy*, v. 24, n. 1, p. 654-663. 2007.
- MILLER, R. E; BLAIR, P. D. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Prentice-Hall, 1985. 733p.

- MORILLAS, A.; MELCHOR, E.; CASTRO, M. Análisis dinámico de los efectos de la estructura de demanda sobre el economía y medio ambiente en Andalucía. *Revista de Estudios Regionales*, n. 46, p. 47-68. 1996.
- NASCENTES DO BRASIL: Estratégias para a proteção de cabeceiras em bacias hidrográficas. WWF – Brasil. São Paulo – SP, 2010. 142p.
- O'CONNOR, R.; HENRY, E. D. W., Análise input-output e suas aplicações, Biblioteca de Estudos Económicos, Edições 70, Lisboa, 1975. 227p.
- PEROBELLI, F. S.; HADDAD, E. A.; NETO, F. A. B.; VILELA, L. P., Interdependência energética: uma análise inter-regional. Pós Graduação em Economia Aplicada, Faculdade de Economia, Universidade de Juíz de Fora, 2010. 21p. TD.
- PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Relatório de Desenvolvimento Humano 2006: a água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água. Nova Iorque: PNUD, 2006. 48p.
- PROOPS, J.L.R. Energy Intensities, Input–Output Analysis and Economic Development, In: Ciaschini, M. (Editor.), New York, p. 201-215. 1988.
- PROOPS, J.L.R., ATKINSON, G., SCHLOTHEIM, B.F.V., SIMON, S., International trade and the sustainability footprint: a practical criterion for its assessment. *Ecological Economics*, v. 28, n. 1, p. 75-97. 1999.
- REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. *Bahia análise & dados*, Salvador, v. 13, n. e, p. 341-345. 2003.
- RICHARDSON, H., Input-Output and regional economics. London: Weindenfeld & Nicolson, p. 78-82. 1972.
- RODRIGUES, R. L.; MORETTO, A. C.; FILHO, U. A. S.; KURESKI, R. Relações sinérgicas e feitos sobre a produção setorial no sistema inter-regional Paraná- Restante do Brasil. *Revista de economia e sociologia rural*, v. 46, n. 3, p. 623-646, Piracicaba – SP, 2008.
- SAÉZ DE MIERA, G. Modelo input–output para el análisis de las relaciones entre la economía y el agua. Aplicación al caso de Andalucía. Universidad Autónoma de Madrid. 1998. Tesis Doctoral.
- SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J., BIELSA, J., ARROJO, P. Water values for Aragon, Environmental and Land Issues. In: Wissenschaftsverlag vank, Kiel K.G., Albisu, L.M., Romero, C. (Eds.), EAAE, CIHEAM. 1992.

- SARGENTO, A. Matriz de Input-Output e estimação do comércio inter-regional – um estudo para a Região Centro. Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, 2002. 204p. Dissertação de Mestrado
- SOUZA, R. M.; PEROBELLI, F. S. Mudanças estruturais da economia mineira e do restante do Brasil: uma análise de insumo-produto para o período 1996-2003. *Revista nova economia*, v. 19, n. 3, p. 407-441, Belo Horizonte – MG, 2009.
- SUH, S., LENZEN, M., TRELOAR, G.J. System boundary selection in life-cycle inventories using hybrid approaches. *Environmental Science and Technology*, v. 38, n. 3, p. 657-664. 2004.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. *Limnologia. Oficina de Textos*, São Paulo, 2008. 632p.
- VELAZQUEZ, E, An input-output modelo f water consumption: Analusig intersectoral water relationships in Andalusia. *Ecological Economics*, v. 56, n. 2, p. 226-240. 2006.
- VICTOR, P., *Pollution: Economics and environment*, London: George Allen & Unwin, 1972.
- WANG, W. Y.; LUO, W.; WANG, Z. R., Analysis of water consumption using a regional input–output model: Model development and application to Zhangye City, Northwestern China. *Journal of Arid Environments*, v. 73, n. 1, p. 894-900. 2009.
- WEBER, J.A., Integrating conservation targets into water demand projections. *Journal AWWA (American Water Works Association)*, v. 85, n. 8, p. 63-70. 1993.
- WIEDMANN, T.; MINX, J.; BARRETT, J.; WACKERNAGEL, M., Allocating ecological footprints to final consumption categories with input–output analysis. *Ecological Economics*, v. 56, n. 1, p. 28-48. 2006.
- YU, Y., HUBACEK, K., GUAN, D. & FENG, K. Assessing Regional and Global water Footprints for the UK, *Ecological Economics*, v. 69, n. 5, p. 1140-1147. 2010.
- ZUFFO, A. C. E se o Cantareira secar?. Site G1, 2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/01/e-se-o-cantareira-secar-veja-fatos-e-opiniao-de-especialistas.html>. Acesso em Fevereiro de 2015.

ANEXOS

Anexo I. Matriz de insumo-produto Brasil 2000/2005

Matriz de impacto intersetorial - Matriz de Leontief - 2005

| Código da atividade Nível 12 | Descrição da atividade Nível 12 | Atividades | | | | | |
|---------------------------------|---|--------------------|---|-------------------------------------|---|------------------|----------------|
| | | 01 Agropecuária | 02 Indústria extrativa mineral | 03 Indústria de transformação | 04 Produção e distribuição de eletricidade, gás e água | 05 Construção | 06 Comércio |
| 01 | Agropecuária | 1,136053 | 0,031459 | 0,144723 | 0,015871 | 0,041238 | 0,013182 |
| 02 | Indústria extrativa mineral | 0,030290 | 1,079399 | 0,084589 | 0,050569 | 0,033204 | 0,007916 |
| 03 | Indústria de transformação | 0,430881 | 0,312399 | 1,583156 | 0,156302 | 0,413684 | 0,129652 |
| 04 | Produção e distribuição de eletricidade, gás e água | 0,028241 | 0,073559 | 0,069264 | 1,296158 | 0,023515 | 0,030838 |
| 05 | Construção | 0,001621 | 0,016647 | 0,004414 | 0,002153 | 1,022438 | 0,002486 |
| 06 | Comércio | 0,067389 | 0,048929 | 0,088996 | 0,027464 | 0,078135 | 1,035860 |
| 07 | Transporte, armazenagem e correio | 0,050472 | 0,139542 | 0,080737 | 0,039839 | 0,040493 | 0,059455 |
| 08 | Serviços de informação | 0,015969 | 0,062771 | 0,034608 | 0,031176 | 0,015124 | 0,027148 |
| 09 | Intermediação financeira, seguros e previdência complementar | 0,028747 | 0,039324 | 0,045616 | 0,028522 | 0,024293 | 0,029488 |
| 10 | Atividades imobiliárias e aluguel | 0,005917 | 0,013326 | 0,012105 | 0,007170 | 0,005696 | 0,024794 |
| 11 | Outros serviços | 0,026390 | 0,094315 | 0,062310 | 0,075690 | 0,040136 | 0,074733 |
| 12 | Administração, saúde e educação públicas | 0,002456 | 0,005582 | 0,004597 | 0,007805 | 0,002481 | 0,003171 |

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais - 2008

Continuação.

Matriz de impacto intersetorial - Matriz de Leontief - 2005

| Código da atividade Nível 12 | Descrição da atividade Nível 12 | Atividades | | | | | |
|---------------------------------|---|---|------------------------------------|--|--|--------------------------|---|
| | | 07 Transporte, armazenagem e correio | 08 Serviços de informação | 09 Intermediação financeira, seguros e previdência complementar | 10 Atividades imobiliárias e aluguel | 11 Outros serviços | 12 Administração, saúde e educação públicas |
| 01 | Agropecuária | 0,039742 | 0,015427 | 0,009803 | 0,002449 | 0,030883 | 0,013768 |
| 02 | Indústria extrativa mineral | 0,022308 | 0,009133 | 0,005626 | 0,001621 | 0,015621 | 0,008092 |
| 03 | Indústria de transformação | 0,396527 | 0,150019 | 0,094689 | 0,024123 | 0,265715 | 0,127596 |
| 04 | Produção e distribuição de eletricidade, gás e água | 0,040689 | 0,033250 | 0,015892 | 0,002837 | 0,042569 | 0,029696 |
| 05 | Construção | 0,002304 | 0,007581 | 0,008303 | 0,023718 | 0,008198 | 0,026701 |
| 06 | Comércio | 0,063871 | 0,029376 | 0,020773 | 0,004657 | 0,052319 | 0,025984 |
| 07 | Transporte, armazenagem e correio | 1,117527 | 0,041226 | 0,022356 | 0,003691 | 0,043073 | 0,021846 |
| 08 | Serviços de informação | 0,031280 | 1,210599 | 0,062448 | 0,003978 | 0,080727 | 0,066850 |
| 09 | Intermediação financeira, seguros e previdência complementar | 0,039913 | 0,040030 | 1,137310 | 0,005249 | 0,022736 | 0,086142 |
| 10 | Atividades imobiliárias e aluguel | 0,009633 | 0,031508 | 0,009722 | 1,003632 | 0,014693 | 0,019984 |
| 11 | Outros serviços | 0,091721 | 0,128319 | 0,096790 | 0,013274 | 1,085023 | 0,094432 |
| 12 | Administração, saúde e educação públicas | 0,004777 | 0,004413 | 0,002914 | 0,000434 | 0,003688 | 1,003175 |

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais - 2008

Anexo II. PIB – Estados 2010 – Setor Agropecuário

Valor adicionado bruto a preços básicos por atividade econômica das Grandes Regiões e Unidades da Federação - 2002-2010

| Grandes Regiões/Unidades da Federação | Valor adicionado bruto a preços básicos (1 000 000 R\$) | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Agropecuária | | | | | | | | | |
| Brasil | 84 251 | 108 619 | 115 194 | 105 163 | 111 566 | 127 267 | 152 612 | 157 232 | 171 177 |
| Norte | 7 428 | 9 227 | 9 157 | 9 945 | 10 346 | 11 383 | 13 606 | 14 709 | 17 097 |
| Rondônia | 1 374 | 2 000 | 2 205 | 2 347 | 2 246 | 2 700 | 3 662 | 4 257 | 4 472 |
| Acre | 450 | 599 | 666 | 822 | 739 | 906 | 1 150 | 1 172 | 1 463 |
| Amazonas | 1 311 | 1 268 | 1 169 | 1 459 | 1 647 | 1 679 | 2 053 | 2 144 | 3 104 |
| Roraima | 212 | 277 | 287 | 226 | 259 | 257 | 290 | 291 | 276 |
| Pará | 2 902 | 3 163 | 2 923 | 3 157 | 3 664 | 3 804 | 3 737 | 3 862 | 4 676 |
| Amapá | 130 | 96 | 117 | 130 | 185 | 240 | 239 | 224 | 246 |
| Tocantins | 1 047 | 1 824 | 1 790 | 1 803 | 1 607 | 1 796 | 2 474 | 2 759 | 2 860 |
| Nordeste | 14 801 | 18 468 | 19 993 | 19 888 | 21 506 | 23 742 | 29 972 | 28 546 | 29 356 |
| Maranhão | 2 290 | 3 016 | 3 577 | 4 065 | 4 277 | 5 271 | 7 681 | 5 982 | 6 969 |
| Piauí | 625 | 1 060 | 1 120 | 1 136 | 1 082 | 1 035 | 1 630 | 1 727 | 1 216 |
| Ceará | 1 815 | 2 404 | 2 294 | 2 179 | 2 947 | 2 736 | 3 721 | 2 961 | 2 837 |
| Rio Grande do Norte | 734 | 954 | 980 | 883 | 1 147 | 1 027 | 1 021 | 1 305 | 1 205 |
| Paraíba | 844 | 1 159 | 1 089 | 1 072 | 1 286 | 1 118 | 1 409 | 1 475 | 1 212 |
| Pernambuco | 1 501 | 1 896 | 1 952 | 2 201 | 2 474 | 2 543 | 3 234 | 3 246 | 3 662 |
| Alagoas | 1 067 | 1 062 | 1 098 | 1 092 | 1 142 | 1 090 | 1 376 | 1 430 | 1 476 |
| Sergipe | 383 | 628 | 511 | 533 | 658 | 700 | 909 | 1 045 | 982 |
| Bahia | 5 543 | 6 289 | 7 372 | 6 726 | 6 491 | 8 221 | 8 990 | 9 375 | 9 796 |

Continuação.

| Valor adicionado bruto a preços básicos por atividade econômica das Grandes Regiões e Unidades da Federação - 2002-2010 | | | | | | | | | |
|--|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Grandes Regiões/Unidades da Federação | Valor adicionado bruto a preços básicos (1 000 000 R\$) | | | | | | | | |
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Agropecuária | | | | | | | | | |
| Sudeste | 25 189 | 28 813 | 31 283 | 31 225 | 35 465 | 37 275 | 40 265 | 42 633 | 51 214 |
| Minas Gerais | 11 167 | 13 488 | 15 423 | 15 568 | 15 700 | 16 855 | 23 231 | 22 716 | 26 102 |
| Espírito Santo | 1 808 | 2 208 | 3 040 | 3 319 | 4 053 | 4 489 | 3 796 | 3 662 | 4 265 |
| Rio de Janeiro | 801 | 904 | 1 114 | 1 073 | 1 152 | 974 | 1 265 | 1 491 | 1 449 |
| São Paulo | 11 413 | 12 214 | 11 706 | 11 265 | 14 561 | 14 957 | 11 972 | 14 764 | 19 398 |
| Sul | 21 877 | 32 924 | 31 758 | 24 362 | 28 080 | 33 834 | 41 270 | 40 681 | 43 652 |
| Paraná | 8 224 | 12 629 | 12 437 | 9 372 | 9 865 | 12 125 | 14 554 | 12 817 | 15 871 |
| Santa Catarina | 4 411 | 6 359 | 6 647 | 6 225 | 5 644 | 6 591 | 8 599 | 9 241 | 8 754 |
| Rio Grande do Sul | 9 242 | 13 936 | 12 674 | 8 765 | 12 571 | 15 118 | 18 117 | 18 622 | 19 027 |
| Centro-Oeste | 14 956 | 19 187 | 23 003 | 19 744 | 16 169 | 21 033 | 27 500 | 30 664 | 29 858 |
| Mato Grosso do Sul | 2 990 | 4 174 | 3 811 | 2 847 | 3 008 | 3 779 | 4 629 | 4 855 | 5 844 |
| Mato Grosso | 5 524 | 7 865 | 11 662 | 10 744 | 7 825 | 10 659 | 13 989 | 14 674 | 11 728 |
| Goiás | 6 202 | 6 870 | 7 331 | 5 978 | 5 166 | 6 333 | 8 450 | 10 593 | 11 950 |
| Distrito Federal | 240 | 277 | 198 | 175 | 169 | 262 | 432 | 542 | 335 |

Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA - 2012.

Anexo III. PIB – Estados 2010 – Setor Indústria Extrativa

Valor adicionado bruto a preços básicos por atividade econômica das Grandes Regiões e Unidades da Federação - 2002-2010

| Grandes Regiões/Unidades da Federação | Valor adicionado bruto a preços básicos (1 000 000 R\$) | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Indústria Extrativa | | | | | | | | | |
| Brasil | 20 419 | 25 249 | 31 997 | 45 368 | 58 864 | 53 669 | 83 498 | 51 065 | 95 886 |
| Norte | 1 955 | 2 350 | 3 266 | 3 730 | 4 024 | 3 789 | 8 578 | 5 910 | 17 725 |
| Rondônia | 26 | 29 | 43 | 23 | 55 | 41 | 36 | 48 | 88 |
| Acre | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 | 6 | 3 | 2 |
| Amazonas | 349 | 411 | 536 | 715 | 917 | 762 | 1 019 | 545 | 751 |
| Roraima | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 | 11 | 11 | 8 | 15 |
| Pará | 1 537 | 1 840 | 2 634 | 2 935 | 3 000 | 2 852 | 7 388 | 5 218 | 16 680 |
| Amapá | 33 | 57 | 17 | 27 | 26 | 92 | 69 | 30 | 123 |
| Tocantins | 9 | 11 | 35 | 27 | 24 | 26 | 49 | 57 | 64 |
| Nordeste | 2 327 | 2 722 | 3 599 | 4 621 | 5 724 | 5 436 | 7 966 | 4 662 | 7 139 |
| Maranhão | 42 | 219 | 386 | 444 | 451 | 366 | 945 | 761 | 980 |
| Piauí | 17 | 13 | 12 | 14 | 15 | 28 | 29 | 20 | 73 |
| Ceará | 158 | 187 | 206 | 254 | 313 | 261 | 332 | 243 | 275 |
| Rio Grande do Norte | 915 | 887 | 1 100 | 1 610 | 1 835 | 1 625 | 2 099 | 1 136 | 1 725 |
| Paraíba | 63 | 71 | 83 | 70 | 91 | 90 | 91 | 42 | 143 |
| Pernambuco | 73 | 37 | 57 | 28 | 55 | 48 | 50 | 75 | 196 |
| Alagoas | 73 | 87 | 108 | 160 | 237 | 336 | 317 | 171 | 194 |
| Sergipe | 309 | 402 | 477 | 717 | 1 004 | 943 | 1 717 | 923 | 1 232 |
| Bahia | 678 | 821 | 1 170 | 1 324 | 1 724 | 1 739 | 2 386 | 1 290 | 2 322 |

Continuação.

| Valor adicionado bruto a preços básicos por atividade econômica das Grandes Regiões e Unidades da Federação - 2002-2010 | | | | | | | | | |
|--|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Grandes Regiões/Unidades da Federação | Valor adicionado bruto a preços básicos (1 000 000 R\$) | | | | | | | | |
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Indústria Extrativa | | | | | | | | | |
| Sudeste | 15 126 | 19 037 | 23 592 | 35 511 | 47 768 | 42 463 | 64 764 | 38 285 | 68 155 |
| Minas Gerais | 3 096 | 4 094 | 5 602 | 6 226 | 5 943 | 5 633 | 10 105 | 7 183 | 21 243 |
| Espírito Santo | 1 330 | 1 501 | 2 315 | 3 496 | 4 585 | 5 522 | 8 958 | 4 820 | 11 328 |
| Rio de Janeiro | 10 184 | 12 974 | 14 991 | 25 090 | 36 466 | 30 737 | 44 694 | 25 099 | 33 829 |
| São Paulo | 517 | 467 | 683 | 700 | 773 | 571 | 1 007 | 1 183 | 1 755 |
| Sul | 568 | 631 | 899 | 916 | 780 | 838 | 1 072 | 1 005 | 1 372 |
| Paraná | 192 | 194 | 311 | 308 | 300 | 290 | 312 | 292 | 289 |
| Santa Catarina | 191 | 188 | 283 | 263 | 260 | 288 | 424 | 391 | 621 |
| Rio Grande do Sul | 185 | 249 | 305 | 345 | 220 | 261 | 336 | 323 | 462 |
| Centro-Oeste | 443 | 508 | 641 | 590 | 568 | 1 143 | 1 119 | 1 202 | 1 494 |
| Mato Grosso do Sul | 63 | 69 | 44 | 83 | 125 | 85 | 327 | 136 | 473 |
| Mato Grosso | 39 | 56 | 93 | 58 | 75 | 53 | 71 | 75 | 89 |
| Goiás | 334 | 329 | 440 | 369 | 363 | 996 | 702 | 963 | 897 |
| Distrito Federal | 6 | 54 | 65 | 81 | 6 | 9 | 19 | 27 | 35 |

Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA – 2012.

Anexo IV. PIB – Estados 2010 – Setor Indústria de Transformação

Valor adicionado bruto a preços básicos por atividade econômica das Grandes Regiões e Unidades da Federação - 2002-2010

| Grandes Regiões/Unidades da Federação | Valor adicionado bruto a preços básicos (1 000 000 R\$) | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Indústria de Transformação | | | | | | | | | |
| Brasil | 214 562 | 264 955 | 320 223 | 333 296 | 353 387 | 389 619 | 429 063 | 465 264 | 523 616 |
| Norte | 10 211 | 12 110 | 14 775 | 16 042 | 19 007 | 18 680 | 19 263 | 19 586 | 24 951 |
| Rondônia | 524 | 613 | 625 | 1 095 | 727 | 895 | 989 | 1 165 | 1 841 |
| Acre | 62 | 69 | 98 | 137 | 130 | 253 | 210 | 186 | 323 |
| Amazonas | 6 650 | 7 904 | 9 270 | 9 944 | 12 133 | 11 487 | 11 669 | 13 367 | 16 931 |
| Roraima | 75 | 68 | 96 | 88 | 72 | 68 | 130 | 123 | 102 |
| Pará | 2 659 | 3 197 | 4 329 | 4 348 | 5 491 | 5 503 | 5 708 | 4 194 | 5 003 |
| Amapá | 108 | 113 | 151 | 161 | 128 | 144 | 174 | 213 | 176 |
| Tocantins | 134 | 146 | 205 | 271 | 326 | 330 | 382 | 338 | 575 |
| Nordeste | 20 821 | 25 026 | 27 760 | 30 517 | 32 447 | 34 445 | 37 668 | 44 742 | 48 735 |
| Maranhão | 1 039 | 1 596 | 1 472 | 1 619 | 2 441 | 2 294 | 2 031 | 1 382 | 1 338 |
| Piauí | 472 | 598 | 570 | 703 | 815 | 809 | 1 035 | 1 246 | 1 227 |
| Ceará | 3 413 | 3 726 | 4 492 | 4 481 | 5 017 | 5 379 | 6 491 | 7 493 | 7 782 |
| Rio Grande do Norte | 784 | 893 | 971 | 1 163 | 1 255 | 1 578 | 1 719 | 1 663 | 1 993 |
| Paraíba | 1 126 | 1 644 | 1 550 | 1 731 | 1 791 | 1 901 | 2 277 | 2 604 | 2 673 |
| Pernambuco | 3 390 | 4 364 | 4 470 | 4 701 | 5 179 | 5 863 | 6 817 | 7 616 | 8 866 |
| Alagoas | 1 263 | 1 614 | 1 807 | 1 646 | 1 634 | 1 866 | 1 926 | 1 573 | 2 041 |
| Sergipe | 983 | 1 224 | 1 218 | 1 286 | 1 312 | 1 474 | 1 573 | 1 535 | 1 580 |
| Bahia | 8 352 | 9 368 | 11 211 | 13 188 | 13 003 | 13 281 | 13 799 | 19 631 | 21 235 |

Continuação.

| Valor adicionado bruto a preços básicos por atividade econômica das Grandes Regiões e Unidades da Federação - 2002-2010 | | | | | | | | | |
|--|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Grandes Regiões/Unidades da Federação | Valor adicionado bruto a preços básicos (1 000 000 R\$) | | | | | | | | |
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Indústria de Transformação | | | | | | | | | |
| Sudeste | 129 859 | 161 328 | 196 198 | 205 964 | 217 326 | 244 659 | 268 883 | 281 727 | 315 589 |
| Minas Gerais | 19 106 | 23 451 | 31 421 | 31 630 | 34 744 | 39 140 | 46 009 | 44 804 | 54 315 |
| Espírito Santo | 3 871 | 4 686 | 5 762 | 6 422 | 6 811 | 7 425 | 6 918 | 6 558 | 7 285 |
| Rio de Janeiro | 13 449 | 16 426 | 22 203 | 21 346 | 22 547 | 25 195 | 28 634 | 30 514 | 34 138 |
| São Paulo | 93 434 | 116 766 | 136 813 | 146 566 | 153 224 | 172 900 | 187 323 | 199 851 | 219 851 |
| Sul | 45 893 | 56 918 | 69 672 | 68 319 | 71 200 | 77 609 | 86 041 | 98 029 | 109 775 |
| Paraná | 13 927 | 18 548 | 22 509 | 21 614 | 23 144 | 25 274 | 26 867 | 31 201 | 33 703 |
| Santa Catarina | 12 079 | 14 214 | 17 805 | 18 301 | 19 916 | 22 141 | 24 886 | 25 285 | 29 453 |
| Rio Grande do Sul | 19 887 | 24 156 | 29 358 | 28 404 | 28 140 | 30 194 | 34 288 | 41 543 | 46 619 |
| Centro-Oeste | 7 778 | 9 573 | 11 818 | 12 453 | 13 408 | 14 226 | 17 208 | 21 181 | 24 567 |
| Mato Grosso do Sul | 1 044 | 1 473 | 1 814 | 1 571 | 1 889 | 1 952 | 2 331 | 2 819 | 4 376 |
| Mato Grosso | 1 795 | 2 231 | 3 650 | 3 432 | 2 840 | 3 103 | 3 800 | 4 541 | 6 186 |
| Goiás | 3 928 | 4 581 | 5 249 | 6 229 | 7 314 | 7 805 | 9 088 | 11 545 | 11 801 |
| Distrito Federal | 1 012 | 1 288 | 1 105 | 1 221 | 1 366 | 1 366 | 1 989 | 2 276 | 2 204 |

Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA - 2012.

Anexo V. PIB – Paraíba e Região Abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa – Setores Agropecuário, Industrial, Comercial e Público - 2012

Valor adicionado bruto a preços básicos por atividade econômica da Paraíba - 2012

| Setores | Valor adicionado bruto a preços básicos (1 000 000 R\$) |
|--|---|
| Agropecuária | 1 234 |
| Indústria extrativa | 225 |
| Indústria de transformação | 2 957 |
| Comércio | 4 945 |
| Administração, saúde e educação públicas | 10 878 |

Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA - 2014.

Valor adicionado bruto a preços básicos por atividade econômica da Região Abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa - 2012

| Setores | Valor adicionado bruto a preços básicos (1 000 R\$) |
|--------------|---|
| Agropecuária | 100.003 |
| Indústria | 1.730.670 |
| Comércio | 690.041 |
| Público | 1.518.139 |

Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA – 2014

Anexo VI. Consumo de água dos setores agropecuário e industrial – Brasil 2010

Vazões de Água consumida nas Unidades de Federações por setores -2010 - (m³/s)

| Unidades da Federação | Abastecimento animal | Industrial | Irrigação | Abastecimento rural | Abastecimento urbano |
|-----------------------|----------------------|------------|-----------|---------------------|----------------------|
| RS | 9,3 | 7,4 | 233,0 | 1,2 | 5,9 |
| SC | 3,0 | 5,9 | 25,5 | 0,6 | 3,0 |
| PR | 7,0 | 6,0 | 5,6 | 0,9 | 4,7 |
| SP | 8,2 | 26,3 | 63,2 | 1,2 | 26,8 |
| RJ | 1,2 | 4,2 | 14,5 | 0,4 | 13,9 |
| MG | 13,2 | 7,5 | 76,8 | 2,1 | 9,2 |
| ES | 1,2 | 1,0 | 14,7 | 0,3 | 1,7 |
| MS | 13,2 | 0,7 | 10,4 | 0,2 | 1,2 |
| DF | 0,1 | 0,3 | 1,9 | 0,1 | 1,7 |
| GO | 11,9 | 7,0 | 31,6 | 0,4 | 3,0 |
| BA | 7,3 | 1,8 | 130,8 | 2,3 | 6,3 |
| SE | 0,6 | 0,3 | 5,4 | 0,3 | 0,9 |
| AL | 0,6 | 0,8 | 25,3 | 0,3 | 1,4 |
| PI | 1,6 | 0,3 | 12,3 | 0,4 | 1,2 |
| PE | 1,6 | 1,8 | 47,8 | 1,0 | 4,5 |
| CE | 2,0 | 2,2 | 39,8 | 1,2 | 4,0 |
| RN | 0,7 | 0,6 | 27,3 | 0,4 | 1,5 |
| PB | 0,8 | 0,6 | 15,5 | 0,5 | 1,7 |
| MA | 4,2 | 0,3 | 15,9 | 1,4 | 2,5 |
| TO | 4,3 | 0,1 | 20,6 | 0,3 | 0,6 |
| MT | 14,9 | 0,8 | 14,7 | 0,3 | 1,3 |
| RO | 5,3 | 0,3 | 1,3 | 0,2 | 0,7 |
| AC | 1,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,6 |
| AP | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,4 |
| RR | 0,3 | 0,0 | 0,4 | 0,1 | 0,3 |
| PA | 9,9 | 0,7 | 1,3 | 1,1 | 2,9 |
| AM | 0,7 | 1,1 | 0,3 | 0,4 | 2,4 |

Fonte: ANA - Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – 2013

Anexo VII. Consumo de água por categorias - Paraíba – 2012

| Consumo de água mensal por categorias do estado da Paraíba -2012 - (m³) | | | | |
|---|--------------------|------------------|-------------------|----------------|
| Mês | Residencial | Comercial | Industrial | Público |
| Janeiro | 9.882.663 | 570.897 | 114.325 | 612.816 |
| Fevereiro | 9.869.521 | 541.369 | 110.626 | 584.789 |
| Março | 9.960.333 | 552.053 | 116.495 | 588.547 |
| Abril | 10.020.811 | 567.203 | 123.203 | 627.155 |
| Maiο | 10.033.104 | 571.015 | 117.455 | 626.318 |
| Junho | 9.841.389 | 546.313 | 117.594 | 647.226 |
| Julho | 9.774.240 | 542.421 | 112.342 | 638.907 |
| Agosto | 9.774.240 | 542.421 | 112.342 | 638.907 |
| Setembro | 9.811.651 | 555.890 | 111.820 | 660.143 |
| Outubro | 9.811.651 | 555.890 | 111.820 | 660.143 |
| Novembro | 10.080.653 | 580.526 | 120.302 | 655.391 |
| Dezembro | 10.053.022 | 574.697 | 126.194 | 647.784 |

Fonte: CAGEPA – Gerencia de Gestão e Estratégia Comercial –2015

| Consumo de água mensal por categorias da Região abastecida pela Barragem Epitácio Pessoa -2012 - (m³) | | | | |
|---|--------------------|------------------|-------------------|----------------|
| Mês | Residencial | Comercial | Industrial | Público |
| Janeiro | 179.698 | 144.314 | 62.503 | 127.478 |
| Fevereiro | 165.841 | 137.197 | 61.995 | 117.769 |
| Março | 166.253 | 139.830 | 63.120 | 126.507 |
| Abril | 166.699 | 147.255 | 64.308 | 123.340 |
| Maiο | 167.007 | 146.735 | 62.851 | 129.736 |
| Junho | 167.237 | 132.812 | 62.257 | 132.862 |
| Julho | 167.593 | 132.646 | 60.504 | 128.547 |
| Agosto | 167.593 | 132.646 | 60.504 | 128.547 |
| Setembro | 169.941 | 141.022 | 49.926 | 141.112 |
| Outubro | 169.941 | 141.022 | 49.926 | 141.112 |
| Novembro | 170.396 | 147.363 | 55.655 | 143.547 |
| Dezembro | 170.810 | 147.883 | 61.344 | 140.048 |

Fonte: CAGEPA – Gerencia de Gestão e Estratégia Comercial –2015