



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E SOCIAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS  
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO**



**LILIAN FIGUEIRÔA DE ASSIS**

**PROPOSTA DE VALORAÇÃO DA ÁGUA NA SUB-BACIA DO ALTO PIRANHAS,  
LOCALIZADA NO SERTÃO PARAIBANO, UTILIZANDO O MODELO DE  
LEONTIEF**

**SOUSA – PB**

**2016**

**LILIAN FIGUEIRÔA DE ASSIS**

**PROPOSTA DE VALORAÇÃO DA ÁGUA NA SUB-BACIA DO ALTO PIRANHAS,  
LOCALIZADA NO SERTÃO PARAIBANO, UTILIZANDO O MODELO DE  
LEONTIEF**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Administração da Unidade Acadêmica de Ciências Contábeis do Centro de Ciências Jurídicas e Sociais, da UFCG, com requisito parcial para obtenção de título de bacharel em Administração.

**Orientador:** Professor Dr. Allan Sarmiento Vieira.

**Sousa – PB**

**2016**

**LILIAN FIGUEIRÔA DE ASSIS**

**PROPOSTA DE VALORAÇÃO DA ÁGUA NA SUB-BACIA DO ALTO PIRANHAS,  
LOCALIZADA NO SERTÃO PARAIBANO, UTILIZANDO O MODELO DE  
LEONTIEF**

**Trabalho de conclusão de curso aprovado em 07/10/2016**

---

**Prof. Dr. Allan Sarmiento Vieira.**  
**Orientador**

---

**Prof. Dr. Joserlan Nonato Moreira**  
**Examinador**

---

**Prof. Me. Wellington Ferreira de Melo**  
**Examinador**

Dedico aos professores, que direta ou indiretamente contribuíram para que linha a linha deste trabalho fosse escrita.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e oportunidade de aprendizado a cada dia.

Aos meus pais, Gentil e Élide por serem base e essência do que tenho de mais valioso nessa vida, nossa família. Pelo amor, dedicação, proteção, pelo afeto, pelo exemplo, pelos conselhos, ensinamentos e pelo incentivo sempre.

Aos meus irmãos Vívian e Ivo pelo companheirismo e por serem meus melhores amigos.

Agradeço aos meus avós paternos, meus tios (as), primos (as) maternos e paternos pelo carinho e apoio.

À meu esposo Kenard pela paciência, carinho e atenção sempre.

Agradeço ao meu orientador Allan Sarmento, porque foi a pessoa que fez despertar desde os primeiros períodos, deste curso, o interesse pela pesquisa e sempre acreditou mais em mim, do que eu mesma poderia acreditar. Pelas discussões intermináveis, pela amizade, por estar do meu lado sempre. Pelos “puxões de orelha” nas horas certas e pela paciência.

Agradeço ao professor Marcos Macri, que abraçou numa espécie de co-orientação entender essa proposta e pelas valiosas sugestões. Além disso, pelo exemplo de seriedade e comprometimento com a profissão, que admiro, pela atenção e pelo amigo que se tornou.

Agradeço a todos os meus colegas de sala pelo tempo de convivência e laços criados ao longo desse tempo, em especial a João Luís, Nadylane, Rosimery, Josemberg, Eliel, Érica, Hedijamarry, Rildo, Tasso, João Bosco e Yanne, por serem amigos nessa jornada e que Deus permita por bons tempos.

Agradeço a todos os professores do Curso de Administração da UFCG Campus Sousa, por disseminarem de forma clara e objetiva os seus valiosos conhecimentos e experiência de vida, especialmente aos professores Orlando Silva, Wellington Melo e Flávio Lemenhe, que sempre se mostraram disponíveis para me ajudar nessa trajetória.

Agradeço aos meus amigos fora dessa instituição e colegas de trabalho pela amizade, sinceridade e companheirismo.

E por fim agradeço a todos que de alguma forma estão sempre comigo, me incentivando e dividindo momentos bons e ruins.

## RESUMO

Apesar da água ser considerada um recurso renovável, a degradação ambiental tem reduzido a capacidade de resiliência da água, sendo necessária a utilização racional dos recursos hídricos, de forma tal que os mecanismos de gestão possibilitem à sustentabilidade. A cobrança alicerça o desafio do gerenciamento sustentável das águas e deve considerar dois objetivos, o financiamento da gestão dos recursos hídricos e a redução das externalidades ambientais negativas. Desse modo, este estudo teve como objetivo utilizar o modelo de Leontief para criar uma proposta de valoração da água na sub-bacia do Alto Piranhas-PB, no Sertão Paraibano. Esta pesquisa adotou o método dedutivo, é do tipo descritiva e exploratória, com abordagem quantitativa dos dados. Foi feita inicialmente uma revisão de literatura em busca dos trabalhos publicados (artigos, dissertações, teses), além das consultas em livros sobre precificação, com base na análise insumo-produto, levando em consideração a representação da dinâmica para a região estudada, que foi a sub-bacia do Alto Piranhas pertencente à bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu. Com o intuito de averiguar se a proposição era viável, foram considerados setores, a partir dos usos identificados, no Plano de Recursos Hídricos Piancó-Piranhas-Açu, para a área escolhida, atrelados ao conceito de pegada hídrica (PH). Os tipos de usos, entendidos a partir do modelo de Leontief, como demandas intermediárias foram utilizados, também, para construção da matriz insumo-produto, sendo os setores a serem considerados para empregar e combinar os insumos procedentes dos setores. Além disso, foram estabelecidos dois cenários, verificando como o modelo se comporta à medida que são estabelecidos diferentes critérios para identificação das submatrizes e inserção dos dados na matriz dos valores absolutos. A análise dos dados mostrou que a pegada hídrica total resultou em um consumo de 254.938.290,78 (m<sup>3</sup>/ano). Apesar do setor de efluentes ter a maior medida hídrica, refletindo num volume de aquisição grande, seu volume de contribuição chega quase a se igualar, por isso mantém seu preço final *per capita* minimizado se comparado a pecuária. Por fim, foi possível precificar os diferentes setores, através do modelo Leontief, mas observou-se que a ausência de dados e informações primárias associadas ao uso da água pelos diferentes setores caracterizou-se como fator limitante para a proposta deste estudo. Apesar dessa limitação notou-se que quanto mais dados são inseridos na matriz de valores absolutos, menores são os preços finais *per capita* a serem pagos pelo consumo da água, é o que acontece para o setor de abastecimento humano, por exemplo, para o Cenário I o valor final foi de R\$ 1,26, já para o Cenário II foi de R\$ 0,26. Além disso, o setor da pecuária é o que pagará maior valor pelo consumo da água, tendo em vista que é o setor que mais adquire esse insumo para sua produção final.

**Palavras-Chave:** Cobrança; Modelo insumo-produto; Pegada hídrica; sub-bacia.

## ABSTRACT

Although the water is considered a renewable resource, environmental degradation has reduced the capacity of water's resilience, requiring the conscious use of water resources, in such way that the management mechanisms enable the sustainability. The collection consolidates the challenge of sustainable water management and should consider two goals, the funding of the water resources management and the reduction of negative environmental externalities. Thus, this study aimed to use the Leontief model to create a proposal for appraisal of water in the Alto Piranhas-PB sub-basin, in Paraiba backlands. This research adopted the deductive method, it is descriptive and exploratory, with a data quantitative approach. It was initially made a review on literature to angle for published studies (articles, dissertations, theses), in addition to consultations in books on pricing, based on input-output analysis, taking into account the representation of the study area dynamics, which was the Alto Piranhas sub-basin belonging to the Piancó-Piranhas-Açu river basin. In order to ascertain whether the proposal was feasible, sectors were considered, from the identified uses in the Water Resources Plan Piancó-Piranhas-Açu, to the chosen area, linked to the concept of water footprint (WF). The types of uses, understood from the Leontief model as intermediate demands were used also for the input-output matrix construction, and the sectors to be considered for use and combine the inputs coming from sectors. Besides that, two scenarios were established by checking how the model behaves as different criteria are established to identify the submatrices and data entry in the absolute values matrix. The data analysis showed that the total water footprint resulted in a 254.938.290,78 (m<sup>3</sup> / year) consumption, despite the effluent sector has the largest water measure, reflecting a large purchase volume, its sales volume almost reaches match, so it keeps its final per capita minimized price compared to livestock. Finally, it was possible to price the different sectors, through the Leontief model, but it was observed that the lack of data and primary information associated to the water use by different sectors was characterized as a limiting factor for the purpose of this study. Despite this limitation was noted that the more data are entered in the absolute values matrix, the lower are the per capita final price to be paid by the water consumption, that is what happens to the human consumption sector, for example, for Scenario I the final amount was R\$ 1,26, while for Scenario II was R\$ 0,26. In addition, the livestock sector is the one that will pay the highest amount for the water consumption, given that is the sector that buys the most this input to its final production.

**Keywords:** Collection; Input-output model; Water footprint; Sub-basin.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Cobrança para abastecimento público.....	23
<b>Figura 2:</b> Cobrança para usuário privado.....	24
<b>Figura 3:</b> Esquema de cálculo da pegada hídrica de uma bacia hidrográfica. ....	41
<b>Figura 4:</b> Bacia hidrográfica do Rio Piencó-Piranhas-Açu. ....	45

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Matriz de entrada-saída, exemplo.....	29
<b>Tabela 2:</b> Modelo hipotético.....	31
<b>Tabela 3:</b> Matriz modificada do modelo hipotético. ....	33
<b>Tabela 4:</b> Compilação de Estudos de Análise Insumo-Produto e Recursos Hídricos no Brasil. .....	34
<b>Tabela 5:</b> Principais usos e demandas estimadas na bacia. ....	44
<b>Tabela 6:</b> Reservatórios estratégicos. ....	46
<b>Tabela 7:</b> Percentual da Demanda hídrica na sub-bacia do Alto Piranhas. ....	46
<b>Tabela 8:</b> Proposta de matriz Modelo insumo-produto na sub-bacia do Alto Piranhas. UFCG, 2016 .....	48
<b>Tabela 9:</b> Pegada hídrica azul de cada município no ano de 2015 em m <sup>3</sup> /ano. UFCG, 2016.	53
<b>Tabela 10:</b> Pegada hídrica verde de cada município no ano de 2015 em m <sup>3</sup> /ano. UFCG, 2016. .....	53
<b>Tabela 11:</b> Pegada hídrica verde da irrigação no ano de 2015 em m <sup>3</sup> /ano. UFCG, 2016. ....	54
<b>Tabela 12:</b> Pegada hídrica azul da irrigação no ano de 2015 em m <sup>3</sup> /ano. UFCG, 2016. ....	55
<b>Tabela 13:</b> Pegada hídrica azul da pecuária no ano de 2015 em m <sup>3</sup> /ano. UFCG, 2016. ....	56
<b>Tabela 14:</b> Tipos de silagem consumida .....	56
<b>Tabela 15:</b> Pegada hídrica total no ano de 2015 em m <sup>3</sup> /ano. UFCG, 2016.....	57
<b>Tabela 16:</b> Distribuição dos recursos financeiros previstos. ....	59
<b>Tabela 17:</b> Distribuição dos recursos financeiros previstos por setor. UFCG, 2016. ....	59
<b>Tabela 18:</b> Matriz dos valores absolutos para cenário I. UFCG, 2016.....	60
<b>Tabela 19:</b> Valor unitário calculado. UFCG, 2016. ....	62
<b>Tabela 20:</b> Matriz dos valores absolutos para o cenário II. UFCG, 2016.....	64
<b>Tabela 21:</b> Valor unitário calculado. UFCG, 2016. ....	66

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 DO TEMA AO PROBLEMA.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	14
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	14
1.3 JUSTIFICATIVA.....	14
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>17</b>
2.1 RECURSOS NATURAIS E SUA GESTÃO.....	17
2.2 POLÍTICA AMBIENTAL E GESTÃO PÚBLICA.....	18
2.2.1 <i>A Política Nacional de Recursos Hídricos</i> .....	20
2.3 COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NO BRASIL.....	21
2.3.1 <i>Questões Conceituais: valor, valor econômico e preço</i> .....	25
2.3.2 <i>Valoração Econômica e Cobrança pelo Uso da Água</i> .....	25
2.3.3 <i>Preço da Água no Brasil: discussões metodológicas</i> .....	26
2.4 MODELO DE INSUMO-PRODUTO.....	26
2.5 PEGADA HÍDRICA .....	39
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>42</b>
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	42
3.1.1 <i>Quanto aos fins</i> .....	42
3.1.2 <i>Quanto aos procedimentos</i> .....	43
3.1.3 <i>Quanto à Forma de Abordagem</i> .....	43
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO.....	44
3.3 COLETA DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	47
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>52</b>
4.1 ESTIMATIVA DA PEGADA HÍDRICA .....	52
4.1.1 <i>No Abastecimento Urbano e Rural</i> .....	52
4.1.2 <i>Na agricultura irrigada</i> .....	53
4.1.3 <i>Na pecuária</i> .....	55
4.1.4 <i>No lançamento de efluentes</i> .....	57
4.2 ESTIMATIVA DOS PREÇOS.....	58
4.2.1 <i>Cenário I</i> .....	58

<i>4.2.2 Cenário II</i> .....	63
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>68</b>
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	70
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>71</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>77</b>
ANEXO 01 - DISTRIBUIÇÃO DOS RECURSOS FINANCEIROS. ....	77

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 DO TEMA AO PROBLEMA

A gestão ambiental surgiu nas últimas décadas do século XX, podendo ser entendida como um processo que busca a harmonização das interações entre as atividades humanas com a preservação dos ecossistemas ambientais. Segundo Seiffert (2011) este processo está relacionado a condicionantes históricas, na medida em que os recursos deixam de ser abundantes, no início da Revolução Industrial, e tornam-se mais escassos, em virtude de sua apropriação pelos processos produtivos, observa-se, então, a criação de instrumentos e ferramentas para melhorar as relações entre os seres humanos e o meio ambiente.

Para tanto, o modo de produção e consumo vigente acentuam os problemas ambientais e ameaçam a qualidade de vida das gerações futuras. Nascimento (2012) aponta que a continuidade desse ritmo de crescimento econômico poderá trazer até 2050 mais de dois bilhões e meio de consumidores ao mercado e que há consenso entre os cientistas que os recursos naturais não serão suficientes para garantir um modo de vida similar ao existente hoje.

Quanto maior o desenvolvimento econômico da sociedade e quanto mais diversificadas forem suas atividades produtivas, mais intensiva é a exploração dos recursos naturais (MOTTA, 2013). Resultante dessas demandas crescentes, a escassez tornou-se uma preocupação evidente diante da indisponibilidade desses recursos em consequência das pressões sobre o meio ambiente.

Nesse sentido, dentre outros, a água apresenta-se como um dos recursos limitantes mais críticos para a população humana (RICKLEFS, 2013). Este bem é reconhecidamente essencial às espécies, seja como componente ou meio de vida, como elemento representativo de valores socioculturais e como fator de produção de bens e de consumo (SEIFFERT, 2011; BASSOI; MENEGON JR., 2014). Ricklefs (2013) ressalta que as tendências atuais do uso e disponibilidade da água sugerem que até o ano de 2025, metade dos países do mundo enfrentarão a falta deste bem e que três quartos passarão por escassez até o ano de 2050.

Assim, as dificuldades para acesso a água doce tem como fatores: o aumento da demanda por água de boa qualidade, o aumento populacional, expansão agrícola, da industrialização, poluição dos mananciais associado à má distribuição dos recursos hídricos no Brasil, todos esses fatores alertam para uma gestão de qualidade. Mesmo possuindo 12% da água doce superficial do planeta, no Brasil essa distribuição é desproporcional, enquanto a região Norte possui 68% desse total a região Nordeste, por exemplo, concentra apenas 3% deste

recurso, onde vive 29% da população, caracterizando a criticidade deste bem em algumas regiões do país (SOUZA *et al.*, 2011).

Apesar da água ser considerada um recurso renovável, a degradação ambiental tem reduzido a capacidade de resiliência da água. Sendo necessária a utilização racional dos recursos hídricos, de forma tal que os mecanismos de gestão possibilitem à sustentabilidade. Assim, a análise da oferta, o monitoramento das demandas e controle da qualidade das águas precisa ser adequadamente considerado.

Tendo em vista a possibilidade da escassez em quantidade e/ou qualidade de recursos hídricos gera-se a necessidade de buscar mecanismos que induzam alocações eficientes dos recursos existentes. Botelho; Silva e Leite (2012) discorrem sobre as perspectivas da gestão dos recursos naturais e enfatiza que a quantificação monetária da natureza, a partir da utilização dos instrumentos econômicos, é uma forma de induzir à conservação e melhoria do meio ambiente.

Motta (2013) ressalta que a valoração do recurso ambiental consiste em determinar os custos e os benefícios sociais, conseqüentemente o bem-estar das pessoas mediante as mudanças nas quantidades destes recursos. A valoração econômica do meio ambiente surge em consequência da preocupação/conservação dos recursos, por parte da geração presente e pela assimilação da possível ausência destes bens para as gerações futuras.

Nesse sentido, Seiffert (2011) aponta que para garantir a sobrevivência é preciso considerar que todas as espécies de animais e vegetais dependem do suporte e serviços ecossistêmicos dos recursos naturais e para tanto devem traduzir essa relevância em valores associados a estes bens, que podem ser valores morais, éticos ou econômicos.

Dessa forma, a gestão das águas, no Brasil, remonta à década de 1930, quando em 1934 entrou em vigor o Código das Águas, mas somente após longo debate em torno desta legislação que a partir da década de 1990, segundo Leite e Vieira (2010), o modelo de gestão dos recursos hídricos foi reformulado e iniciou-se uma nova fase com a aprovação da Lei Federal nº 9.433/97, reconhecendo a água como um bem público e dotado de valor econômico.

Schmitz (2014) descreve as mudanças no modo de gestão dos recursos hídricos no Brasil que resultaram nas transformações da legislação brasileira e cita a importância da criação de comitês e agências de bacia hidrográfica como instrumentos de monitoramento e a fiscalização dos Planos de bacia hidrográfica, outorgas e cobrança pelo uso da água. Além disso, a nova legislação aponta a bacia como à unidade de análise, tendo em vista que a disponibilidade (oferta) de água é fornecida pelas bacias e não por outra unidade administrativa (BRASIL, 1997).

Em relação aos instrumentos, a cobrança é indispensável não apenas para incentivar o uso racional, reduzir o lançamento de efluentes e valorizar o bem de uma forma geral, mas investir e recuperar a qualidade dos corpos hídricos procurando reverter, inclusive, o processo de degradação. Sendo assim, a cobrança visa garantir aos múltiplos usos, o acesso à água (DIAS; BARROS e SOUZA, 2010).

Motta (2013) acrescenta que a Lei nº 9.433/97 reconhece o valor econômico deste bem e que o instrumento de cobrança impulsiona o uso racional do mesmo. A cobrança alicerça o desafio do gerenciamento sustentável das águas (SERRANO; CARVALHO, 2013). Ainda nesse sentido, Seiffert (2011) alerta que a utilização de um preço sobre o uso da água é mais do que um instrumento para gerar receitas para o Estado, e impulsora de mudanças comportamentais. Viana (2011) ressalta a importância que este instrumento tem resultado nos países da Europa Ocidental em termos de eficiência do uso e que associados a mecanismos de comando e controle pode-se constatar redução no uso e aumento da consciência ambiental.

Logo, a cobrança da água é um preço estipulado sobre o uso deste bem que para Motta (2013) deve considerar dois objetivos, o financiamento da gestão dos recursos hídricos e a redução das externalidades ambientais negativas. Esse autor analisou que nas experiências internacionais onde a cobrança foi realmente aplicada, houve redução da poluição assim como do consumo, porém a determinação desse valor é geralmente resolvida em níveis ótimos.

Sendo assim, é primordial que a utilização desse instrumento vise à otimização, ou seja, a maximização dos benefícios e minimização dos custos, mesmo entendendo a complexidade técnica de atender esse requisito. A receita precisa estar vinculada aos investimentos no setor de recursos hídricos, mas também deve assimilar as externalidades entre usuários.

Logo, a valoração consiste em estabelecer um valor monetário para o recurso natural que será utilizado nas metodologias de cobrança para determinar um preço sobre o uso da água. Esses métodos, geralmente, possuem uma estrutura básica que considera a multiplicação entre uma base de cálculo (que busca quantificar o uso da água, diferenciando-se em captação, consumo e diluição de efluentes) e o preço (definidos por seus objetivos: econômicos - incentivar a racionalização, reconhecendo a água como bem econômico e financeiro - obter recursos para o financiamento dos programas e intervenções dos Planos de bacia). Além disso, algumas metodologias utilizam-se dos coeficientes que são mecanismos de diferenciação em função dos objetivos da cobrança (MAGALHÃES FILHO, 2013).

Partindo desse contexto que a cobrança é um instrumento que visa o uso racional, a proteção e a preservação da água, o presente trabalho abre a discussão sobre a seguinte

problematização: **Como o modelo de Leontief pode ser utilizado para criar uma proposta de valoração da água na sub-bacia do Alto Piranhas – PB?**

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Utilizar o modelo de Leontief para criar uma proposta de valoração da água na sub-bacia do Alto Piranhas-PB, no Sertão Paraibano.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar os dados necessários para aplicação do modelo;
- Definir a matriz insumo-produto;
- Precificar os diferentes setores, através do modelo Leontief;

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A sociedade de uma forma geral considerava a água como um bem relativamente abundante e inesgotável, não se tinha a sua referida valoração, inclusive econômica. A partir do momento que esse bem se encontra numa situação de escassez em diversas regiões do mundo, percebeu-se a necessidade de cobrar pelo seu uso, a fim de garantir o maior acesso das populações à água de boa qualidade, bem como de se racionalizar esse consumo e garantir a preservação do recurso para as gerações futuras (VIANA, 2011).

Diante disso, a partir da potencialidade da escassez de recursos hídricos gera-se a necessidade de se buscar mecanismos que induzam alocações eficientes dos recursos existentes. Para tanto, a cobrança pelo uso da água pode ser um importante indutor de eficiência na alocação da água, encorajando, inclusive, a sua conservação (RESENDE FILHO *et al.*, 2011).

A cobrança pelo uso da água está contida na Política Nacional de Recursos Hídricos como instrumento de gestão, que pode ser um importante indutor dessa destinação e preservação eficiente. Os valores arrecadados serão utilizados para: financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídos nos Planos de Recursos Hídricos e pagamento de despesas (limitada a sete e meio por cento do total arrecadado) de implantação e custeio administrativo

dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Nesse sentido, vale ressaltar que não é um tributo exigido que o contribuinte pague independentemente da prestação do serviço ou da sua participação na formulação desse valor, mas uma compensação a ser paga pelos usuários destes recursos visando à garantia dos padrões de quantidade, qualidade e regime estabelecidos para corpos d'água das bacias pelo uso da água, fundamentado nos princípios do "poluidor - pagador" e "usuário - pagador" (SAIS *et al.*, 2012).

Esses valores arrecadados com a cobrança serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica, que é área geográfica drenada por um rio e seus afluentes e está sendo, desde o final da década de 1980 adotada como área preferencial para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Cada bacia se interliga, constituindo uma ordem hierárquica superior em relação a sub-bacia. Em consequência disso, os conceitos bacia e sub-bacia são termos relativos (CARMO; SILVA, 2010; CARVALHO, 2014).

A sub-bacia do Alto Piranhas pertence à bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu está localizada a oeste do Estado da Paraíba, limita-se ao oeste com o Estado do Ceará, ao norte com a bacia do Rio do Peixe, ao nordeste com a Região Hidrográfica do Médio Piranhas e ao sul e leste com a bacia do Rio Piancó (FREITAS, 2012). É uma das áreas em que o município de Sousa-PB está inserido e unidade de planejamento que abrange o reservatório de São Gonçalo, responsável pelo abastecimento dessa cidade, por isso foi a área de estudo escolhida.

Schmitz (2014) aponta que com a implementação da cobrança existem impactos na produção econômica de bens e, por conseguinte na formação dos preços destes e ainda nas demandas por água, ressaltando, também, a necessidade de considerar as demandas entre bacias. Nesse sentido identificou que através do modelo insumo-produto é possível mostrar as transações intra e interindustriais estimando os volumes de recursos hídricos para os múltiplos usos e citou trabalhos que combinaram este método com o de programação linear para obter preços-sombras setoriais para a água.

Ainda segundo este autor, supramencionado, ao analisar outros estudos, cita que os modelos de insumo-produto no que concerne aos recursos hídricos foram aplicados inicialmente na década de 1960, mas somente a partir de 2000 houve interesse geral por esta área de pesquisa, relacionada à economia ecológica, possivelmente devido a potencial escassez quantitativa ou qualitativa da água. Dentre os 101 trabalhos compilados que utilizam a metodologia insumo-produto e que tratam de questões referentes à água apenas oito são brasileiros (SCHMITZ, 2014).

Cabe ressaltar que a utilização de modelos de cobrança, mesmo que aprovados pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e executado pela Agência Nacional de Água (ANA), não determinam que o recurso gerado ou estimado consiga suprir as necessidades do sistema de gerenciamento da unidade de análise escolhida, tal fato pode ser comprovado no estudo desenvolvido por Assis e Vieira (2015) onde após estimação da arrecadação feita para a sub-bacia do Alto Piranhas, foi averiguado que o valor arrecadado para retirada, assim como para lançamento foi superior ao que se tem previsto para aplicação na bacia com base no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba – PERH. Logo, o preço da água é uma variável chave para aplicação e implementação de modelos de cobrança para arrecadação.

Nesse contexto, Motta (2013) coloca a importância dos custos como parte do preço da água, mas se houverem distorções destes custos, percebidos pelos usuários, em relação à cobrança essa incerteza levará a ineficiência alocativa tanto no sistema de cobrança como no de criação de mercados.

Costa, Cunha e Paiva (2015), em estudo desenvolvido no Estado da Paraíba, analisaram o processo de implementação da cobrança e apontaram que, apesar dos avanços legais e da importância dada a este instrumento, a cobrança ainda não havia sido operacionalizada e como sugestões para estudos futuros propuseram a revisão desses processos de cobrança, principalmente no que se refere à precificação da água, já que, em julho de 2015, a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) emitiu os primeiros boletos de cobrança.

Acredita-se assim, que o desenvolvimento desta pesquisa, se justifica, já que água é recurso natural importante, do ponto de vista estratégico, no desenvolvimento de uma sociedade. Assim, esse estudo não pretende aplicar modelos matemáticos que distanciem a valorização econômica da água da base teórica, mas identificar um preço que tenha por base a arrecadação necessária para manter a oferta hídrica, que busque a eficiência econômica na unidade de análise escolhida, a sub-bacia do Alto Piranhas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 RECURSOS NATURAIS E SUA GESTÃO

Para não envolver-se em insolúveis controvérsias filosóficas e epistemológicas Sánchez (2013, s.p) diz que são sábios os livros-texto que não pretendem definir ambiente, tendo em vista que seu conceito no campo do planejamento e gestão ambiental é amplo. Aponta ainda as similaridades e diferenças na aceção deste termo em diferentes localidades: Brasil, Chile, Canadá, Hong Kong e ressalta que estas definições deixam lacunas e questionamentos quanto a sua interpretação, mas fica claro que "o conceito de ambiente oscila entre dois polos - o polo fornecedor de recursos e o polo meio de vida".

Nesse sentido esses dois polos interagem entre si estabelecendo que, na medida em que a sociedade extrai esses recursos naturais de forma desmedida é preciso estabelecer instrumentos de gestão que mantenham a integridade e capacidade da natureza barrando os processos de degradação ambiental (SÁNCHEZ, 2013).

Esse processo de gestão tem início quando o elemento humano promove transformações no ambiente natural de forma a adaptá-lo às necessidades individuais ou coletivas que resultam no ambiente urbano. A extração dos recursos naturais para sobrevivência e desenvolvimento dessas aglomerações, para Phillippi Jr., Roméro e Bruna (2014), no que concerne a forma de gerir essa intervenção no meio natural, é que determina maximização ou minimização dos impactos ao ambiente natural.

Daí a importância do processo de gestão fundamentada em variáveis como a diversidade dos recursos extraídos do ambiente natural; a velocidade de extração desses recursos, que permitem ou não a sua reposição; o modo de disposição e tratamento dos resíduos e efluentes; e a política de gestão adotada, levando a determinada decisão que afetará positiva ou negativamente, a longo prazo, a população da área em foco. A somatória dessas variáveis e a maneira de geri-las definem o grau de impacto do ambiente urbano sobre o ambiente natural (PHILLIPPI JR.; ROMÉRO; BRUNA, 2014, p. 3).

No que diz respeito à Gestão ambiental, Coimbra (2014) afirma que é substancial analisar a relação homem-natureza, apontando que ser humano e mundo natural são termos relativos, um não pode prescindir do outro, mas a grande questão envolve a natureza e a qualidade dessas relações. Segundo esse autor:

Não é difícil concluir, com a história das civilizações e do desenvolvimento socioeconômico, que essas relações não são saudáveis: a posição antropocêntrica maltrata e tiraniza o mundo natural; a natureza, por sua vez,

reage e faz suas cobranças que se traduzem em desastres e catástrofes, resultando na insegurança da vida sobre a Terra. A poluição, a degradação do ambiente natural, a malversação dos recursos, os conflitos econômicos e sociais confirmam o mau relacionamento, mas é sempre possível reverter o caminho do abismo, desde que haja tempo hábil e vontade política (COIMBRA, 2014, p. 528)

Por isso, diante da complexidade dos problemas “o processo de gestão ambiental surgiu como uma alternativa para buscar a sustentabilidade dos ecossistemas antrópicos, harmonizando suas interações com os ecossistemas naturais” (SEIFFERT, 2011, p. 45). Consiste numa série de intervenções humanas sobre o ambiente natural (COIMBRA, 2014).

E, para que isso seja possível não há razão de resolvê-los de forma isolada. Para uma gestão ambiental eficaz é preciso aliar vários conhecimentos, o campo de trabalho do planejamento e gestão ambiental requer equipes multidisciplinares (SÁNCHEZ, 2013; PHILLIPPI JR.; ROMÉRO; BRUNA, 2014). “Os atores dessas intervenções são o poder público, a coletividade e, em certos casos, pessoas físicas individuais.” (COIMBRA, 2014, p. 551).

## 2.2 POLÍTICA AMBIENTAL E GESTÃO PÚBLICA

Política e gestão possuem relação intrínseca, pois para serem implementadas as políticas públicas é preciso que exista uma gestão integrada e adequada dos temas relacionados à questão ambiental, ou seja, gestão ambiental pressupõe uma política ambiental. É importante, explicitar o sentido do vocábulo política, para entender a pertinência dessa discussão no que se refere às políticas públicas e políticas ambientais no contexto da gestão ambiental (PHILLIPPI JR.; BRUNA, 2014).

Política deriva do termo *Polis*, que era o nome dado à cidade, pelos gregos, que consistia no lugar em que as pessoas viviam e discutiam os seus problemas, conforme regras estabelecidas para organizar a vida em comum. “Segundo Aristóteles, o homem é um animal político pelo fato de sua natureza requerer a vida em sociedade. [...] Daí se entender que política é a conjugação de ações voltadas para um determinado fim, [...]” (PHILLIPPI JR.; BRUNA, 2014, p. 732).

Nesse sentido, é importante afastar o diversificado uso desta palavra, restringindo-o na perspectiva da ciência política, que para Rua (2012, p.16) política ou *politics*, “faz referência às atividades políticas: o uso de procedimentos diversos que expressam relações de poder [...] e se destinam a alcançar ou produzir uma solução pacífica de conflitos relacionados a decisões

públicas.”. Nesse sentido, ainda segundo este autor, é necessário considerar a política como parte constituinte e essencial da vida social.

Já o termo *policy* está relacionado à “formulação de propostas, tomada de decisões e sua implementação por organizações públicas, tendo como foco temas que afetam a coletividade, mobilizando interesses e conflitos”, ou seja, desenvolvimento de políticas públicas pelo governo (RUA, 2012, p. 17).

Porém, Souza (2006, p.26) ressalta a multiplicidade de definições para política pública e enfatiza que "apesar de possuir suas próprias modelagens, teorias e métodos, a política pública, embora seja formalmente um ramo da ciência política, a ela não se resume, podendo também ser objeto analítico de outras áreas do conhecimento [...]".

As políticas públicas surgem do debate social a fim de alcançar o bem-estar da sociedade e o interesse público por meio da efetivação da cidadania. É um campo holístico e “do ponto de vista teórico-conceitual, a política pública em geral e a política social em particular são campos multidisciplinares, e seu foco está nas explicações sobre a natureza da política pública e seus processos.” Para tanto, desdobram-se em planos, programas, projetos, bases de dados ou sistema de informação e pesquisas que são resultado das ações governamentais para obtenção e garantia dos direitos fundamentais (SOUZA, 2006, p. 25; PEREIRA, PASINATO, 2015).

Farias, Mazzarino e Oliveira (2013) mencionam que a preocupação com a proteção legal do meio ambiente no Brasil é antiga, desde o período colonial, embora nos últimos anos com a crescente deterioração ambiental e o esgotamento dos recursos do planeta houve um avanço significativo no que diz respeito à discussão das questões ambientais, como forma de reduzir as externalidades negativas, causadas pelo modo de produção e consumo vigente, e garantir o uso futuro destes recursos naturais.

Nesse sentido, Carvalho (2015) ressalta o importante papel que uma sociedade mobilizada e com conhecimento pode ter para controlar essa deterioração ambiental. Acrescentando ainda, que esse manejo e envolvimento com as questões ambientais devem abranger vários atores sociais, inclusive das esferas públicas (Federal, Estadual e Municipal), corresponsabilizando-os pela proteção ambiental.

Ao conceber a ideia de políticas públicas ambientais é considerado, principalmente, a partir da Carta democrática de 1988, que no artigo 225 determina que, “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder e à coletividade o dever de defendê-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Nesse contexto, cabe ao Estado intervir e propor ações que minimizem os impactos negativos ao meio ambiente, decorrentes da atuação antrópica, através de políticas públicas (PEREIRA, PASINATO, 2015). Assim, políticas públicas "são instrumentos usados pelo Estado para garantir à sociedade direitos constitucionais, envolve muito mais que decisão, mas também diversas ações estrategicamente selecionadas." (CERQUEIRA; PINHEIRO; OLIVEIRA, 2014, p. 3).

A gestão ambiental só consegue ser materializada através desses instrumentos, que são as políticas públicas, típicas da esfera pública. Destaca-se no âmbito nacional, dentre as cinco das principais políticas públicas que se relacionam com a questão do meio ambiente: a Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei n. 9.433/97 (PHILLIPPI JR.; BRUNA, 2014).

### *2.2.1 A Política Nacional de Recursos Hídricos*

A gestão ambiental voltada para os recursos hídricos envolve duas perspectivas: uma referente à quantidade da água e outra em relação à sua qualidade. Apesar de ser a substância mais abundante na biosfera, com cerca de 1,4 milhão de quilômetros cúbicos de água, 97,2% desse total se encontra nos oceanos e dos 2,8% restantes, três quartos estão na forma de gelo, isso implica em uma avaliação criteriosa em relação aos múltiplos usos e a utilização racional deste bem, "enquanto que sua qualidade deve ser rigorosamente preservada diante da ação que o homem lhe infringe no afã de buscar objetivos subalternos" (DERISIO, 2012, p. 18).

Diante dessa necessidade de avaliação e direcionamento para o bom uso, o poder público depara-se com necessidades imediatas. O provimento de abastecimento de água potável à população, perante a ausência ou contaminação desse recurso não é somente um desafio como é, também, dispendioso. A Organização das Nações Unidas (ONU) afirma que aspectos relacionados a quantidade e a qualidade da água comprometerão todos os habitantes do planeta nos próximos 50 anos (PHILLIPPI JR.; BRUNA, 2014).

Nesse contexto, a preocupação do poder público quanto a regulamentação da água, no Brasil, têm por primeiros passos, a construção do modelo de gestão hídrica que foi o Código das Águas, Decreto-lei n. 24.642/1934, mas diante das inúmeras questões não tratadas por este, surge a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que regulamentou o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal de 1988 que imputa à União a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), além da responsabilidade de estabelecer critérios de outorga de direitos de seu uso (BRASIL, 1988).

Cabe ainda ressaltar que esta Política determina a água como um bem público, limitado, mas dotado de valor econômico. Visa o uso múltiplo da água, reconhece a bacia hidrográfica (área geográfica drenada por um rio e seus afluentes) como unidade territorial para implantação da PNRH e atuação do SNGRH, estabelece que a gestão deve ser realizada pelo Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) com auxílio das Agências de Bacias Hidrográficas (ABH's) e, inclui os seguintes instrumentos: plano de recursos hídricos; enquadramento de corpos d'água; outorga de direito de uso; cobrança pelo uso da água; e sistema integrado de informação (GARCIA, 2012; DEMAJOROVIC; CARUSO; JACOBI, 2015).

No que se refere aos usos da água, no âmbito social e industrial, este recurso é utilizado para múltiplos fins e podem ser subdivididos em dois grupos: consuntivos e não consuntivos. O primeiro refere-se aos usos em que há perda entre o que é retirado e o que retorna ao corpo d'água, por exemplo, abastecimento público, industrial, animal e agrícola, já o segundo diz respeito aos usos que não há necessidade de retirar as águas das coleções hídricas onde se encontram: recreação e lazer, geração de energia, transporte, entre outros (DERISIO, 2012).

Além da regulamentação e classificação dos corpos hídricos, a Lei 9.433/97 passou a atender uma demanda latente no país, pelas boas práticas de gestão. Propostas já disseminadas há muitos anos, em outros países e impulsionadas por iniciativas pioneiras de alguns estados da federação, como São Paulo (1991), Ceará (1992), Minas Gerais e Rio Grande do Sul (1994) contribuíram na discussão, elaboração e aprovação da Política Nacional de Recursos Hídricos (SANTOS, 2012).

Como reflexo dessas boas práticas de gestão a PNRH atribui ao uso racional da água, uma forma de responder a estas exigências, e, para isso, é preciso que o usuário pague pelo bem consumido. Essa consideração estabelece uma relação interdependente e complementar entre os instrumentos da Lei. Além disso, o modelo brasileiro, inspirado no Francês, indica que a implementação dos instrumentos, a negociação de conflitos e a promoção dos usos múltiplos, devem ser viabilizadas por uma gestão descentralizada, participativa e integrada (SEIFFERT, 2011).

### 2.3 COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NO BRASIL

Com a promulgação da Lei n. 9.433/97, inicia-se uma nova fase do processo legal e institucional para os recursos hídricos. Dentre os instrumentos que respaldam a PNRH a cobrança tem por foco a utilização eficiente da água e a garantia deste recurso para as gerações futuras. O art. 19º da Lei Federal n. 9433/97 estabelece como objetivos da Cobrança pelo uso

de recursos hídricos: I) reconhecer a água como bem econômico dando ao usuário uma indicação de seu real valor; II) incentivar o uso racional; III) servir de instrumento para obtenção de recursos financeiros para financiar os programas e intervenções definidas no plano de bacia (BRASIL, 1997).

Portanto, alguns países do mundo, incluindo o Brasil adotam a Cobrança pelo uso da água bruta como forma de conferir valor econômico a este recurso e seu impacto pode trazer benefícios para todos, à medida que não apenas a racionalização do uso por parte do usuário é alcançada, mas intervenções estruturais e não estruturais são financiadas com os recursos gerados pela cobrança (SEIFFERT, 2011).

O instrumento de cobrança pelo uso dos recursos hídricos é considerado essencial para criar condições de equilíbrio entre as disponibilidades e demandas, promovendo, em consequência, a harmonia entre os usuários competidores, ao mesmo tempo em que também redistribui os custos sociais, melhora a qualidade dos efluentes lançados, além de ensejar a formação de fundos financeiros para as obras, programas e intervenções do setor (SANTOS, 2012, p. 11).

Nesse sentido, as metodologias de cobrança existentes possuem uma estrutura básica que considera a multiplicação entre uma base de cálculo (que busca quantificar o uso da água, diferenciando-se em captação, consumo e diluição de efluentes) e o preço (definidos por seus objetivos: econômicos - incentivar a racionalização, reconhecendo a água como bem econômico e financeiro - obter recursos para o financiamento dos programas e intervenções dos Planos de bacia). Além disso, algumas metodologias utilizam-se dos coeficientes que são mecanismo de diferenciação em função dos objetivos da cobrança (MAGALHÃES FILHO, 2013).

Em um estudo comparativo entre os programas de cobrança da região Sudeste e Nordeste, Sales *et al.* (2015) observaram diferenças significativas no que se refere a implantação das políticas e estruturação da cobrança como ferramenta de gestão. Em relação às questões metodológicas de cálculos de valores a serem cobrados, na região Sudeste para o cálculo destacam-se: o consumo, o tipo de uso, os aspectos de qualidade, e as questões relacionadas com os tipos de lançamentos e suas peculiaridades, já no Nordeste, especificamente no Ceará, são: tarifa padrão de outorga de longo prazo; volume outorgado ao usuário; a tarifa padrão sobre volume efetivamente consumido e o volume efetivamente consumido pelo usuário.

Ribeiro e Lanna (2001) apontam que são quatro os usos da água susceptíveis de cobrança, sendo os usos de serviços de abastecimento e esgotamento normalmente cobrados sob a denominação de tarifas ou pelas entidades que gerenciam projetos públicos de irrigação,

já os usos de retirada de água bruta e lançamento de efluentes são negligenciados ao longo dos anos na maioria das sociedades. Esses autores ressaltam, ainda, a importância de uma nova postura diante da problemática do consumo excessivo e degradação dos recursos hídricos, para tanto propõem a cobrança para os usos mencionados anteriormente, conforme esquema abaixo:

**Figura 1:** Cobrança para abastecimento público.



Fonte: Adaptado de Ribeiro e Lanna (2001)

No esquema acima, abastecimento público, Ribeiro e Lanna (2001) destacam a parte não cobrada e cobrada dos usuários, diferenciando em cobrança (uso de água disponível no ambiente como: fator de produção ou bem de consumo final e receptor de resíduos) e tarifa (utilização dos serviços de abastecimento e esgotamento), respectivamente. Nessa figura pode-se observar ainda o fluxo da água dentro do sistema (natureza), ofertando o recurso e recebendo o rejeito. Além disso, outros componentes podem ser observados claramente, a captação de água bruta, o consumo e o lançamento de efluentes. O mesmo ocorre para os usos privados, figura abaixo, a cobrança pelo uso da água (retirada e lançamento) também são negligenciadas para os múltiplos usos: industrial, navegação, recreação, entre outros.

**Figura 2:** Cobrança para usuário privado.



Fonte: Adaptado de Ribeiro e Lanna (2001)

Embora o processo de cobrança ainda seja incipiente no Brasil (SALES *et al.*, 2015), vale salientar que a cobrança não se configura e nem objetiva incrementar a arrecadação do Estado. Em contrapartida, visa garantir o uso eficiente e a preservação dos recursos hídricos (DIAS; BARROS; SOUZA, 2010). Nesse sentido, Müller, Rizzi e Fill (2011) ressaltam a importância de relacionar essa garantia aos princípios de desenvolvimento sustentável.

Schmitz (2014) resalta que para a utilização racional dos recursos hídricos, com vistas à sustentabilidade, é imperativa a introdução de mecanismos de gestão que venham a garantir a manutenção deste recurso para as atuais e futuras gerações. Para tanto, as sociedades se organizaram quanto a regulamentação deste setor, implantando a cobrança como instrumento de regulação econômica que vislumbra a racionalidade quanto ao uso deste bem assegurando o mesmo para a posteridade.

### 2.3.1 *Questões Conceituais: valor, valor econômico e preço*

Tendo em vista, que a cobrança ainda encontra como desafio, na configuração como instrumento de gestão, a definição dos valores a serem cobrados (RIBEIRO; LANNA, 2001), faz-se necessário entender a discussão a respeito do termo valor, antes de proceder com a monetarização da água.

Teixeira (2012) pautou-se na literatura recente para conceituar termos relacionados à gestão dos recursos hídricos, definindo valor, como, uma variável representativa que tem por finalidade medir ou indicar a importância de um determinado bem. Dessa forma, como a Lei nº 9433/97 especifica que a água é dotada de valor econômico, esse valor pode “ser interpretado como parte do valor total, representado na água pelos benefícios diretos e indiretos, individuais e coletivos, proporcionados pelo uso da mesma, bem como os valores subjetivos que são considerados prioritários”. Já o preço é a representação monetária que expressa o valor do bem para o consumidor. Explica ainda que:

O “preço unitário” revela em termos monetários a importância de uma unidade de medida do produto para determinada modalidade de uso (captação, consumo, diluição) e/ou setor usuário. A teoria econômica disponibiliza diferentes técnicas para cálculo dos preços unitários da água, distintas entre si quanto ao foco de análise (produção, demanda, custos) ou modalidade de uso do recurso hídrico. O “preço total”, ou simplesmente “preço” na linguagem do dia a dia, refere-se a cobrança como um todo, indicando a relação entre “preço unitário” e “quantidade”. (TEIXEIRA, 2012, p. 38-39).

Sendo assim, o preço a ser pago pela utilização do bem é a própria cobrança e esta deve atentar para duas finalidades, a saber: o financiamento da gestão dos recursos hídricos ou a minimização das externalidades negativas ambientais, mas em certos casos, a criação de mercados de direitos da água podem, segundo Motta (2013) ser mais eficientes que a cobrança.

### 2.3.2 *Valoração Econômica e Cobrança pelo Uso da Água*

Entendido o conceito de valor, valor econômico e preço, Teixeira (2012, p. 45) ressalta a cobrança como instrumento de gestão, que possibilita, através de uma fórmula, a soma de termos relacionados ao consumo/uso da água e as despesas e custos associados. Nesse sentido, “a valoração econômica permite medir a eficiência e funcionalidade da cobrança diante dos objetivos estabelecidos pela mesma.”

Ainda segundo Teixeira (2012, p. 42), incorporar o valor econômico da água significa: “a) Distinguir os elementos do valor econômico da água que serão passíveis de precificação. b)

Definir o preço unitário (PU) a ser aplicado. c) Identificar a forma e nível de interação entre os elementos do valor econômico e os PU's.”

Sendo assim, parte dessa cobrança refere-se aos preços unitários determinados para cada tipo de uso, já a outra parte enfatiza as parcelas que são valoradas. Para elaboração da fórmula da cobrança é preciso atentar para a sustentabilidade financeira do sistema de gestão e obedecer ao princípio usuário-pagador e poluidor-pagador. Além disso, a cobrança deve apresentar-se de forma simples, transparente e prognóstica (TEIXEIRA, 2012).

### 2.3.3 Preço da Água no Brasil: discussões metodológicas

No que se referem as técnicas de precificação da água, no Brasil, os pesquisadores apontam que as propostas são fundamentadas em princípios microeconômicos de eficiência econômica, que Teixeira (2012) apresenta a classificação em três grupos: modelos de equilíbrio parcial, modelos de equilíbrio geral e modelos *Ad Hoc*.

Sobre os modelos de equilíbrio geral se subdividem em Teoria da demanda, que “a valoração tomará como base a atuação do usuário em um mercado hipotético que revela a disposição a pagar do consumidor com base nas suas preferências (demanda contingente) ou no custo de oportunidade da água (demanda “tudo ou nada”)” e a Teoria do *First Best*, que determina o preço a partir do custo marginal, maximizando o benefício social líquido do bem (TEIXEIRA, 2012).

Quanto aos modelos de equilíbrio geral, são representados pela Teoria do equilíbrio de mercado, que é estabelecido por meio do livre jogo de mercado, pela Teoria *Secondbest*, que “resulta da implementação da metodologia de preços ótimos [...] observa-se que a variação percentual de preço em relação ao custo marginal é inversamente proporcional à elasticidade preço da demanda” e, por último, pelo modelo *Ad Hoc*, onde a “determinação dos preços pode ocorrer por simples escolha aleatória ou repartição do custo médio de investimentos com base nos quantitativos demandados dos recursos para captação, consumo e/ou lançamento, sem considerar os efeitos sobre a eficiência econômica, equidade ou sustentabilidade do sistema de gestão.” (TEIXEIRA, 2012, p. 49-50).

## 2.4 MODELO DE INSUMO-PRODUTO

Os instrumentos de cobrança devem considerar dentro outras, a extração da água e o despejo de efluentes nos corpos hídricos, essa análise possibilita um maior controle da

disponibilidade hídrica, assim como um monitoramento da qualidade das águas (SCHMITZ, 2014). Essa avaliação implica em impactos entre regiões, bacias hidrográficas e, conseqüentemente, entre os setores econômicos envolvidos, seja pela transferência de água incorporada aos produtos via processos produtivos ou no consumo final.

Portanto, um modelo que se adapta perfeitamente a esta realidade é o modelo de insumo-produto [...]. Esta modelagem também tem aderência conceitual aos preceitos da economia ecológica ou relacionada ao meio ambiente. [...] o conceito de água 'incorporada' ou 'virtual' foi proposto para medir o volume total de água doce necessário na produção de bens ou serviços [...] Ainda, o conceito insumo-produto tem aderência com a definição de “Pegada Hídrica” que representa o montante de água utilizada por agentes no consumo de produtos (SCHMITZ, 2014, p. 23).

O trabalho de Leontief, chamado de análise de insumo-produto, é relevante por representar "a economia de um país ou outro nível regional de forma desagregada, ou seja, explicitando para cada setor de atividade econômica valores de produção, consumo intermediário e outros dados relevantes." Fundado na década de 1930, por Wassily Leontief, esta abordagem "estuda através dos números advindos da contabilidade social a estrutura tecnológico-produtiva de uma sociedade implícita a eles, considerando os setores separadamente." O objetivo consiste em alavancar a economia e isso é possível pela identificação das influências que impactam direta e indiretamente os setores da economia (SANTANA, 2010, p. 13).

Em outras palavras, esta abordagem metodológica analisa as relações entre os setores ou atividades, expresso pelas transações de fornecimento e aquisições de bens e serviços. A proposta de Leontief permite a obtenção de resultados mais exatos e com maior grau de detalhamento, tendo em vista a variedade de intercruzamentos entre vetores-linha e vetores-coluna que representam as variáveis econômicas como a produção, consumo, os preços, o emprego e 'n' outros indicadores (CAMILO, 2007).

Este modelo representa uma radiografia da estrutura econômica, pois, permite analisar quais setores são impactados e em que grau a produção de um determinado setor se eleva ou reduz, quando estimulada por uma variação na demanda final (OLIVEIRA, 2012, p. 13).

Camilo (2007) demonstra, em seu estudo, um modelo hipotético para melhor assimilação da análise insumo-produto. O processo consiste em estabelecer a produção para cada setor do sistema, em seguida proceder com o intercruzamento de vetores-linha e de vetores-coluna, que respectivamente, correspondem à destinação dos produtos para cada um

dos setores e a origem dos bens e serviços intermediários utilizados no processo, assim como seus correspondentes valores agregados brutos.

Depois de estimar os valores da demanda intermediária, é definida a matriz de coeficientes técnicos. Essa expressa a proporção de insumos indispensável para cada um dos setores (NUNES, PARRÉ, 2014). Na sequência, "conhecidas as novas projeções de demanda final e determinada a matriz dos coeficientes diretos e indiretos pela matriz inversa da matriz tecnológica menos a matriz identidade, calculam-se os novos valores bruto da produção, desagregados ao nível de cada indústria ou setor" (CAMILO, 2007, p.15).

Por demanda intermediária ou consumo intermediário entende-se o fornecimento e aquisição de cada setor utilizado na produção de bens e serviços. A interdependência entre esses setores é resultado do repasse desses bens para outras unidades onde passam por nova etapa do processo produtivo (CAMILO, 2007).

Esse modelo ainda pode ser usado para determinação do preço de equilíbrio das commodities produzidas pelos setores, além de determinar a produção necessária que atenda à demanda da economia. Siqueira (2011) apresenta um problema de previsão de demanda e preço, que podem ser esquematizados neste trabalho para um melhor entendimento.

Supondo uma economia simples, Siqueira (2011, p. 195) sugere a produção a partir de duas indústrias de commodities, com a finalidade de expressar as fórmulas de preço e produção em função do excedente, abaixo:

A produção de uma unidade de trigo requer 0,1 unidade de trigo (sementes e alimentação animal), 0,2 unidade de ferro (máquinas e ferramentas), uma unidade de mão de obra. A produção de uma unidade de ferro requer 0,3 unidade de ferro e 0,5 de mão de obra. Há também a quantidade de cada commodity demandada por usuários finais da economia (excedente).

O processo de produção é dado pelo seguinte sistema de equações de Leontif:

$$\begin{cases} x = 0,1x + 0,0y + z \\ y = 0,2x + 0,3y + w \\ t = 1,0x + 0,5y \end{cases} \quad (01)$$

Onde:

x e y = quantidades produzidas de trigo e ferro, respectivamente;

z e w = quantidades necessárias, para satisfazer à demanda dos usuários finais da economia e produção das duas indústrias, de trigo e ferro respectivamente, e;

t = quantidade de mão de obra total necessária.

Logo, a matriz de entrada-saída dessa economia é a seguinte:

**Tabela 1:** Matriz de entrada-saída, exemplo.

Entrada	Saída	
	Trigo	Ferro
Trigo	0,1	0,0
Ferro	0,2	0,3
Mão de obra	1,0	0,5

Fonte: Siqueira (2011, p. 196)

Sendo assim, a expressão matricial é a seguinte:

$$\begin{cases} q = Aq + d \\ t = m^T q \end{cases} \quad (02)$$

Sendo:

$q = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$  é o vetor – coluna das quantidades produzidas;

$A = \begin{bmatrix} 0,1 & 0,0 \\ 0,2 & 0,3 \end{bmatrix}$  é a matriz de tecnologia de produção;

$d = \begin{bmatrix} z \\ w \end{bmatrix}$  é o vetor – coluna dos excedentes;

$m = \begin{bmatrix} 1,0 \\ 0,5 \end{bmatrix}$  é o vetor – coluna de tecnologia de mão de obra

Com essas notações podem-se identificar novas quantidades produzidas a partir da seguinte expressão:

$$q = (I - A)^{-1} d \quad (03)$$

Logo, para este problema:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \left( \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,1 & 0,0 \\ 0,2 & 0,3 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} z \\ w \end{bmatrix}$$

Se  $z = 100$  e  $w = 200$ , então:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,9 & 0,0 \\ -0,2 & 0,7 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 100 \\ 200 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,11 & 0,0 \\ 0,32 & 1,43 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 100 \\ 200 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 111,11 \\ 349,21 \end{bmatrix}$$

Já os preços unitários de equilíbrio das commodities devem satisfazer às seguintes equações:

$$\begin{cases} a - 0,1a - 0,2b - 1,0c = l_{\text{trigo}} \\ b - 0,0a - 0,3b - 0,5d = l_{\text{ferro}} \end{cases} \quad (04)$$

Onde:

a e b = preços unitários do trigo e ferro, respectivamente;

c e d = preços unitários da mão de obra relativos ao trigo e ferro, respectivamente, e;

$l_{\text{trigo}}$  e  $l_{\text{ferro}}$  = lucros obtidos com a produção de uma unidade pela indústria de trigo e ferro, respectivamente.

Sendo assim, a expressão matricial é a seguinte:

$$p = (I - A^T)^{-1} m \quad (05)$$

Onde:

$p = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$  é o vetor – coluna dos preços unitários de equilíbrio das commodities

Logo, para este problema:

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \left( \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,1 & 0,0 \\ 0,2 & 0,3 \end{bmatrix}^T \right)^{-1} \begin{bmatrix} 1,0 \\ 0,5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \left( \begin{bmatrix} 0,9 & 0 \\ -0,2 & 0,7 \end{bmatrix}^T \right)^{-1} \begin{bmatrix} 1,0 \\ 0,5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,9 & -0,2 \\ 0 & 0,7 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 1,0 \\ 0,5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,11 & 0,32 \\ 0,0 & 1,43 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1,0 \\ 0,5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,27 \\ 0,71 \end{bmatrix}$$

Um detalhe nas equações que representam o lucro é que deve ser estabelecido sob a suposição de economia em estado de competição perfeita (lucros nulos), isso significa, apesar das críticas sobre esse modelo, que ele ainda ocupa papel central para grande parte da teoria do preço contemporânea, denotando que é a situação onde cada participante sabe exatamente o que os outros estão fazendo e onde os preços são estabelecidos uniformemente no mercado (SIQUEIRA 2011; KIRZNER, 2012).

Outro exemplo é o modelo hipotético exposto no trabalho de Camilo (2007), modelo de Leontief aberto, aplicado a três setores ou departamentos:

**Tabela 2:** Modelo hipotético.

	Demanda Intermediária				DF	VBP
	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Sub Total		
Agricultura irrigada	100	400	250	750	400	1.150
Indústria	150	100	400	650	350	1.000
Serviços	600	200	300	1.100	500	1.600
Sub Total	850	700	950	2.500	1.250	3.750
VAB	300	300	650	1.250		
VBP	1.150	1.000	1.600	3.750		

Fonte: Camilo (2007, p. 12)

Onde:

DF = Demanda final;

VBP = Valor bruto de produção (decomposto em demanda intermediária e demanda final);

VAB = Valor agregado bruto (despesas com aquisição de insumos para realização da produção).

Sendo:

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} \end{bmatrix} \text{ correspondendo a } \begin{bmatrix} 100 & 400 & 250 \\ 150 & 100 & 400 \\ 600 & 200 & 300 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} \text{ correspondendo a } \begin{bmatrix} 1.150 \\ 1.000 \\ 1.600 \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{bmatrix} \text{ correspondendo a } \begin{bmatrix} 400 \\ 350 \\ 500 \end{bmatrix}$$

Nesse exemplo, Camilo (2007) faz uma projeção dessa demanda final expandir 50% para o setor 1 (DF de 400 para 600); 60% para o setor 2 (DF de 350 para 560) e 80% para o setor 3 (DF de 500 para 900). Caso aplicável a este estudo, tendo em vista que o próprio autor cita para os projetos de governo a expansão da demanda final ou do produto interno bruto – PIB.

Logo, a determinação dos coeficientes técnicos de produção (o quanto cada setor ou indústria participa no valor bruto da produção), será:

$$a_{11} = \frac{x_{11}}{X_1} = \frac{100}{1.150} = 0,0870$$

$$a_{21} = \frac{x_{21}}{X_1} = \frac{150}{1.150} = 0,1304$$

$$a_{31} = \frac{x_{31}}{X_1} = \frac{600}{1.150} = 0,5217$$

$$a_{12} = \frac{x_{12}}{X_2} = \frac{400}{1.000} = 0,4000$$

$$a_{22} = \frac{x_{22}}{X_2} = \frac{100}{1.000} = 0,1000$$

$$a_{32} = \frac{x_{32}}{X_2} = \frac{200}{1.000} = 0,2000$$

$$a_{13} = \frac{x_{13}}{X_3} = \frac{250}{1.600} = 0,1563$$

$$a_{23} = \frac{x_{23}}{X_3} = \frac{400}{1.600} = 0,2500$$

$$a_{33} = \frac{x_{33}}{X_3} = \frac{300}{1.600} = 0,1875$$

Depois de calculado os coeficientes, obtém-se a matriz A ou matriz dos coeficientes técnicos, que no sistema de matrizes insumo-produto de Leontief representa o espelho da capacidade produtiva.

Logo,

$$A = \begin{bmatrix} 0,0870 & 0,4000 & 0,1563 \\ 0,1304 & 0,1000 & 0,2500 \\ 0,5217 & 0,2000 & 0,1875 \end{bmatrix}$$

A partir desses coeficientes, também, pode-se identificar a demanda final, por meio da notação matricial simplificada  $[I - A]X = Y$ , porém como no modelo hipotético o autor sugere uma expansão na demanda final, busca-se, então, determinar todas as suas repercussões no aparelho produtor da economia (A) e os resultantes valores brutos de produção. Logo, tem-se:

$$X = [I - A]^{-1}Y \quad (06)$$

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,5147 & 0,7921 & 0,5351 \\ 0,5256 & 1,4680 & 0,5529 \\ 1,1018 & 0,8699 & 1,7108 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 600 \\ 560 \\ 900 \end{bmatrix}$$

Efetuada a operação, são indicados os novos valores brutos de produção:

$$X_1 = (1,5147 \times 600) + (0,7921 \times 560) + (0,5351 \times 900) = 1.834$$

$$X_2 = (0,5256 \times 600) + (1,4680 \times 560) + (0,5529 \times 900) = 1.635$$

$$X_3 = (1,1018 \times 600) + (0,8699 \times 560) + (1,7108 \times 900) = 2.688$$

Com os valores brutos e a matriz de coeficientes técnicos inicialmente calculados é estabelecida a nova estrutura setorial de insumo-produto, da seguinte forma:

$$x_{11} = a_{11}X_1 = 0,0870 \times 1.834 = 160$$

$$x_{21} = a_{21}X_1 = 0,1304 \times 1.834 = 239$$

$$x_{31} = a_{31}X_1 = 0,5217 \times 1.834 = 957$$

$$x_{12} = a_{12}X_2 = 0,4000 \times 1.635 = 654$$

$$x_{22} = a_{22}X_2 = 0,1000 \times 1.635 = 164$$

$$x_{32} = a_{32}X_2 = 0,2000 \times 1.635 = 327$$

$$x_{13} = a_{13}X_3 = 0,1563 \times 2.688 = 420$$

$$x_{23} = a_{23}X_3 = 0,2500 \times 2.688 = 672$$

$$x_{33} = a_{33}X_3 = 0,1875 \times 2.688 = 504$$

Assim sendo, segue a matriz modificada em decorrência das metas estabelecidas de demanda final:

**Tabela 3:** Matriz modificada do modelo hipotético.

	Demanda Intermediária				DF	VBP
	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Sub Total		
Agricultura irrigada	160	654	420	1.234	600	1.834
Indústria	239	164	672	1.075	560	1.635
Serviços	957	327	504	1.788	900	2.688
Sub Total	1.356	1.145	1.596	4.097	2.060	6.157
VAB	478	490	1.092	2.060		
VBP	1.834	1.635	2.688	6.157		

Fonte: Camilo (2007, p.12)

Liu *et al.* (2009) e Schmitz (2014) utilizaram esta metodologia no ano de 1999 em bacias hidrográficas da China e fizeram comparações dos preços-sombra identificados com os preços praticados pelas autoridades locais e concluíram que "os preços cobrados pelas autoridades locais é, em poucos casos, maior que os preços-sombra apurados. Sobre os estudos desenvolvidos no Brasil, compilados por Schmitz (2014) (TABELA 2), com o uso da análise de insumo-produto, a ênfase têm sido em relação aos impactos econômicos sobre os preços da

economia, a previsão de demanda e verificação do consumo de água num ambiente de crescimento econômico.

**Tabela 4:** Compilação de Estudos de Análise Insumo-Produto e Recursos Hídricos no Brasil.

<b>ESTUDOS NACIONAIS (BRASIL) COM A METODOLOGIA INSUMO-PRODUTO E QUE TRATAM DE QUESTÕES REFERENTES À ÁGUA</b>			
<b>Referência</b>	<b>Local de Estudo, Ano da Matriz, Tipo de Modelo</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Principais Resultados</b>
DAMASIO, J.; CARRERA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, J.R., SILVEIRA, A.H.P. Impactos da cobrança pelo uso da água: uma metodologia de avaliação. Bahia Análise & Dados. Salvador, v. 13, n. Especial, p. 497-513, 2003.	Estudo metodológico - Modelo Regional (Bacia)	Propor metodologia para gerar matrizes em bacias hidrográficas e extrair impactos da cobrança pelo uso da água nos setores econômicos.	Não se aplica
DAMÁSIO, J.; SILVEIRA, A. H. P.; CARRERA-FERNANDEZ, J. Efeitos Da Cobrança Do Recurso Água Sobre Agregados Da Economia Brasileira. Relatório final de Pesquisa. FINEP. 403 p. 2005.	Brasil: Bacias dos Rios PCJ e trecho paulista da bacia Paraíba do Sul. 2003. Modelo Regional. (parte-bacia e bacia) – 24 setores	Estimar matrizes para as bacias em estudo e analisar os principais indicadores da análise insumo produto além de obter impactos da cobrança pelo recurso água para os preços na economia, sob 9 critérios diferentes de cobrança.	Os resultados apresentam que o impacto da cobrança sobre os preços da economia variam bastante, a depender da metodologia de cobrança utilizada, dentre a 9 utilizadas nos cálculos. De maneira geral, o impacto nos preços foi de aproximadamente 0,2% até aproximadamente 2,0%.
HEWINGS, G.J.D; DRIDI, C.; GUILHOTO, J.J.M. Impacts of reallocation of resource constraints on the	Brasil: Região Nordeste - 1992 - Modelo Econométrico/Regional (Não-bacia) - 35 setores	Promover uma conexão entre consumo de água, crescimento econômico e desenvolvimento. O estudo acopla um	Os resultados revelam que a realocação da água tem um papel importante somente para o setor agrícola, o maior consumidor

<p>northeast economy of Brazil. 45th Congress of the European Regional Science Association. Amsterdam, Netherlands – 23-27 August, 2005.</p>		<p>modelo econométrico de insumo-produto com um modelo de alocação de água.</p>	<p>de água na região. A realocação tem o objetivo de maximizar o valor adicionado. No período 1999-2012, o impacto nos seis setores agrícolas foi de redução do seu produto e emprego em 15% anualmente. A redução no emprego no resto da economia foi menor, 1% anualmente. Entretanto, se o setor agrícola continuar empregando parcela significativa da força de trabalho, a perda agregada de emprego será cerca de 6% em média, aproximadamente 1 milhão de postos de trabalho anualmente.</p>
<p>MIRANDA, C. da R. Insumo-produto e planejamento ambiental. Revista brasileira de Economia. Rio de Janeiro, v. 36 (3), pp. 277-302, jul./set. 1982.</p>	<p>Brasil: Bacia do Rio Paraíba do Sul - 1970 - Modelo Regional (Bacia) - 15 setores (mesmos coeficientes da matriz nacional)</p>	<p>A análise de insumo-produto é utilizada buscando fornecer subsídios ao planejamento ambiental da bacia do rio Paraíba do Sul, no que diz respeito à localização industrial e à qualidade de suas águas.</p>	<p>Os resultados alcançados demonstram a potencialidade da metodologia em integrar economia e meio-ambiente num mesmo contexto. Além disso, é necessário que tais resultados sejam entendidos não como uma conclusão final, mas sim como uma indicação que deve ser aprofundada por estudos mais específicos. Nesse sentido, argumenta-se que o atual descrédito ao uso de modelos seja muito mais devido à</p>

			estreita visão daqueles que apontam seus resultados como verdades absolutas do que às suas eventuais deficiências técnicas.
MOREIRA-JUNIOR, P.A.N. As políticas ambientais de cobrança pelo uso da água na Bacia do Rio Paraíba do Sul: uma abordagem insumo-produto. Dissertação de mestrado em economia. Universidade Federal da Bahia. 204 p. 2007.	Brasil: Bacia do Rio Paraíba do Sul (trecho paulista) - 2003 - Modelo Regional (Parte-Bacia) - 22 setores	O objetivo geral do trabalho é estimar os potenciais de arrecadações das políticas de cobrança e mensurar os impactos gerados por cada uma dessas políticas ambientais sobre os usuários da bacia hidrográfica no trecho paulista do Rio Paraíba do Sul. O exercício adota a metodologia desenvolvida pelo GERI, baseada na técnica Insumo-Produto, para análise dos impactos econômicos da cobrança pelo uso da água em seus diferentes usos setoriais sob hipótese do “setor Bacia”.	A política Tecnocentrista Otimista tem um potencial arrecadatório menor e, portanto, apresenta os menores impactos sobre o produto da Bacia. As externalidades negativas geradas pela política otimista são associadas a não adoção do aprimoramento da tecnologia e ao monitoramento da emissão de efluentes e à inserção nos modelos de preços de parâmetros ponderados por variáveis ecológicas. O limite imposto pela política Ecocentrista de Ecologia Profunda é utópico, pois não há um procedimento possível de aplicação que minimize os efeitos dos impactos sobre o produto dos “setores Bacia” pela cobrança pelo uso da água.
PEREIRA, R.M. Aspectos Econômicos Dos	Brasil : Bacia do Rio Paraíba do Sul - 2003 -	Simular os impactos econômicos dos acréscimos gerados	Na simulação dos modelos de cobrança pelo uso da água

<p>Modelos De Cobrança Da Água Pelo Lançamento De Efluentes: A Bacia Hidrográfica Do Rio Paraíba Do Sul. Dissertação de mestrado em economia. Universidade Federal da Bahia. 2007</p>	<p>Modelo Regional (Bacia) - 23 setores</p>	<p>pelos diferentes modelos de cobrança pelo uso da água com especial atenção para o lançamento de efluentes nas qualidades de Demanda Bioquímica por Oxigênio - DBO e Demanda Química por Oxigênio - DQO na Bacia do Paraíba do Sul.</p>	<p>pelo lançamento de efluentes foram ensaiados quatro modelos microeconômicos, um modelo Ad Hoc e três modelos por critérios técnicos. Foram ensaiados para lançamento de efluentes, de acordo com o nível de toxidade (DBO e DQO) em todos os modelos microeconômicos e para o Modelo de Preço de Custo Médio. Esses modelos geraram vetores de preço que foram distribuídos para cada um dos 23 setores de atividades econômicas. Os acréscimos gerados no setor de Serviço de Indústria de Utilidade Pública (SIUP), no setor de Industrias Diversas e no setor de Metalurgia e Siderurgia são os maiores em sete Modelos de Cobrança.</p>
<p>SANTANA, T.A.R. Estudo dos Impactos Econômicos Da Cobrança Pelo Uso Da Água Na Bacia Do Rio São Francisco: Uma Abordagem de Insumo-Produto. Dissertação de mestrado em economia.</p>	<p>Brasil: Bacia do Rio São Francisco - 2006 - Regional (Bacia) - 38 setores</p>	<p>Este trabalho objetiva simular o impacto econômico da cobrança pelo uso da água da Bacia do São Francisco sobre cada setor econômico.</p>	<p>Os maiores impactos são sentidos pelos setores agricultura, silvicultura e exploração florestal; Educação, saúde e administração públicas; Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana (SIUP). A partir dos indicadores de</p>

<p>Universidade Federal da Bahia. 2010.</p>			<p>encadeamento é observado que estas três atividades têm muito baixa interação com os setores para trás de suas cadeias produtivas. A agricultura é a maior pagadora da Bacia. Realiza captação de 11 bilhões de m<sup>3</sup>/ano e consumo de aproximadamente o mesmo valor. O volume de seu lançamento que efetivamente demanda bioquimicamente por oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>) é de apenas 194,4 m<sup>3</sup>/ano.</p>
<p>SILVEIRA, S. de F. R. Inter-relações econômicas dos Estados na Bacia do Rio São Francisco : uma análise de insumo-produto. Tese de Doutorado em Ciências - Área de concentração Economia A</p>	<p>Brasil : Bacia do Rio São Francisco - 1995 - Modelo Interregional (Bacia)</p>	<p>Esta pesquisa procurou analisar as relações interindustriais, a capacidade de indução das demandas finais ao crescimento e as relações de comércio das economias dos estados na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Também associou à tradicional matriz de insumos do sistema econômico, uma matriz considerando o recurso água e, a partir desta, estimou os coeficientes de uso da água e calculou os multiplicadores.</p>	<p>O modelo permitiu constatar que as estruturas das economias das regiões Minas Gerais, Bahia e Pernambuco apresentaram diferenças significativamente fracas. As maiores interações ocorrem com a economia de Minas Gerais, no entanto, as mais importantes aparecem entre as três regiões da bacia do São Francisco e o Resto do Brasil. Ao se avaliar os usos da água, segundo as inter-relações setoriais das economias do sistema inter-</p>

			regional (considerando-se Minas Gerais, Bahia e Pernambuco), verificou-se, por meio da estimativa dos multiplicadores, que os volumes consumidos no sistema são muito maiores do que os estimados quando se considera um setor da economia isoladamente.
--	--	--	--

Fonte: (SCHMITZ, 2014, p.158-160)

Fontenele (1998) ressalta que o surgimento desse método dos preços-sombras teve por finalidade corrigir as distorções entre os preços de mercado e os valores econômicos e que consiste em determinar um sistema de preços, que minimizem o custo de produção.

## 2.5 PEGADA HÍDRICA

Como mencionado por Schmitz (2014), o modelo insumo-produto pode estar associado ao conceito de Pegada Hídrica, a utilização dessa abordagem, atrelada, pode resultar na base para um melhor gerenciamento dos recursos hídricos na unidade de planejamento.

Entende-se dessa forma, que a revelação desse consumo e uso, a partir do produto final, local, processo, ou ainda, de um indivíduo, cidade ou país, pode servir de base para elaboração de novas estratégias de gestão e controle do volume de água a ser distribuída (consumo e poluição) (HOEKSTRA *et al.*, 2011). Esses autores dizem que:

é um indicador do uso da água que considera não apenas o seu uso direto por um consumidor ou produtor, mas, também, seu uso indireto. [...] É um indicador multidimensional, que mostra os volumes de consumo de água por fonte e os volumes de poluição pelo tipo de poluição (HOEKSTRA *et al.*, 2011, p. 2).

Esse conceito surge a partir do conceito de água virtual em 1993, que significa a quantidade de água "que se movem por meio do comércio internacional de produtos, principalmente *commodities*" (LEÃO, 2013, p. 160). Logo, a pegada hídrica desponta, em 2002, com o objetivo de diminuir os efeitos da escassez, se apresentando como ferramenta que

proporciona uma melhor gestão hídrica, é um indicador do consumo da água. “Desse modo, a Pegada Hídrica (PH) pode ser considerada como um indicador compreensivo da apropriação do recurso de água doce, confrontando a tradicional e restrita mensuração de retirada de água” (MARACAJÁ *et al.*, 2012, p.118).

Maracajá *et al.* (2012) ainda menciona que é preciso entender que maior parte da água utilizada pelos seres humanos é advinda do consumo indireto (quando compramos uma roupa ou tomamos um café), por meio dos produtos utilizados e não do consumo diário. A agricultura é o setor que mais consome água doce (70%), seguido do setor industrial (22%) e por último o uso doméstico (8%).

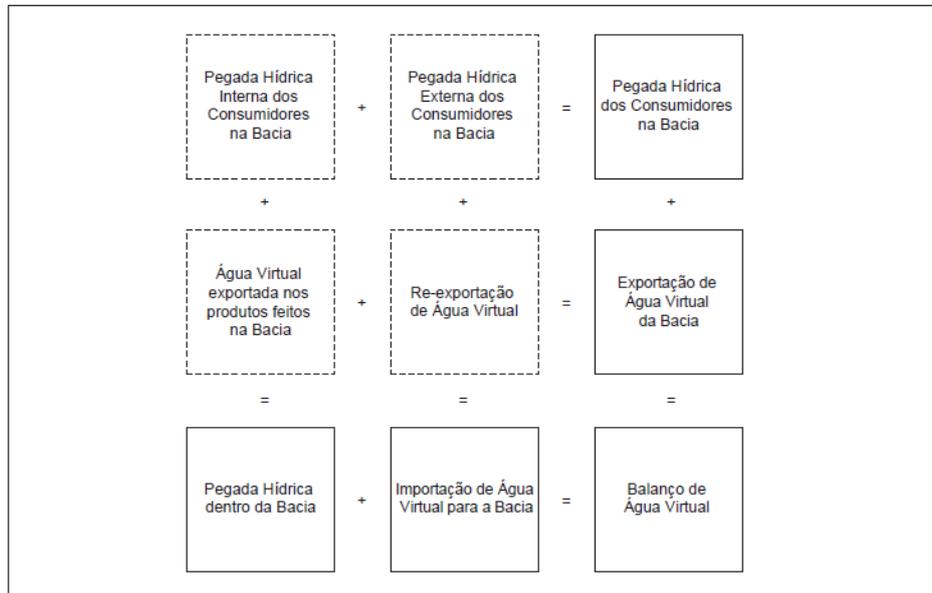
No Brasil a média anual é de 1.381 m<sup>3</sup> per capita, distribuído da seguinte forma: 5% vêm do consumo em atividades cotidianas e 95% corresponde ao consumo de produtos industriais e agrícolas (SALAZAR, 2012). Em estudo desenvolvido na Paraíba, Maracajá *et al.* (2014) identificaram que o PH do Estado varia entre 688,7 a 1685,5 m<sup>3</sup>/ano per capita e média estadual de 796 m<sup>3</sup>/ano per capita.

A Pegada Hídrica pode ser azul (indicador do consumo de água doce superficial e/ou subterrânea), verde (água oriunda de precipitações que não é retirada e nem armazenada pelos mananciais) ou cinza (volume de água doce que é requerida para assimilar a carga de poluentes). Portanto não é suficiente mostrar o quanto de água é utilizado, mas atentar para as diferentes fontes. No setor agrícola, por exemplo, geralmente são identificados os três tipos de água. A azul e a verde no processo de irrigação e a cinza em função da lixiviação de componentes presentes nos fertilizantes e agrotóxicos (MACARAJÁ *et al.*, 2012; SALAZAR, 2012; VEIRA; JÚNIOR, 2015).

Para uma avaliação completa da pegada hídrica é preciso, antes da contabilização, definir os objetivos. Tendo em vista que, o propósito do estudo guiará a escolha do tipo de pegada hídrica a ser calculado: de um produto, de um processo, de um consumidor ou de um grupo de consumidores, de uma área delimitada geograficamente, nacional, de municípios, em bacias hidrográficas, estados ou outras unidades administrativas, e por fim de uma empresa (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

Em conformidade com o escopo desta pesquisa será descrito o cálculo da pegada hídrica em bacias hidrográficas, que é o somatório de todas as estimativas das águas azul, verde e cinza dos principais setores usuários de água na bacia. É semelhante aos cálculos da pegada hídrica nacional total, mas a depender do objetivo almejado pode ser suficiente calcular a pegada hídrica da área (HOEKSTRA *et al.*, 2011). Hoekstra *et al.* (2011), propõem o seguinte esquema para considerações no cálculo dessa pegada hídrica:

**Figura 3:** Esquema de cálculo da pegada hídrica de uma bacia hidrográfica.



Fonte: Hoekstra et al. (2011, p.58)

Apesar de ser um assunto novo e ainda incipiente Leão (2013) faz um apontamento referente à análise crítica sobre livro Pegada Hídrica – Inovação, corresponsabilização e os desafios de sua aplicação organizados por Pedro Roberto Jacobi e Vanessa Empinotti, ressaltando o aspecto positivo no que se refere à construção multidimensional e interdisciplinar desse conceito, observando que essa abordagem vem de encontro às necessidades de solucionar as questões associadas ao acesso equitativo à água.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para alcançar os objetivos propostos nessa pesquisa são apresentados, a seguir, os procedimentos e técnicas, que serviram de meios para construção do conhecimento e descrição da temática em análise. Nesse sentido, Prodanov e Freitas (2013) compreendem metodologia como o estudo dos métodos disponíveis para coleta e processamento de informações que têm por intuito resolver questões de investigação que possam ser verificáveis, ou seja, desenvolver pesquisa.

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

Marconi e Lakatos (2013) discorrem que a classificação da pesquisa irá variar a depender dos critérios a serem considerados em consequência do enfoque dado pelo autor e separam os métodos em dois grupos: métodos de abordagem e de procedimentos. De forma semelhante, Gil (2009) aponta os métodos que proporcionam as bases lógicas da investigação científica e os que esclarecem os procedimentos a serem utilizados.

Nesse caso, esta pesquisa adotou o método dedutivo, que, para Nascimento (2008) e Gil (2009) busca a partir de verdades universais ou princípios indiscutíveis para chegar a conclusões particulares, de maneira puramente formal, sendo utilizado, principalmente, pela lógica e pela matemática.

Como descrito no referencial, às metodologias de cobrança existentes possuem uma estrutura básica, mas que ainda encontram desafios, por exemplo, com a definição dos valores a serem cobrados. Para tanto, essa pesquisa se fundamentou em premissas já estabelecidas, partindo do geral para propor algo particular, no caso, para a sub-bacia do Alto Piranhas localizada no Estado da Paraíba.

Quanto aos meios técnicos, essa pesquisa foi realizada através do método monográfico que “parte do princípio de que o estudo de um caso em profundidade pode ser considerado representativo de muitos outros ou mesmo de todos os casos semelhantes” (GIL, 2009, p. 18).

##### 3.1.1 *Quanto aos fins*

Esta pesquisa é do tipo descritiva e exploratória. Isso se deve ao fato de descrever a sub-bacia do Alto Piranhas - PB, unidade de análise, explicitando as suas características e exploratória pelo fato de demonstrar, através da análise da matriz insumo-produto, os fatores

(demandas intermediárias, os custos e valores brutos de produção) que contribuem para a valoração da água.

Nesse sentido, Prodanov e Freitas (2013, p. 52-53) explicam que a pesquisa descritiva tem por objetivo descrever características de determinado objeto de estudo e "Tal pesquisa observa, registra, analisa e ordena dados, sem manipulá-los, isto é, sem interferência do pesquisador." Exploratória na perspectiva de proporcionar mais informações sobre o assunto, envolvendo levantamento bibliográfico e análise de exemplos que estimulem a compreensão. Severino (2007) ressalta que, além do registro e análise dos fenômenos é possível identificar as suas causas, por meio de métodos matemáticos ou qualitativos.

### *3.1.2 Quanto aos procedimentos*

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos esta pesquisa é documental, esse delineamento é possível, quando parte de um material já elaborado, de segunda mão, como fonte de pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Nesse caso, os autores, Prodanov e Freitas (2013, p. 56), enfatizaram que se entende "por documento qualquer registro que possa ser usado como fonte de informação, por meio de investigação, que engloba: observação [...]; leitura [...]; reflexão [...]; crítica [...]"

É, também, um estudo de caso, por caracterizar em profundidade a sub-bacia do Alto Piranhas - PB. Correlacionado às pesquisas médicas e psicológicas este método foi adaptado as ciências sociais e para Nascimento (2008) permite o estudo detalhado e aprofundado de uma questão ou caso. Para Gil (2009, p. 57) "O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado".

### *3.1.3 Quanto à Forma de Abordagem*

Do ponto de vista, da abordagem do problema, esta pesquisa é quantitativa, pois teve a pretensão de utilizar o cálculo entre matrizes, definido pelo modelo Leontief, com a finalidade de criar uma proposta de valoração da água. "Essa forma de abordagem é empregada em vários tipos de pesquisas, inclusive nas descritivas, principalmente quando buscam a relação causa-efeito entre os fenômenos [...], analisar a interação de certas variáveis [...]" (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 70). Em consonância com esses autores, Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa quantitativa pode ser considerada também qualitativa, à medida que as matrizes

resultarem em preços-sombra, estes poderão ser analisados quanto ao impacto na arrecadação e gerenciamento da sub-bacia analisada.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

A sub-bacia do Alto Piranhas pertence à bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, que possui uma área total de 43.683 km<sup>2</sup> e seu território divide-se entre os Estados da Paraíba 25.948 km<sup>2</sup> (60%) e do Rio Grande do Norte 17.735 km<sup>2</sup> (40%). Essa região tem a quase totalidade de sua área no semiárido nordestino, inserida em um contexto de baixa disponibilidade hídrica, devido às chuvas concentradas em poucos meses do ano, alternância entre anos de pluviosidade acima da média regular (precipitação média anual de 937 mm) e anos consecutivos de seca, elevadas taxas de evaporação, conjugada a geomorfologia da região, caracterizada por solos rasos formados sobre um substrato cristalino, com baixa capacidade de armazenamento, é responsável pelo caráter intermitente dos rios da região. (BRASIL, 2016).

A bacia abrange, completa ou parcialmente, 147 municípios sendo 102 na Paraíba e 45 no Rio Grande do Norte, que de acordo com o mais recente censo demográfico (IBGE, 2010), a população da bacia é de 1.406.808 habitantes. A taxa média de urbanização na bacia fica em torno de 69% e a grande maioria dos municípios (73%) tem menos de 10.000 habitantes (BRASIL, 2016). Em relação aos usos consuntivos da bacia, as demandas estimadas estão expressas na Tabela 5, abaixo:

**Tabela 5:** Principais usos e demandas estimadas na bacia.

Uso	Demandas estimadas (m <sup>3</sup> /s)
	Retirada
Abastecimento humano	3,23
Agricultura irrigada	26,25
Pecuária	0,70
Indústria	0,60
Pesca e Aquicultura	9,74

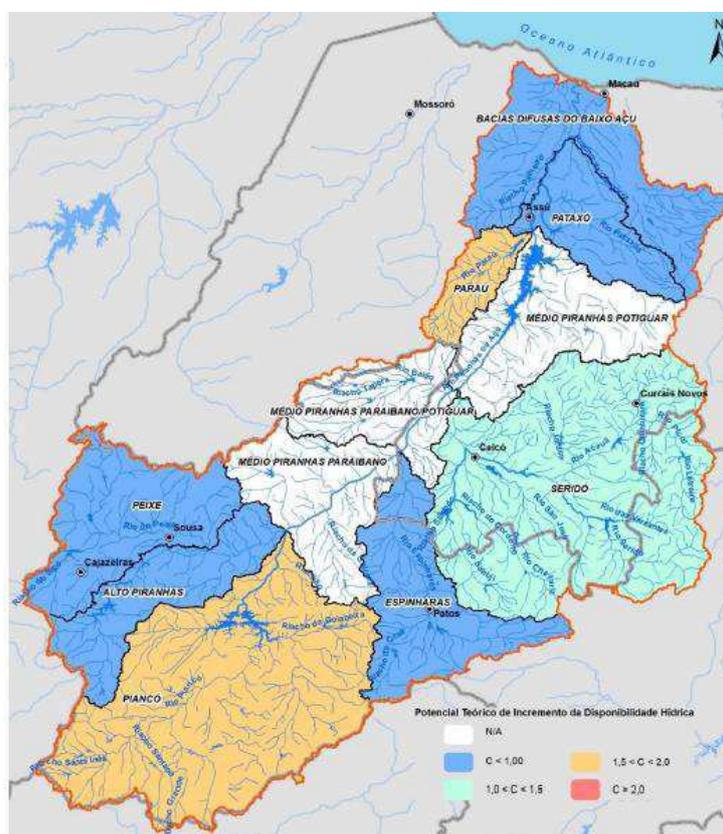
Fonte: BRASIL, 2016

As vazões estimadas acima correspondem à água potencialmente captada dos corpos hídricos, mas a vazão consumida leva em consideração as perdas físicas dos sistemas, logo as taxas de consumo médio das vazões retiradas para abastecimento urbano, abastecimento rural,

agricultura irrigada, pecuária, indústria e aquicultura são, respectivamente, 20%, 50%, 80%, 80%, 20% e 10%.

Localizada (Figura 4) a oeste do Estado, limita-se ao oeste com o Estado do Ceará, ao norte com a bacia do Rio do Peixe, ao nordeste com a Região Hidrográfica do Médio Piranhas e ao sul e leste com a bacia do Rio Piancó (FREITAS, 2012). A sub-bacia do Alto Piranhas é uma das onze UPH - Unidades de Planejamento Hidrológico da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. Possui uma área de 2.562 km<sup>2</sup>, inserida totalmente em território paraibano, o que corresponde a 5,9% da área total da bacia (BRASIL, 2016).

**Figura 4:** Bacia hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu.



Fonte: BRASIL, 2016

O Estado da Paraíba está dividido em onze bacias hidrográficas, dentre elas o Rio Piranhas é de domínio federal e para efeito de estudo no PERH- PB (BRASIL, 2006), esta bacia foi dividida em quatro sub-bacias (Alto Piranhas, Rio Piancó, Rio Espinharas e Rio Seridó) e duas regiões hidrográficas (Alto Piranhas e Médio Piranhas), que podem ser visualizadas na figura 4, acima. Na sub-bacia do Alto Piranhas, 19 municípios são abrangidos e têm 7 sedes municipais dentro dos limites da sub-bacia. Possui 72 espelhos d'água artificiais, mas apenas 3 são considerados no resumo executivo do PRH- Piancó-Piranhas-Açu (BRASIL, 2016), por ter

capacidade individual de acumulação superior a 10 hm<sup>3</sup> (Tabela 4), este armazenamento é utilizado para atendimento dos diversos usos.

**Tabela 6:** Reservatórios estratégicos.

<b>Reservatório</b>	<b>Município</b>	<b>Capacidade máxima (hm<sup>3</sup>)</b>
Eng <sup>o</sup> Ávidos	Cajazeiras	255
São Gonçalo	Sousa	44,6
Bartolomeu I	Bonito de Santa Fé	17,6

Fonte: Brasil, 2016

Segundo Brasil (2016, p. 35-36) a agropecuária é a principal atividade econômica da região, “Durante o século XIX até quase o final do século XX, o binômio algodão e gado fortaleceu a economia da região do Alto e Médio Piranhas”. Com a construção dos açudes Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, intervenções na infraestrutura hídrica, “propiciou o estímulo à criação de um centro de irrigação nos municípios de Sousa/PB e Marizópolis/PB, e o estabelecimento do primeiro polo de fruticultura do Nordeste”. Logo, dentre os usos, a agricultura irrigada, assim como em outras bacias, é a atividade econômica que responde pela maior demanda hídrica total, nesse contexto, a UPH Alto Piranhas destaca-se pela presença dos perímetros irrigados das Várzeas de Sousa e de São Gonçalo (BRASIL, 2016). Nesta UPH, a demanda hídrica total foi estimada a partir dos reservatórios acima citados, resultando em:

**Tabela 7:** Percentual da Demanda hídrica na sub-bacia do Alto Piranhas.

	<b>Abastecimento Humano</b>	<b>Pecuária</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Industrial</b>	<b>Aquicultura</b>
Percentual médio de retirada	12,68%	0,87%	84,48%	1,93%	0,03%
Percentual médio de consumo	3,56%	0,97%	94,91%	0,54%	0,00%

Fonte: BRASIL (2016)

Quanto à cobertura vegetal é predominante a caatinga hiperxerófila arbustiva-herbácea, em pontos de altitude mais elevada, ocorre a caatinga hipoxerófila, de porte arbóreo. As espécies mais comuns são: catingueira, baraúna, faveleira, jurema, marmeleiro, pereiro, juazeiro, e cactáceas (xiquexique, mandacaru, facheiro), embora essa cobertura se encontre bastante antropizada em decorrência da agricultura e exploração de lenha. Quanto a geomorfologia apresenta o embasamento cristalino, que corresponde principalmente à Depressão Sertaneja, nessa região predominam os solos: o luvisolo crômico e o neossolo litólico, além de argissolo vermelho-amarelo, rasos e pedregosos não se adequando à prática da agricultura intensiva (BRASIL, 2016).

A área de estudo apresenta clima do tipo semiárido quente mediano, com má distribuição anual da precipitação. A região está inserida, em sua maior parte, na unidade geomorfológica da Depressão Sertaneja e possui os solos rasos, pedregosos, suscetíveis à erosão (FREITAS, 2012).

As cidades abastecidas pela sub-bacia, consideradas nesta pesquisa, foram: Cajazeiras, São José de Piranhas, Marizópolis, Sousa, Nazarezinho, Bonito de Santa Fé, Carrapateira e São José da Lagoa Tapada. Já, para o cálculo da água cinza, foram consideradas as cidades que lançam efluentes na sub-bacia, que são: São Domingos de Pombal, Bonito de Santa Fé, Monte Horebe, São José de Piranhas, Nazarezinho, Carrapateira, São José da Lagoa Tapada, Aparecida e Marizópolis, visualizadas a partir do Geo Portal – AESA (2016).

Além disso, na sub-bacia do Alto Piranhas, embora não haja restrições para a disponibilidade de recursos hídricos, existe localmente um déficit em função da qualidade da água, exigindo tratamento específicos para certas atividades industriais e cuidados locais especiais no que se refere a irrigação por meio de alguns açudes e poços (BRASIL, 2006).

### 3.3 COLETA DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foi feita inicialmente uma revisão de literatura em busca dos trabalhos publicados (artigos, dissertações, teses) sobre precificação, com base na análise insumo-produto, levando em consideração a representação da dinâmica para a região a ser estudada.

Com o intuito de averiguar se a proposição era viável, foram considerados setores, a partir dos usos identificados, no Plano de Recursos Hídricos Piancó-Piranhas-Açu (BRASIL, 2016) para a UPH escolhida, atrelados ao conceito de pegada hídrica. Para tanto, foram definidos os setores de demanda por água: abastecimento humano, agricultura irrigada, dessedentação animal, e lançamento de efluentes.

A pegada hídrica total da sub-bacia do Alto Piranhas foi calculada para o ano de 2015, por conta da disponibilização dos dados dos órgãos gestores, pela soma das pegadas hídricas (azul, verde e cinza) de cada setor, conforme a equação:

$$PH_{total} = PH_a + PH_i + PH_p + PH_e \quad (07)$$

Onde:

$PH_{total}$  = Pegada Hídrica Total da Sub-bacia do Alto Piranhas.

$PH_a$  = Pegada Hídrica do Abastecimento Urbano e Rural.

$PH_i$  = Pegada Hídrica da agricultura irrigada.

$PH_p$  = Pegada Hídrica da pecuária.

$PH_e$  = Pegada Hídrica dos esgotos produzidos por cada município que lançam efluentes na sub-bacia.

É oportuno ressaltar, que para este cálculo foi utilizado apenas a pegada hídrica direta, que se refere ao consumo e à poluição relacionados ao uso da água na área escolhida. Tendo em vista que foram necessárias adaptações do padrão global estabelecido por Hoekstra *et al.* (2011), já que não foram encontrados dados suficientes disponíveis para determinar o balanço de água virtual dessa área.

Os tipos de usos, entendidos a partir do modelo de Leontief, como demandas intermediárias foram utilizados, também, para construção da matriz insumo-produto, sendo os setores a serem considerados para empregar e combinar os insumos procedentes dos setores. Para o processo de construção da matriz insumo-produto da sub-bacia é necessário destacar que diante da dificuldade de localizar dados e informações primárias associadas ao uso da água pelos diferentes setores, assim como os contratemplos (técnicos e financeiros) para obtenção dos mesmos representaram um entrave na construção do vetor consumo da água e um fator limitante para a proposta desta pesquisa.

Sendo assim, o modelo proposto neste trabalho amplia o modelo tradicional de Leontief, conforme o quadro abaixo:

**Tabela 8:** Proposta de matriz Modelo insumo-produto na sub-bacia do Alto Piranhas. UFCG, 2016

	Demandas intermediárias				DF	VBP
	Abastecimento humano	Agricultura Irrigada	Pecuária	Lançamento de efluentes		
Abastecimento humano	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$Y_1$	$X_1$
Agricultura Irrigada	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$Y_2$	$X_2$
Pecuária	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$x_{34}$	$Y_3$	$X_3$
Lançamento de efluentes	$x_{41}$	$x_{42}$	$x_{43}$	$x_{44}$	$Y_4$	$X_4$
VAB	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$		
VBP	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$		

Onde:

DF = Demanda final;

VBP = Valor bruto de produção (decomposto em demanda intermediária e demanda final) ou Ainda, o mesmo consiste no somatório do valor agregado bruto com as despesas com aquisição de insumos para a realização da produção no sistema econômico de modo geral;

$$X_1 = x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + Y_1$$

$$X_2 = x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + Y_2$$

$$X_3 = x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + Y_3$$

$$X_4 = x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} + Y_4$$

VAB = Valor agregado bruto (despesas do sistema).

$x_{11}$  = demanda intermediária do abastecimento humano.

$x_{12}$  = contribuição da demanda intermediária do abastecimento humano para a agricultura irrigada.

$x_{13}$  = contribuição da demanda intermediária do abastecimento humano para a pecuária.

$x_{14}$  = contribuição da demanda intermediária do abastecimento humano para o lançamento de efluentes.

$x_{21}$  = contribuição da demanda intermediária da agricultura irrigada para abastecimento humano.

$x_{22}$  = demanda intermediária da agricultura irrigada.

$x_{23}$  = contribuição da demanda intermediária da agricultura irrigada para a pecuária.

$x_{24}$  = contribuição da demanda intermediária da agricultura irrigada para o lançamento de efluentes.

$x_{31}$  = contribuição da demanda intermediária da pecuária para abastecimento humano.

$x_{32}$  = contribuição da demanda intermediária da pecuária para a agricultura irrigada.

$x_{33}$  = demanda intermediária da pecuária.

$x_{34}$  = contribuição da demanda intermediária da pecuária para o lançamento de efluentes.

$x_{41}$  = contribuição da demanda intermediária da indústria para o abastecimento humano.

$x_{42}$  = contribuição da demanda intermediária da indústria para a agricultura irrigada.

$x_{43}$  = contribuição da demanda intermediária da indústria para a pecuária.

$x_{44}$  = demanda intermediária no lançamento de efluentes.

As despesas foram determinadas pelo PRH-Piancó Piranhas Açu (BRASIL, 2016). Somente a partir disto foi possível identificar os coeficientes técnicos de produção. Logo, para determinar a matriz A ou matriz dos coeficientes técnicos, que no sistema de matrizes insumo-produto de Leontief representa o espelho da capacidade produtiva, divide-se o valor da demanda

intermediária de cada setor pelo VBP, que significa o quanto cada setor participa no valor bruto da produção.

$$A = \begin{bmatrix} \frac{X_{11}}{X_1} & \frac{X_{12}}{X_2} & \frac{X_{13}}{X_3} & \frac{X_{14}}{X_4} \\ \frac{X_{21}}{X_1} & \frac{X_{22}}{X_2} & \frac{X_{23}}{X_3} & \frac{X_{24}}{X_4} \\ \frac{X_{31}}{X_1} & \frac{X_{32}}{X_2} & \frac{X_{33}}{X_3} & \frac{X_{34}}{X_4} \\ \frac{X_{41}}{X_1} & \frac{X_{42}}{X_2} & \frac{X_{43}}{X_3} & \frac{X_{44}}{X_4} \end{bmatrix}$$

Para estabelecer os preços unitários de equilíbrio das commodities deve-se calcular a partir da expressão matricial:

$$p = (I - A^T)^{-1} VAB \quad (08)$$

Onde:

$$p = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \text{ é o vetor - coluna dos preços unitários de equilíbrio das commodities}$$

$(I - A^T)^{-1}$  = inversa da diferença da matriz identidade pela transposta de A

Além disso, foram estabelecidos dois cenários, verificando como o modelo se comporta à medida que os dados são inseridos na matriz dos valores absolutos e modificando os valores das submatrizes. Cenário I com os valores da demanda intermediária correspondendo exatamente a demanda final no próprio setor, o valor agregado bruto sendo o valor total dos investimentos na sub-bacia e a demanda final correspondendo ao valor complementar para o valor bruto de produção. Já o Cenário II com desmembramento dessa demanda, atribuindo de forma hipotética os percentuais para preenchimento da maior parte dos dados do vetor-linha e vetor-coluna, assim como a determinação do valor agregado a partir do valor bruto de produção, sendo a diferença entre o valor bruto de produção e os consumos intermediários. A demanda final neste último cenário é proveniente das demandas identificadas para o setor de abastecimento humano, equiparando-o ao consumo das famílias.

Para proposta do cenário hipotético, segundo cenário, buscou-se na literatura algum dado que pudesse fundamentar os percentuais para cada setor. Observou-se que o trabalho de Gleick (1996) tem por finalidade definir e quantificar as necessidades básicas de água, em termos de qualidade e quantidade e foi citado por mais 920 trabalhos que têm como foco a água. Os dados refletem uma média de várias regiões do mundo, incluindo América Latina. Foram usados também dois trabalhos de Demetrios Christofidis, especialista Sênior em Infraestruturas

Hídricas - Gestão de Recursos Hídricos do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, atuando no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, como Coordenador-Geral de Irrigação e Estratégias Contra a Seca, que tinham finalidades semelhantes ao trabalho de Gleick (1996). Além disso, foram usadas informações do Plano de Recursos Hídricos Piancó-Piranhas-Açu (BRASIL, 2016), no que se refere ao percentual consumido por cada setor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista o objetivo geral de utilizar o modelo de Leontief para criar uma proposta de valoração da água na sub-bacia do Alto Piranhas, no Sertão Paraibano, na perspectiva de identificar os dados necessários para aplicação desse modelo; definir a matriz insumo-produto a partir desses dados; precificar os diferentes setores, através do modelo Leontief. Neste tópico serão apresentados, de forma analítica, os resultados e as discussões dos dados obtidos no decorrer da presente pesquisa.

Inicialmente, fez-se o cálculo da pegada hídrica para os setores definidos, conforme especificado na metodologia e em seguida procedeu-se com a construção das matrizes, a partir das demandas intermediárias, demanda final e despesas do sistema, para determinação dos preços nos diferentes setores conforme modelo de Leontief. Vale ressaltar que este trabalho tem por finalidade aplicar o modelo fechado (de *input-output*) de Leontief, mas a partir da determinação da matriz de coeficientes também é possível calcular o valor bruto de produção e os impactos sobre o consumo de água nos setores decorrente de uma variação da demanda final.

### 4.1 ESTIMATIVA DA PEGADA HÍDRICA

#### 4.1.1 No Abastecimento Urbano e Rural

No setor de abastecimento foi encontrada a utilização de água azul e verde, para tanto, foi necessário coletar dados diferenciados para o cálculo de cada tipo de água. A Pegada Hídrica Azul do abastecimento foi calculada com base em dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), como também pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA, 2016) e dados do Sistema Nacional de Informações sobre saneamento (SNIS, 2014). Foram considerados população total, a cota per capita (litro/habitante.dia), as perdas da rede de abastecimento e o plano de racionamento das cidades (102 dias sem água no ano de 2015). Logo, a pegada hídrica azul, deste setor, é o somatório do consumo de água superficial resultante do cálculo das cidades, totalizando 8.511.185,16 m<sup>3</sup>/ano, conforme tabela a seguir:

**Tabela 9:** Pegada hídrica azul de cada município no ano de 2015 em m<sup>3</sup>/ano. UFCG, 2016.

<b>Sousa</b>	3.149.500,95
<b>São José de Piranhas</b>	913.246,36
<b>Nazarezinho</b>	334.893,61
<b>Marizópolis</b>	298.466,26
<b>Cajazeiras</b>	2.811.266,64
<b>Bonito de Santa Fé</b>	534.694,85
<b>São José da Lagoa Tapada</b>	350.086,92
<b>Carrapateira</b>	119.029,55

Ainda sobre o abastecimento humano, para o cálculo da água verde foi considerado o número de cisternas que captam água das chuvas. Para tanto, além do número de cisternas por cidade foi preciso coletar a capacidade média de armazenamento de água.

**Tabela 10:** Pegada hídrica verde de cada município no ano de 2015 em m<sup>3</sup>/ano. UFCG, 2016.

<b>Sousa</b>	12.928,00
<b>São José de Piranhas</b>	11.344,00
<b>Nazarezinho</b>	6.784,00
<b>Marizópolis</b>	0
<b>Cajazeiras</b>	5.328,00
<b>Bonito de Santa Fé</b>	5.856,00
<b>São José da Lagoa Tapada</b>	7.840,00
<b>Carrapateira</b>	368,00

Fonte: observatório da seca, SECEX/MDS

A pegada hídrica total verde é o somatório dos resultados das cidades descrito na tabela 10, totalizando 50.448 m<sup>3</sup>/ano.

#### 4.1.2 Na agricultura irrigada

Assim como no abastecimento o setor agrícola apresenta duas fontes distintas, o volume de consumo de água pode ser pela irrigação (PHazul) ou absorção pelas raízes das plantas (PHverde). Nesse setor não foi identificado o volume de água necessário para assimilar a carga de poluentes, nem mesmo se observou dados referentes à utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas. Foram considerados no cálculo a demanda hídrica das culturas permanentes e temporais cultivadas na região, o qual relaciona os dados de evaporação média mensal

(SUDENE, 1990; ANA, 2016; AESA 2016), o coeficiente de cultivo das culturas (GOMES, 1999; EMBRAPA; TROPICAL, 2016) e a precipitação efetiva mensal (SUDENE, 1990; ANA, 2016; AESA 2016).

É preciso ressaltar que a evapotranspiração de água verde (ETverde), em outras palavras, a evapotranspiração de água da chuva, pode ser definida, de acordo com Hoekstra *et al.* (2011), como o valor mínimo entre a evapotranspiração total da cultura (ETc) e a precipitação efetiva (Pefet), e será igual a zero quando esta exceder a evapotranspiração da cultura, conforme a equação 04.

$$ET_{verde} = \min(ET_c, P_{efet}) \quad (09)$$

Já a evapotranspiração de água azul, ou a evapotranspiração da água irrigada no campo, é igual à evapotranspiração total da cultura menos a precipitação efetiva, e será igual a zero quando esta exceder a evapotranspiração da cultura, de acordo com a equação 05:

$$ET_{azul} = \min(0, ET_c, P_{efet}) \quad (10)$$

Como a pegada verde é o volume da água da chuva que fica armazenada no solo, a tabela 7 a seguir mostra os resultados a pegada verde da agricultura irrigada para as diferentes culturas consideradas no plano agrícola, totalizando 31.924.944,60 m<sup>3</sup>/ano, se estivesse funcionando na sua plenitude, mas para o ano de 2015 houve quebra da safra de 95%.

**Tabela 11:** Pegada hídrica verde da irrigação no ano de 2015 em m<sup>3</sup>/ano. UFCG, 2016.

<b>Culturas</b>	<b>Total (m/ano)</b>	<b>Área Plantada (ha)</b>	<b>Área Plantada (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Pegada Hídrica Verde (m<sup>3</sup>/ano)</b>
Manga	0,45	19	190.000	85.009,80
Coco	0,43	1.171	11.710.000	5.076.753,40
Goiaba	0,41	22	220.000	91.058,00
Caju	0,37	35	350.000	129.647,00
Banana	0,48	237	2.370.000	1.143.335,40
Arroz (s-es)	0,40	139	1.390.000	557.668,00
Batata (s-es)	0,34	62	620.000	210.638,80
Mandioca	0,30	25	250.000	73.872,00
Milho	0,41	3.468	34.680.000	14.345.728,80
Cana-de-açúcar	0,38	105	1.050.000	402.675,00

Algodão	0,34	12	120.000	40.768,80
Feijão	0,30	3.298	32.980.000	9.730.419,20
Tomate	0,31	12	120.000	37.370,40

Em relação à Pegada Hídrica Azul Total na agricultura irrigada, que é o volume de água que deve ser aplicada, ou seja, é o volume de água a complementar a ser aplicada está calculado na tabela 8, totalizando 76.528.860,60 m<sup>3</sup>/ano, se estivesse funcionando na sua plenitude, mas para o ano de 2015 houve quebra da safra de 95%.

**Tabela 12:** Pegada hídrica azul da irrigação no ano de 2015 em m<sup>3</sup>/ano. UFCG, 2016.

<b>Culturas</b>	<b>Total (m/ano)</b>	<b>Área Plantada (ha)</b>	<b>Área Plantada (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Pegada Hídrica Azul (m<sup>3</sup>/ano)</b>
Manga	1,26	19	190.000	239.814,20
Coco	1,17	1.171	11.710.000	13.691.449,10
Goiaba	1,08	22	220.000	238.040,00
Caju	0,91	35	350.000	319.123,00
Banana	1,65	237	2.370.000	3.921.354,60
Arroz (s- es)	0,83	139	1.390.000	1.159.266,95
Batata (s- es)	0,83	62	620.000	512.554,00
Mandioca	0,45	25	250.000	111.407,50
Milho	0,91	3.468	34.680.000	31.693.705,20
Cana-de- açúcar	0,93	105	1.050.000	972.347,25
Algodão	0,90	12	120.000	107.857,20
Feijão	0,71	3.298	32.980.000	23.467.908,40
Tomate	0,78	12	120.000	94.033,20

#### 4.1.3 Na pecuária

Quanto à pegada hídrica da pecuária, foram considerados os número de cabeças por município abastecido pela sub-bacia (IBGE, 2010), o peso médio de cada tipo de animal e o consumo de água por dia (EMATER, 2016; EMBRAPA, 2016). Com essas informações,

calculou-se a Pegada Hídrica azul, somaram-se todos os valores totais de cada cidade, que resultou em um total de 865.082 m<sup>3</sup>/ano.

**Tabela 13:** Pegada hídrica azul da pecuária no ano de 2015 em m<sup>3</sup>/ano. UFCG, 2016.

Sousa	242.358
São José de Piranhas	178.590
Nazarezinho	67.846
Marizópolis	16.802
Cajazeiras	180.574
Bonito de Santa Fé	75.478
São José da Lagoa Tapada	80.608
Carrapateira	22.825
Pegada Hídrica Azul Total da Pecuária	865.082

Já para o cálculo da água verde, foi necessário coletar informações a respeito da ingestão diária de silagem pelo rebanho através de dados fornecidos pela EMBRAPA e pela EMATER (2016), o volume de água em m<sup>3</sup>/ano utilizada na produção da silagem para o consumo dos animais, foi considerado a produtividade do milho e do capim sorgo (ton/ha), como também o consumo total por animal das categorias (ton/ano) e a área a ser plantada (ha) de acordo com a Tabela 14.

**Tabela 14:** Tipos de silagem consumida

Silagem	Produtividade (ton/ha)	Consumo total (ton/ano)	Área a ser plantada	Volume de água (m <sup>3</sup> /ano)
Milho	35	49.183	1.405	7.483.744
Capim	70	613.122	8.759	38.059.080

Fonte: aspersão e gotejamento (GOMES, 1999)

Também foi considerada a evaporação mensal média do milho e do capim, como também o seu coeficiente de cultivo e a evaporação real de cada cultura através de dados disponibilizados pela SUDENE (1990), ANA (2016) e AESA (2016), totalizando 45.542.824 m<sup>3</sup>/ano. Por falta de um dado preciso sobre as perdas nesse setor não foi considerado perdas de cabeças, mas entende-se que este valor é elevado se comparado a realidade dos demais setores apresentados nesta pesquisa.

#### 4.1.4 No lançamento de efluentes

Em relação à água utilizada para diluição de efluentes foram considerados apenas os municípios que lançam resíduos na sub-bacia estudada. Verificando inclusive o volume de esgoto não tratado que é lançado nos rios, utilizando o valor de consumo per capita de água do município e o percentual da população que não é atendida pela rede de esgotamento sanitário. A pegada hídrica cinza total (PHcinza) do saneamento foi dada pela carga de poluente não tratada (Lntrat) dividida pela diferença entre a concentração máxima permitida (Cmax) e a concentração média natural do poluente (Cnat) selecionado (HOEKSTRA *et al.*, 2011), segundo a equação:

$$PH_{cinza} \left( \frac{m^3}{ano} \right) = \frac{Ln_{trat}}{(C_{max} - C_{nat})} \quad (11)$$

Foram considerados a população do ano de 2015, cota per capita (litro/habitante.dia), perdas da rede de abastecimento, plano de racionamento (dias com água e dias sem água), a vazão média de esgoto (m<sup>3</sup>/ano), concentração média padrão dos esgotos (Kg/m<sup>3</sup>), carga poluente do esgoto não tratado (kg/ano), Concentração média natural (kg/m<sup>3</sup>) e a concentração máxima permitida (kg/m<sup>3</sup>). Totalizando em 194.536.061,36m<sup>3</sup>/ano.

Após a contabilização das pegadas hídricas de cada setor considerado na pesquisa: abastecimento, saneamento, agricultura e pecuária, pode-se obter o valor da pegada hídrica total da sub-bacia do Alto Piranhas de 254.938.290,78 (m<sup>3</sup>/ano).

**Tabela 15:** Pegada hídrica total no ano de 2015 em m<sup>3</sup>/ano. UFCG, 2016.

<b>Setores da água Considerados</b>	<b>Azul (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>Verde (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>Cinza (m<sup>3</sup>/ano)</b>
Abastecimento Humano	8.511.185,16	50.448,00	-
Pecuária	865.082,00	45.542.824,00	-
Agricultura Irrigada	3.836.443,03	1.596.247,23	-
Saneamento	-	-	194.536.061,36
Pegada Hídrica Total	13.212.710,19	47.189.519,23	194.536.061,36
Pegada Hídrica da Sub-bacia do Alto Piranhas	<b>254.938.290,78 (m<sup>3</sup>/ano)</b>		

Para construção da matriz dos valores absolutos desse total de 254.938.290,78 (m<sup>3</sup>/ano), foram apropriados, para abastecimento humano 8.561.633,16 (m<sup>3</sup>/ano), 50.965.514,68 (m<sup>3</sup>/ano) para agricultura irrigada, tendo em vista que o PH verde consumido na pecuária é proveniente da agricultura, 865.082,47 (m<sup>3</sup>/ano) na pecuária e 194.536.061,36 (m<sup>3</sup>/ano) de efluentes. Os critérios foram estabelecidos conforme a necessidade de preenchimento da matriz, entendendo que, o vetor-linha consiste nas contribuições de água, entre os setores, para produção de bens intermediários e os vetores-coluna são registradas as aquisições deste bem para o consumo em um determinado setor.

## 4.2 ESTIMATIVA DOS PREÇOS

Com os valores estimados do consumo de água em cada setor, por meio da pegada hídrica, foi possível construir a matriz insumo-produto, determinar os coeficientes de produção e calcular os preços por setor. Para isso, foram determinados dois cenários. Cenário I com os valores da demanda intermediária correspondendo exatamente à demanda final no próprio setor, o valor agregado bruto, sendo o valor total dos investimentos na sub-bacia e a demanda final correspondendo ao valor complementar para o valor bruto de produção e Cenário II com desmembramento dessa demanda, atribuindo de forma hipotética os percentuais para preenchimento da maior parte dos dados do vetor-linha e vetor-coluna, assim como a determinação do valor agregado a partir do valor bruto de produção, sendo a diferença entre o valor bruto de produção e os consumos intermediários. A demanda final neste último cenário é proveniente das demandas identificadas para o setor de abastecimento humano, equiparando-o ao consumo das famílias.

### 4.2.1 *Cenário I*

#### 4.2.1.1 Construção dos vetores de consumo de água

O cálculo da pegada hídrica permitiu a alocação por setor do consumo direto desse bem, porém por ausência de dados que informem com precisão quanto cada setor contribuí no outro, foi alocado, neste primeiro cenário 100% da demanda intermediária correspondendo exatamente a demanda final no próprio setor. Para o Valor Adicionado ou Valor Adicionado Bruto (VAB) foi considerado o PRH Piancó-Piranhas-Açu (BRASIL, 2016), entendendo que a distribuição dos recursos financeiros previstos para bacia, são os custos associados à manutenção da oferta hídrica (ANEXO 01). Essa interpretação foi pertinente a partir de

Figueiredo; Santos; Lima (2012) que consideram o valor adicionado como os valores adicionados pagos pelo setor. Respeitando o princípio da isonomia realizou-se o rateio desses investimentos na bacia por área, sendo assim, esse rateio foi calculado a partir do percentual da área da sub-bacia do Alto Piranhas, que com 2.562 km<sup>2</sup> corresponde a 5,90% da área total da bacia. Em seguida, como proposto por Macêdo (2006), esses programas foram divididos por tipo de uso, para facilitar a alocação para cada setor escolhido.

**Tabela 16:** Distribuição dos recursos financeiros previstos.

<b>Programas, Subprogramas e Ações</b>	<b>Total bacia</b>	<b>Total sub-bacia</b>
COMPONENTE 1 – GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	60.226.060,00	3.553.337,54
COMPONENTE 2 – ESTUDOS DE APOIO À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	25.210.000,00	1.487.390,00
COMPONENTE 3 – ESTUDOS E PROJETOS DE MEDIDAS ESTRUTURANTES	64.680.000,00	3.816.120,00

Fonte: Brasil (2016)

Dos R\$ 150.116.060,00 estimados para realizar as propostas dessas ações na bacia Piancó-Piranhas-Açu, após o rateio para área da sub-bacia estudada resultou em R\$ 8.856.847,54, desmembrada pelos tipos de uso, por exemplo, para Elaboração dos projetos de coleta e tratamento de esgotos urbanos para 49 municípios com índice de cobertura e tratamento de esgotos inferior a 50%, que impactam os 51 reservatórios estratégicos e ainda não previstos no PAC, corresponderá apenas ao lançamento de efluentes, logo 100% foi atribuído para este tipo de uso, mas Manutenção de estrutura necessária para o funcionamento do CBH (infraestrutura e recursos humanos) não tem como ser aplicado à apenas um setor, sendo assim foi dividido igualmente para abastecimento humano, agricultura irrigada, pecuária e efluentes, conforme exposto na tabela 17.

**Tabela 17:** Distribuição dos recursos financeiros previstos por setor. UFCG, 2016.

<b>Abastecimento humano</b>	<b>Agricultura Irrigada</b>	<b>Pecuária</b>	<b>Efluentes</b>
2.228.666,89	2.441.066,89	1.972.606,89	2.214.506,89

O valor bruto de produção consistiu no somatório do valor agregado bruto com as despesas com aquisição de insumos para a realização da produção. Assim foi possível construir a matriz dos valores absolutos para este cenário.

**Tabela 18:** Matriz dos valores absolutos para cenário I. UFCG, 2016.

	<b>ABASTECIMENTO</b>	<b>AGRICULTURA IRRIGADA</b>	<b>PECUÁRIA</b>	<b>EFLUENTES</b>	<b>VBP</b>
<b>ABASTECIMENTO</b>	8.561.633,16	0	0	0	10.790.300,04
<b>AGRICULTURA IRRIGADA</b>	0	5.422.690,26	45.542.824,42	0	7.863.757,15
<b>PECUÁRIA</b>	0	0	865.082,47	0	48.380.513,78
<b>EFLUENTES</b>	0	0	0	194.536.061,36	196.750.568,25
<b>VAB</b>	2.228.666,89	2.441.066,89	1.972.606,89	2.214.506,89	
<b>VBP</b>	10.790.300,04	7.863.757,15	48.380.513,78	196.750.568,25	

A matriz insumo-produto é constituída em suas linhas, pelas vendas entre os setores intermediários e pelas vendas exógenas (consumo das famílias, investimentos privados, gastos do governo e exportações) e em suas colunas são registradas as origens ou compras de insumos intermediários produzidos, além disso, pelo valor adicionado (somatório da remuneração do trabalho e do capital no setor e valor dos impostos). O somatório das suas linhas é igual ao somatório de suas colunas e determinam o custo bruto total ou produto bruto total (FIGUEIREDO; SANTOS; LIMA, 2012). Essas premissas podem ser traduzidas para a proposta desse estudo como entendendo que, o vetor-linha consiste nas contribuições de água, entre os setores, para produção de bens intermediários e os vetores-coluna são registradas as aquisições deste bem para o consumo em um determinado setor.

Com os dados encontrados foi possível definir o valor consumido pelos setores intermediários e o valor adicionado, que resultou no valor bruto de produção ou produto bruto total. Como a intenção não é estabelecer o nível de produto compatível com dado nível de demanda final e a produção pode ser definida pelo consumo intermediário mais o valor adicionado, a submatriz de demanda final não foi incorporada neste estudo, mas consiste na diferença entre o valor bruto de produção e as demandas intermediárias, considerando que é

uma matriz insumo-produto balanceada. Para acrescentar esses dados, demandaria mais tempo de pesquisa.

#### 4.2.1.2 Determinação dos coeficientes

Para determinar a matriz A ou matriz dos coeficientes técnicos, que no sistema de matrizes insumo-produto de Leontief representa o espelho da capacidade produtiva, dividiu-se o valor da demanda intermediária, da matriz dos valores absolutos, pelo VBP. Esse resultado significa o quanto cada setor participa no valor bruto da produção. Conforme pode ser observado abaixo:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{X_{11}}{X_1} & \frac{X_{12}}{X_2} & \frac{X_{13}}{X_3} & \frac{X_{14}}{X_4} \\ \frac{X_{21}}{X_1} & \frac{X_{22}}{X_2} & \frac{X_{23}}{X_3} & \frac{X_{24}}{X_4} \\ \frac{X_{31}}{X_1} & \frac{X_{32}}{X_2} & \frac{X_{33}}{X_3} & \frac{X_{34}}{X_4} \\ \frac{X_{41}}{X_1} & \frac{X_{42}}{X_2} & \frac{X_{43}}{X_3} & \frac{X_{44}}{X_4} \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} \frac{8.561.633,16}{10.790.300,04} & \frac{0}{7.863.757,15} & \frac{0}{48.380.513,78} & \frac{0}{196.750.568,25} \\ \frac{0}{10.790.300,04} & \frac{5.422.690,26}{7.863.757,15} & \frac{45.542.824,42}{48.380.513,78} & \frac{0}{196.750.568,25} \\ \frac{0}{10.790.300,04} & \frac{0}{7.863.757,15} & \frac{865.082,47}{48.380.513,78} & \frac{0}{196.750.568,25} \\ \frac{0}{10.790.300,04} & \frac{0}{7.863.757,15} & \frac{0}{48.380.513,78} & \frac{194.536.061,36}{196.750.568,25} \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0,793 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,690 & 5,791 & 0 \\ 0 & 0 & 0,018 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,989 \end{bmatrix}$$

Os coeficientes técnicos é a representação numérica da interdependência intersetorial, que determina as necessidades diretas do produto do setor  $x_{ij}$  adquirido para produzir uma unidade do setor  $X_j$  (SILVA, 2010).

Dessa forma, observou-se que o setor de abastecimento contribuí com 79,3% do valor bruto de produção do setor de abastecimento e o mesmo percentual se devem a pagamentos por insumos obtidos do próprio setor.

#### 4.2.1.3 Cálculo dos preços por setor

Para o cálculo do preço foi utilizada a expressão matricial:

$$p = (I - A^T)^{-1} VAB \quad (12)$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \left( \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,793 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,690 & 5,791 & 0 \\ 0 & 0 & 0,018 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,989 \end{bmatrix}^T \right)^{-1} \begin{bmatrix} 2.228.666,89 \\ 2.441.066,89 \\ 1.972.606,89 \\ 2.214.506,89 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \left( \begin{bmatrix} 0,207 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,310 & 0 & 0 \\ 0 & -5,791 & 0,982 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,011 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} 2.228.666,89 \\ 2.441.066,89 \\ 1.972.606,89 \\ 2.214.506,89 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4,842 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3,221 & 0 & 0 \\ 0 & 18,997 & 1,018 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 88,846 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2.228.666,89 \\ 2.441.066,89 \\ 1.972.606,89 \\ 2.214.506,89 \end{bmatrix}$$

$$p = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10.790.300,04 \\ 7.863.757,15 \\ 39.481.362,37 \\ 196.750.568,25 \end{bmatrix}$$

Esse cálculo permitiu definir o valor total estimado para cada setor e subentende-se que estes preços são estabelecidos uniformemente no mercado, conforme a proposta de Leontief. O cálculo do valor unitário é obtido a partir da divisão do valor encontrado (R\$/ano) pelo consumo no próprio setor (m<sup>3</sup>/ano), logo o preço a ser cobrado deverá ser:

**Tabela 19:** Valor unitário calculado. UFCG, 2016.

Setor	Valor (R\$/m <sup>3</sup> )
Abastecimento humano	1,26
Agricultura irrigada	0,15
Pecuária	45,64
Efluentes	1,01

#### 4.2.2 Cenário II

Neste cenário, as premissas para efetuação dos cálculos são as mesmas, porém foi estabelecido de forma hipotética o desmembramento da demanda final de cada setor em demandas intermediárias pertinentes, a partir de percentuais. Além disso, a determinação do valor agregado foi possível a partir do valor bruto de produção, sendo a diferença entre o valor bruto de produção e os consumos intermediários. A demanda final neste último cenário é proveniente das demandas identificadas para o setor de abastecimento humano ao adquirir insumos dos outros setores, sendo 2.311.640,95 m<sup>3</sup>/ano do próprio setor de abastecimento humano, 2.320.911,43 m<sup>3</sup>/ano proveniente da agricultura irrigada, 321.810,68 m<sup>3</sup>/ano do consumo da pecuária e 5.993.143,21 m<sup>3</sup>/ano do setor de saneamento ou efluentes, equiparando-o ao consumo das famílias.

##### 4.2.2.1 Construção dos vetores de consumo de água

Gleick (1996) aponta que para o atendimento das necessidades básicas humanas é recomendado a utilização de 50 litros/habitante.dia, sendo 30% para consumo direto (para beber água e cozinhar) e 70% parcela que esse setor envia para o setor de efluentes para uma nova etapa no processo deste bem, provenientes da parcela dos serviços de saneamento e banho.

Posteriormente, Christofidis (2006) apresenta às proporções dos diversos usos domiciliares da água, aumentando o volume destinado a diluição de efluentes e diminuindo o percentual atribuído ao consumo direto, para tanto utilizaremos essa informação para reduzir o valor proposto por Gleick (1996) para o consumo direto e acrescentaremos o dado disponível neste estudo destinado a irrigação de jardins, que pode ser utilizada no cultivo de hortas urbanas ou rurais. Sendo assim, foram alocados 27% (2.311.640,95m<sup>3</sup>/ano) para o próprio setor do abastecimento, 3% para agricultura irrigada e 70% para efluentes (5.993.143,21m<sup>3</sup>/ano).

Como nenhum estudo, nacional ou internacional, foi localizado, que mencionasse a destinação de água do setor doméstico à criação de animais, para esse setor não foi atribuído percentual, assim como não foi identificada uma comunicação entre os setores de pecuária e agricultura, sendo este último o que vai adquirir insumos provenientes do primeiro.

Christofidis (2008) acrescenta que para uma dieta balanceada padrão, para cada pessoa é necessário 4.300 litros de água por pessoa por dia (1.600 m<sup>3</sup> de água/pessoa/ano), para obter uma dieta de 2.700 kcal, sendo (2.300 kcal x 1.000 litros para produzir alimentos de origem vegetal) + (400 kcal x 5.000 litros de água para produzir alimentos de origem animal).

Lembrando que a *Food and Agriculture Organization – FAO apud Christofidis (2006)* determina que sejam 1.000 litros de fluxo de água verde para produzir 1.000 kcal de alimento vegetal e 5.000 litros de água para obter 1.000 kcal de alimento de origem animal. Logo, 53,5% de água que é demandada para produção de alimentos que é de origem vegetal (2.320.911,43m<sup>3</sup>/ano) é consumido pelo abastecimento humano e 46,5% do que é gasto na produção de origem animal (321.810,68m<sup>3</sup>/ano) também fará parte da dieta humana.

Para agricultura irrigada e pecuária o PRH Piancó-Piranhas-Açu (BRASIL, 2016), estabelece que o consumo no próprio setor seja de 80%, logo o que é apropriado à água cinza não pode ser superior a 20%.

Por fim, o vetor-linha de efluentes é referente às interseções desses setores já explicadas anteriormente.

**Tabela 20:** Matriz dos valores absolutos para o cenário II. UFCG, 2016.

	ABASTECIMENTO	AGRICULTUR A IRRIGADA	PECUÁRIA	EFLUENTES	VBP
ABASTECIMENTO	0	256.848,99	0	5.993.143,21	8.561.633,16
AGRICULTURA IRRIGADA	0	20.017.240,78	36.434.259,54	10.193.102,94	50.965.514,68
PECUÁRIA	0	0	370.255,30	173.016,49	865.082,47
EFLUENTES	0	10.193.102,94	173.016,49	184.169.941,93	200.259.204,57
VAB	8.561.633,16	38.498.321,97	-36.112.448,86	0	
VBP	8.561.633,16	50.965.514,68	865.082,47	200.259.204,57	

Diferente do cenário I, aqui o valor bruto de produção consistiu no somatório do valor do subtotal de consumo intermediário mais a demanda final. A demanda final corresponde exatamente ao consumo das famílias, que foi descrito acima para a coluna de abastecimento humano. O valor agregado bruto foi atribuído posteriormente e corresponde à diferença entre o valor agregado bruto e o consumo intermediário do setor, conforme explicitado na matriz acima e ainda atendendo a premissa de que esta é uma matriz insumo-produto balanceada, onde o somatório das suas linhas são iguais ao somatório de suas colunas e determinam o custo bruto total ou produto bruto total (FIGUEIREDO; SANTOS; LIMA, 2012). Sandrini (2005) e Cembranel *et al.* (2015) admitem que o VAB corresponde ao resultado da atividade produtiva

e mede a riqueza gerada pela unidade de produção durante um ano. É calculada pela diferença do produto bruto pelo consumo intermediário. Nesse caso, esses autores obtiveram um VAB negativo para alguns setores, o mesmo ocorreu neste estudo.

#### 4.2.2.2 Determinação dos coeficientes

Utilizando a matriz dos valores absolutos acima, foi possível identificar a matriz dos coeficientes técnicos, o procedimento expressa, conforme calculado abaixo, a participação relativa de cada item em relação ao valor bruto de produção.

$$A = \begin{bmatrix} \frac{X_{11}}{X_1} & \frac{X_{12}}{X_2} & \frac{X_{13}}{X_3} & \frac{X_{14}}{X_4} \\ \frac{X_{21}}{X_1} & \frac{X_{22}}{X_2} & \frac{X_{23}}{X_3} & \frac{X_{24}}{X_4} \\ \frac{X_{31}}{X_1} & \frac{X_{32}}{X_2} & \frac{X_{33}}{X_3} & \frac{X_{34}}{X_4} \\ \frac{X_{41}}{X_1} & \frac{X_{42}}{X_2} & \frac{X_{43}}{X_3} & \frac{X_{44}}{X_4} \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 256.848,99 & 0 & 5.993.143,21 \\ \frac{8.561.633,16}{50.965.514,68} & \frac{50.965.514,68}{50.965.514,68} & \frac{865.082,47}{865.082,47} & \frac{200.259.204,57}{200.259.204,57} \\ 0 & \frac{2.017.240,78}{50.965.514,68} & \frac{36.434.259,54}{865.082,47} & \frac{10.193.102,94}{200.259.204,57} \\ \frac{8.561.633,16}{50.965.514,68} & 0 & \frac{370.255,30}{865.082,47} & \frac{173.016,49}{200.259.204,57} \\ \frac{8.561.633,16}{50.965.514,68} & \frac{50.965.514,68}{50.965.514,68} & \frac{865.082,47}{865.082,47} & \frac{200.259.204,57}{200.259.204,57} \\ 0 & \frac{10.193.102,94}{50.965.514,68} & \frac{173.016,49}{865.082,47} & \frac{184.169.941,93}{200.259.204,57} \\ \frac{8.561.633,16}{50.965.514,68} & \frac{50.965.514,68}{50.965.514,68} & \frac{865.082,47}{865.082,47} & \frac{200.259.204,57}{200.259.204,57} \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0,030 & 0 & 0,700 \\ 0 & 0,040 & 0,715 & 0,200 \\ 0 & 0 & 0,428 & 0,200 \\ 0 & 0,051 & 0,001 & 0,918 \end{bmatrix}$$

Dessa forma, observou-se que o setor da agricultura irrigada contribuí com 30% do valor bruto de produção do setor do abastecimento e 70% do setor de efluentes e o mesmo percentual (30%) se devem a pagamentos por insumos obtidos do setor do abastecimento, 40% a pagamentos de insumos do setor da agricultura e 5,1% a pagamentos de insumos do setor de efluentes.

## 4.2.2.3 Cálculo dos preços por setor

Para o cálculo do preço foi utilizada a expressão matricial:

$$p = (I - A^T)^{-1} VAB \quad (13)$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \left( \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 0,030 & 0 & 0,700 \\ 0 & 0,040 & 0,715 & 0,200 \\ 0 & 0 & 0,428 & 0,200 \\ 0 & 0,051 & 0,001 & 0,918 \end{bmatrix}^T \right)^{-1} \begin{bmatrix} 2.228.666,89 \\ 2.441.066,89 \\ 1.972.606,89 \\ 2.214.506,89 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \left( \begin{bmatrix} 1,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 \\ -0,030 & 0,960 & 0,000 & -0,051 \\ 0 & -0,715 & 0,572 & -0,001 \\ -0,700 & -0,200 & -0,200 & 0,082 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} 2.228.666,89 \\ 2.441.066,89 \\ 1.972.606,89 \\ 2.214.506,89 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 \\ 0,689 & 1,473 & 0,322 & 0,921 \\ 0,880 & 1,853 & 2,160 & 1,177 \\ 12,426 & 8,153 & 6,085 & 17,402 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2.228.666,89 \\ 2.441.066,89 \\ 1.972.606,89 \\ 2.214.506,89 \end{bmatrix}$$

$$p = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.228.666,89 \\ 8.311.009,84 \\ 11.973.404,60 \\ 97.583.812,45 \end{bmatrix}$$

O cálculo do valor unitário é obtido a partir da divisão do valor encontrado (R\$/ano) pelo consumo no próprio setor (m<sup>3</sup>/ano), logo o preço para essa situação hipotética deveria ser:

**Tabela 21:** Valor unitário calculado. UFCG, 2016.

Setor	Valor (R\$/m <sup>3</sup> )
Abastecimento humano	0,26
Agricultura irrigada	0,17
Pecuária	22,04
Efluentes	0,50

Nota-se que quanto mais dados foram inseridos na matriz de valores absolutos, menores são os preços finais a serem pagos pelo consumo da água, é o que acontece para o setor de abastecimento humano, por exemplo, para o Cenário I o valor final foi de R\$ 1,26, já para o Cenário II foi de R\$ 0,26.

Percebeu-se que o setor da pecuária é o que pagará maior valor *per capita* pelo consumo da água, tendo em vista que é o setor que mais adquire esse insumo para sua produção final,

consumo direto e indireto. O setor de efluentes apresenta um volume em seu vetor-coluna grande, mas que chega quase a se igualar com o volume do vetor-linha, por isso o preço é minimizado nos dois cenários, se comparados ao da pecuária. Se forem observar os valores a serem pagos por ano por cada setor, nos dois cenários, os maiores são no setor de efluentes e depois pela pecuária, correspondem aos setores que requerem um maior volume de água para sua produção.

Observou-se que a abordagem para inserção de dados na matriz dos valores absolutos altera o resultado final, enquanto no cenário I os valores finais são exatamente iguais aos valores brutos de produção, no Cenário II esses valores divergiram consideravelmente do valor bruto de produção.

Logo, a dificuldade de localizar dados e informações primárias associadas ao uso da água pelos diferentes setores, de forma precisa é um fator limitante desta pesquisa e representam não apenas um entrave na construção do vetor consumo da água, mas um aspecto relevante na obtenção do preço por setor.

Para isso, Silva (2010) aponta que diante da dificuldade prática para construção da matriz insumo-produto deve-se buscar mensurar e expressar a relação entre os setores através de informações estatísticas detalhadas.

Ainda é necessário ressaltar que as premissas utilizadas para o cenário II, mesmo sendo hipotéticas, representam a melhor forma de estruturação do problema por todos os critérios já destacados neste trabalho, tendo em vista que no cenário I, o setor da agricultura se estabeleceu da forma que foi inicialmente irá admitir uma demanda final negativa, o que seria impossível.

## 5 CONCLUSÃO

Devido às pressões antrópicas nos ecossistemas ambientais e conseqüentemente a escassez dos recursos naturais gera-se a necessidade de buscar mecanismos que induzam alocações eficientes dos recursos existentes. Dentre os recursos que apresentam limitações, a água apresenta criticidade pelas dificuldades de acesso seja ele quantitativo ou qualitativo deste bem em diversas partes do planeta. Além disso, é considerada essencial por ser componente vital, elemento representativo de valores socioculturais ou fator de produção de bens e de consumo.

Dentre os mecanismos que promovem a gestão dos recursos hídricos, o instrumento da cobrança alicerça o desafio do gerenciamento sustentável das águas e incentiva o uso racional deste bem, porém como apontados neste estudo os preços unitários são variáveis que merecem devida atenção na aplicação dos modelos, já que em testes anteriores a aplicação de preços pré-estabelecidos e utilização de modelos aprovados e executados pelos órgãos gestores nesta e em outra sub-bacia não representaram a realidade da área de estudo escolhida.

Logo, a intenção deste trabalho foi criar uma proposta de preço para água, utilizando o modelo de Leontief, modelo este que permitiria a visualização das transações dos volumes de água entre os setores consumidores deste bem e apropriação dos custos ao sistema gerando um preço nos moldes de uma economia em estado de competição perfeita (lucros nulos), ou seja, se adequando as premissas de estabelecer preços justos no sentido de que a arrecadação financie a gestão dos recursos hídricos desta unidade de análise e seja adequado às necessidades da região para garantir a oferta hídrica.

Para que fosse possível o desenvolvimento do modelo escolhido foi necessário identificar os dados para construção da matriz de valores absolutos, nesse contexto a incorporação do conceito de pegada hídrica foi essencial para inserção dos volumes de água consumidos e poluídos nos setores estabelecidos, a partir dos principais usos na sub-bacia do Alto Piranhas. A PH total resultou em um consumo de 254.938.290,78 (m<sup>3</sup>/ano), foram apropriados, para abastecimento humano 8.561.633,16 (m<sup>3</sup>/ano), 50.965.514,68 (m<sup>3</sup>/ano) para agricultura irrigada, tendo em vista que o PH verde consumido na pecuária é proveniente da agricultura, 865.082,47 (m<sup>3</sup>/ano) na pecuária e 194.536.061,36 (m<sup>3</sup>/ano) de efluentes.

Apesar do setor de efluentes ter a maior medida hídrica, refletindo num volume de aquisição grande, seu volume de contribuição chega quase a se igualar, por isso mantêm seu preço minimizado se comparado ao da pecuário (valor *per capita*).

Ainda em relação ao levantamento de dados, o valor agregado bruto foi estimado a partir do Plano de Recursos Hídricos da bacia Piancó-Piranhas-Açu, para o Cenário I, com uma distribuição dos recursos financeiros previstos para bacia no valor de R\$ 150.116.060,00 rateados para a área da sub-bacia resultando em R\$ 8.856.847,54, distribuídos pelos setores a depender da análise dos Programas, Subprogramas e Ações. Já para o Cenário II foi justamente a diferença entre o valor agregado bruto pelo consumo intermediário em cada setor.

Com a identificação das submatrizes foi possível definir a matriz insumo-produto, montando dois cenários, Cenário I com os valores da demanda intermediária correspondendo exatamente à demanda final no próprio setor, o valor agregado bruto sendo o valor total dos investimentos na sub-bacia e a demanda final correspondendo ao valor complementar para o valor bruto de produção e Cenário II com desmembramento dessa demanda, atribuindo de forma hipotética os percentuais para preenchimento da maior parte dos dados do vetor-linha e vetor-coluna, assim como a determinação do valor agregado a partir do valor bruto de produção, sendo a diferença entre o valor bruto de produção e os consumos intermediários. A demanda final neste último cenário é proveniente das demandas identificadas para o setor de abastecimento humano, equiparando-o ao consumo das famílias.

Por fim, foi possível precificar os diferentes setores, testando o modelo de Leontief, logo a intenção deste estudo foi atendida, já que por meio da aplicação deste modelo foi possível criar uma proposta de valoração da água, ao passo que as despesas para manutenção e financiamento da sub-bacia foram atribuídas às demandas de cada setor escolhido, mas observou-se que a ausência de dados e informações primárias associadas ao uso da água pelos diferentes setores se caracterizou como fator limitante para a proposta deste estudo.

Apesar dessa limitação notou-se que quanto mais dados são inseridos na matriz de valores absolutos, menores são os preços finais a serem pagos pelo consumo da água, é o que acontece para o setor de abastecimento humano, por exemplo, para o Cenário I o valor final foi de R\$ 1,26, já para o Cenário II foi de R\$ 0,26. Além disso, o setor da pecuária é o que pagará maior valor *per capita* pelo consumo da água, tendo em vista que é o setor que mais adquire esse insumo para sua produção final, embora não tenha sido considerado no cálculo da PH deste setor as perdas, espelhando assim um dado mais real, como nos outros setores, abastecimento humano (dias de racionamento) e agricultura irrigada (quebra de safra).

## 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pode-se sugerir para futuras pesquisas a busca por dados que retratem com precisão a comunicação entre os setores consumidores da água e diagnóstico da área desse estudo, de modo que sejam levantadas todas as informações pertinentes para aplicação adequada do modelo de Leontief.

Outra sugestão é identificar a demanda final (não apenas o consumo das famílias) assumida como exógena, para desenvolver o modelo aberto de Leontief, tendo em vista que a matriz inversa de Leontief vai descrever a quantidade de insumos (diretos e indiretos) necessários, dado o nível de demanda final, assim como se propõe a definir toda a rede de encadeamento, traduzindo os impactos no requerimento de insumos, dado um aumento na demanda final.

## REFERÊNCIAS

AESA - **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em 09 de set de 2016.

ANA - **AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS**. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em 09 de set de 2016.

ASSIS, L. F.; VIEIRA, A. S.. Modelo de cobrança pelo uso da água: estimação e análise da arrecadação na sub-bacia do Alto Piranhas no sertão da Paraíba. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...** Brasília - DF, 2015.

BASSOI, L.; MENEGON JR., N.. Controle ambiental da água. In: PHILIPPI JR. A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Org.). **Curso de Gestão ambiental**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2014.

BOTELHO, D. O.; SILVA, S. S.; LEITE, E. T.. Influência de diferentes perspectivas ambientais sobre a política de cobrança pelo uso da água no Brasil. **Revista Alcance - Eletrônica**, v. 19 - n. 03 - p. 295-307, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu**. Brasília: ANA, 2016.

\_\_\_\_\_. (Constituição 1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: [http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/legislacao/Constituicoes\\_Brasileiras/constituicao1988.html/ConstituicaoTextoAtualizado\\_EC84.pdf](http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/legislacao/Constituicoes_Brasileiras/constituicao1988.html/ConstituicaoTextoAtualizado_EC84.pdf). Acessado em 03 de abril de 2016.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm). Acessado em 04 de abril de 2016.

\_\_\_\_\_. Governo do Estado da Paraíba. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente – SECTMA. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. **PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: resumo executivo & atlas**. Brasília, DF: Consórcio TC/BR – Concremat, 2006.

CAGEPA - **COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA**. 2015. Disponível em: <http://www.cagepa.pb.gov.br/cagepa-divulga-novo-plano-de-acionamento-de-agua-nas-localidades-atingidas-pela-estiagem-na-paraiba/>. Acesso em 09 de set de 2016.

CAMILO, N.. **Teoria e prática na utilização da Matriz Insumo-produto como ferramenta de pesquisa**. RNTI. Revista Negócios e Tecnologia da Informação (Impresso), v. 2, p. 34-50, 2007.

CARMO, J. P. A.; SILVA, P, D. D.. A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO, PLANEJAMENTO E GESTÃO. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos. 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre - RS, 2010.

CARVALHO, A. V.. Educação ambiental no desenvolvimento sustentável municipal. **Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**. v. 2 – n. 01. p. 97-108, 2015.

CARVALHO, R. G.. AS BACIAS HIDROGRÁFICAS ENQUANTO UNIDADES DE PLANEJAMENTO E ZONEAMENTO AMBIENTAL NO BRASIL. **Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente**, n.36, Volume Especial, p. 26-43, 2014.

CEMBRANEL, L. R.; KRUGER, C. A. M. B.; OLIVESKI, F. E.; HENRIQUES, A. O.. AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA CULTURA DA CANOLA EM DUAS UNIDADES DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL. (Anais) In: Salão do conhecimento UNIJUI, 2015, Ijuí. Luz-Ciência-Vida. Ijuí : UNIJUI, 2015.

CERQUEIRA, P. S.; PINHEIRO, L. I. F.; OLIVEIRA, K. C. S.. Políticas públicas destinadas ao desenvolvimento do turismo na Bahia. In: IV Semana do Economista & IV Encontro de Egressos. **Anais...** UESC, Ilhéus - Bahia, 2014.

CHRISTOFIDIS, D.. Água na produção de alimentos: o papel da academia e da indústria no alcance do desenvolvimento sustentável. In: NASCIMENTO, E. P.; VIANA, J. N. S. (orgs.). **Economia, meio ambiente e comunicação**. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.

CHRISTOFIDIS, D.. O futuro da irrigação e a gestão das águas. **ITEM Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, ABID. n. 80, p.40-47, 2008.

COIMBRA, J. A. A.. Linguagem e Percepção Ambiental. In: PHILIPPI JR. A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Org.). **Curso de Gestão ambiental**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2014.

COSTA, M. L. M.; CUNHA, C. R. M.; PAIVA, A. E. D.. Reflexões sobre o processo de implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Estado da Paraíba, Brasil. In: 12º SILUSBA, **Anais...**Brasília - DF, 2015.

DEMAJOROVIC, J.; CARUSO, C.; JACOBI, P. R.. Cobrança do uso da água e comportamento dos usuários industriais na bacia hidrográfica do Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Rev. Adm. Pública**, Rio de Janeiro, v. 49, n.5, p.1193-1214, 2015.

DERISIO, J. C.. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

DIAS, T. F.; BARROS, H. O. M.; SOUZA, W. J.. Cobrança pelo uso da água: visões a partir dos membros do comitê de bacia hidrográfica do Rio Pirapama – Pernambuco. **Revista Alcance – Eletrônica**. V. 17 - n. 4 - p. 416-432, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Agroindústria Tropical. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agroindustria-tropical>. Acesso em 09 de set de 2016.

FARIAS, A. M. B.; MAZZARINO, J. M.; OLIVEIRA, E. C.. Educação ambiental e políticas públicas. **Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient**. v. 30, n. 1, p. 179 – 201, 2013.

FIGUEIREDO, A. M.; SANTOS, M. L.; LIMA, J. F.. IMPORTÂNCIA DO AGRONEGÓCIO PARA O CRESCIMENTO ECONÔMICO DEBRASIL E ESTADOS UNIDOS. **Gestão & Regionalidade** - Vol. 28 - Nº 82, 2012.

FONTENELE, R. E. S.. Métodos de avaliação econômica de projetos e desenvolvimento sustentável: uma nova abordagem do cálculo econômico no nordeste brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 29, n. especial, p. 1029-1047, 1998.

FREITAS, M. I. A.. **Sub-bacia do Alto Piranhas, sertão paraibano: percepção ambiental e perspectivas na gestão dos recursos hídricos**. Dissertação (Mestrado). João Pessoa - UFPB/PRODEMA, 2012.

GARCIA, J. R.. **Valoração, cobrança pelo uso da água e a gestão das bacias hidrográficas do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira: uma abordagem econômico-ecológica**. 2012. 294f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) - Instituto de Economia da Unicamp, Campinas, São Paulo, 2012.

Geo Portal - AESA - **GeoPortal da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportall/index.php>. Acesso em 08 de setembro de 2016.

GIL, A. C.. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. 2. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2009.

GLEICK, P. H. Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs. **Water International**. Vol. 21 , Iss. 2, 1996.

GOMES, H.P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados aspersão e gotejamento**. 3.ed. rev. ampl. Campina Grande: UFPB, 1999. 412p.

HOEKSTRA, A. Y. *et al.* **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global**. Tradução para o Português: Solução Supernova. Water Footprint Network, 2011.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang&codmun=251620&search>. Acesso em 09 de set de 2016.

KIRZNER, I. M.. **Competição e atividade empresarial**. trad. de Ana Maria Sarda. São Paulo: Instituto Ludwig von Mises, 2012.

LEÃO, R. S.. PEGADA HÍDRICA: VISÕES E REFLEXÕES SOBRE SUA APLICAÇÃO. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo v. XVI, n. 4 n p. 159-162 n out.-dez. 2013

LEITE, G. B.; VIEIRA, W. C.. Proposta Metodológica de Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos Usando o Valor de Shapley: Uma Aplicação à Bacia do Rio Paraíba do Sul. **Est. econ.**, São Paulo, v. 40, n.3, p. 651-677, 2010.

MACÊDO, R. M.. **Cobrança pela retirada da água bruta: simulação para a Bacia do Rio Paraíba - PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e ambiental) - UFCG, Campina Grande, 2006.

MAGALHÃES FILHO, L. N. L. **Estudo de viabilidade para implantação de cobrança pelo uso da água na bacia hidrográfica do Rio Formoso - TO**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins, 2013.

- MARACAJÁ, K. F. B.; SILVA, V. P. R.; ARAÚJO, L. E. Regionalização da Pegada Hídrica do Estado Paraíba. **REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**. Vol.4, nº 1, p. 105-122, 2014.
- MARACAJÁ, K. F. B.; SILVA, V. P. R.; NETO, J. D.; ARAÚJO, L. E. Pegada Hídrica como Indicador de Sustentabilidade Ambiental. **REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade** – Vol. 2, nº 2 – Edição Especial Rio +20, p.113-125, 2012.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7. ed. 7. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2013.
- MOTTA, R. S.. **Economia ambiental**. 9. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.
- MÜLLER, I.I.; RIZZI, N. E.; FILL, H.D. Avaliação da vazão indisponibilizada por usinas hidrelétricas em bacias hidrográficas e a cobrança pelo uso da água no setor hidrelétrico. **Revista Floresta**. Curitiba, v. 41, n. 4, p. 737-750, 2011.
- NASCIMENTO, D. M.. **Metodologia do trabalho científico: teoria e prática**. 2. ed. Revista e atualizada. Belo Horizonte: Fórum, 2008.
- NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Rev. Estudos avançados**. v. 26, n. 74, 2012.
- NUNES, P. A.; PARRÉ, J. L.. Estimando a matriz insumo-produto brasileira: uma metodologia alternativa. **Revista de Desenvolvimento econômico**. Ano XVI, n. 29, 2014.
- OLIVEIRA, G. F.. **Subsídio para uma nova metodologia de análise dos impactos econômicos e fiscais dos investimentos em infraestruturas de transportes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.
- PEREIRA, A. O. K.; PASINATO, T. L. S.. Riscos ambientais provocados pelos resíduos sólidos: o direito à cidadania através de políticas públicas minimizadoras. In: XII Seminário internacional de demandas sociais e políticas públicas na sociedade contemporânea & VIII Mostra de trabalhos jurídicos científicos. **Anais...** UNISC, Santa Cruz do Sul, 2015.
- PHILIPPI JR., A.; BRUNA, G. C.. Política e Gestão Ambiental. In: PHILIPPI JR. A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Org.). **Curso de Gestão ambiental**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2014.
- PHILIPPI JR., A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C.. Uma introdução à Gestão Ambiental. In: PHILIPPI JR. A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Org.). **Curso de Gestão ambiental**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2014.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C.. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- RESENDE FILHO, M. A. , ARAÚJO, F. A. , SILVA, A. S., BARROS, E. S.. Precificação da Água e Eficiência Técnica em Perímetros Irrigados. **Est. econ.**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 143-172, 2011.

- RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. L.. Instrumentos regulatórios e econômicos: aplicabilidade à gestão das águas e à bacia do Rio Pirapama - PE. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 4, 2001.
- RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- RUA, M. G.. **Políticas públicas**. 2. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2012.
- SAIS, A. C.; SILVA, M. V. L.; MOREIRA, A. S.; NICCIOLI, I. S. P.; BELI, E.. Fundamentação da cobrança pelo uso da água na região hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, Estado de São Paulo. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 9, n. 1, p. 142-161, 2012.
- SANDRINI, G. B. D.. **PROCESSO DE INSERÇÃO DOS PECUARISTAS FAMILIARES DO RIO GRANDE DO SUL, NA CADEIA PRODUTIVA DE CARNE**. (Dissertação) Mestrado em Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.
- SALAZAR, V. L. P.. PEGADA HÍDRICA. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 9, n. 2, 2012.
- SALES, R. J. M.; ARAÚJO, J. A. F.; SANTOS, S. H.; VIDAL, T. F.; CASTRO, M. P. S.; CHAGAS, P. F.; SOUZA, R. O.. Análise comparativa entre metodologias para cobrança de água para as bacias do Sudeste e do Nordeste. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...Brasília - DF**, 2015.
- SÁNCHEZ, L. E.. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- SANTANA, T. A. R.. **Estudo dos impactos econômicos da cobrança pelo uso da água na Bacia do Rio São Francisco: uma abordagem de insumo-produto**. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2010.
- SANTOS, A. H. L.. Política de cobrança de água: análise comparativa entre as metodologias de diferentes bacias hidrográficas do sudeste e do nordeste brasileiro. **Revista Científica da Faculdade Darcy Ribeiro**, nº 003, 2012.
- SCHMITZ, A. P.. **Economia regional: ensaios aplicados em economia dos recursos hídricos**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- SECEX/MDS *apud* Observatório da Seca. 2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/construcao-cisternas.html>. Acesso em 09 de set de 2016.
- SEIFFERT, M. E. B. **Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- SERRANO, L. M.; CARVALHO, M. V.. Cobrança pelo uso de recursos hídricos e tarifas de água e de esgoto: uma proposta de aproximação. **Rev. UFMG**, belo horizonte, v. 20, n.2, p. 306-333, 2013.

SEVERINO, A. J.. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. Ver e atualizada. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, D. O. P.. **PREVISÃO SETORIAL DO CONSUMO DE FONTES ENERGÉTICAS PARA O BRASIL: UM ESTUDO A PARTIR DA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO ECONOMETRIA + INSUMO-PRODUTO**. (Dissertação de mestrado) Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB, 2010.

SIQUEIRA, J. O. **Fundamentos de métodos quantitativos: aplicados em administração, economia, contabilidade e atuária: usando wolfram/alpha e scilab**. São Paulo: Saraiva, 2011.

SNIS - **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. 2014. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em 09 de set de 2016.

SOUZA, C.. Políticas Públicas: uma revisão da literatura. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 8, nº 16, p. 20-45, 2006.

SOUZA, O. T.; DRUM, C. L.; TEIXEIRA, E. K.; GODECKE, M. V.; GONÇALVES, M. L. L.. Instrumentos de política ambiental aplicáveis às águas: conflitos na cobrança pelo uso da água no Lago Guaíba. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 31, Número Especial, p. 807-836, 2011.

SUDENE - **Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste**. 1990. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/>. Acesso em 09 de set de 2016.

TEIXEIRA, T. C. S.. **Um Método Híbrido de Cobrança pelo Uso da Água Bruta. Incorporando o valor econômico da água na gestão de recursos hídricos**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

VIANA, L. F. G.. **Proposta de modelo de cobrança de água bruta no Estado do Ceará: uma revisão do modelo atual**. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2011.

VIEIRA, B.; JUNIOR, W. S.. **CONTRIBUIÇÕES PARA ABORDAGEM MUNICIPAL DA PEGADA HÍDRICA: ESTUDO DE CASO NO LITORAL DE SÃO PAULO**. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo v. XVIII, n. 3, p. 231-252, 2015.

## ANEXO

## ANEXO 01 - Distribuição dos recursos financeiros.

<b>Programas, Subprogramas e Ações</b>	<b>TOTAL BACIA</b>
<b>COMPONENTE 1 – GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS</b>	
<b>1.1 – Fortalecimento do Arranjo Institucional</b>	
Ação 1: Manutenção de estrutura necessária para o funcionamento do CBH (infraestrutura e recursos humanos)	R\$ 10.000.000,00
Ação 2: Capacitação para gestão de recursos hídricos em especial para mediação e superação de conflitos	R\$ 300.000,00
Ação 3: Criação das Comissões de Açudes, de acordo com as atribuições estabelecidas na Deliberação CBH nº 18/2014.	R\$ 102.000,00
Ação 4: Regulamentação da composição e das atribuições do Grupo Técnico Operacional, considerando as diretrizes do PRH e os marcos regulatórios dele resultantes	R\$ -
Ação 5: Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas – Progestão	R\$ 7.500.000,00
<b>1.2 – Alocação de Água e Apoio à Regulação</b>	
Ação 1: Regulamentação de diretrizes conjuntas de outorga (União, RN, PB)	R\$ -
Ação 2: Regulamentação dos procedimentos para a realização da alocação negociada de água	R\$ -
Ação 3: Regulamentação do novo marco regulatório do sistema Curema/Mãe-d'Água e Armando Ribeiro Gonçalves	R\$ -
Ação 4: Negociação da alocação de água nos reservatórios estratégicos, com apoio das Comissões de Açude e do GTO	R\$ 510.000,00
Ação 5: Apoio às ações de regulação na bacia (Cadastro, Regularização de Usuários e Fiscalização)	R\$ 7.200.000,00
<b>1.3 – Monitoramento</b>	
<b>Subprograma 1.3.1 – Rede Hidrométrica</b>	
Ação 1: Ampliação e modernização da rede de monitoramento de vazão e nível nos 51 reservatórios estratégicos e em reservatórios complementares selecionados	R\$ 1.036.000,00
Ação 2: Operação da rede de monitoramento de vazão e nível nos 51 reservatórios estratégicos e em reservatórios complementares selecionados	R\$ 2.021.640,00
Ação 3: Complementação do monitoramento hidrológico com foco nas ações regulatórias nos 17 açudes prioritários e nos trechos perenizados	R\$ 1.005.000,00
<b>Subprograma 1.3.2 – Rede de Qualidade das Águas Superficiais</b>	
Ação 1: Implantação e operação da rede estabelecida no PNQA	R\$ 1.855.320,00
<b>Subprograma 1.3.3 – Rede Pluviométrica</b>	
Ação 1: Inclusão dos dados de estações pluviométricas ainda não disponíveis no HidroWeb	R\$ 344.100,00
<b>Subprograma 1.3.4 – Batimetria</b>	

Ação 1: Realização de levantamento batimétrico nos reservatórios estratégicos para atualização das curvas Cota x Área x Volume.	R\$ 5.640.000,00
1.4 – Fomento ao Uso Racional dos Recursos Hídricos	
Subprograma 1.4.1 – Racionalização da Demanda de Água na Irrigação	
Ação 1: Implantação de unidades demonstrativas de uso racional da água na irrigação	R\$ 700.000,00
Ação 2: Capacitação de irrigantes	R\$ 960.000,00
Subprograma 1.4.2 – Reuso de Águas Residuárias	
Ação 1: Realização de estudo sobre potencial de reuso na bacia	R\$ 102.000,00
Ação 2: Implantação de projeto-piloto de reuso de água para agricultura	R\$ 350.000,00
Subprograma 1.4.3 – Implementação de Pagamento por Serviços Ambientais	
Ação 1: Elaboração de projeto, incluindo apoio técnico e financeiro, para o estabelecimento do arranjo local que viabilize o PSA.	R\$ 1.500.000,00
1.5 – Segurança de Barragens	
Ação 1: Realização de cadastro de barragens com os campos mínimos e formato compatível com o SNISB	R\$ 5.400.000,00
Ação 2: Classificação das barragens por categoria de risco e dano potencial e inserção das barragens no SNISB	R\$ -
Ação 3: Regularização das barragens não outorgadas	R\$ -
Ação 4: Fiscalização da segurança de barragens, conforme Lei nº 12.334 de 2010	R\$ -
Ação 5: Manutenção preventiva das barragens dos 51 reservatórios estratégicos da bacia (capinagem dos taludes e a jusante do barramento, recuperação de meio-fio, pequenas erosões, formigueiros, etc).	R\$ 5.000.000,00
Ação 6: Manutenção das tomadas d'água dos 51 reservatórios estratégicos da bacia (retirada de sedimentos, substituição de mangueiras hidráulicas, manutenção dos registros, da comporta de montante, da casa de comando, etc).	R\$ 7.500.000,00
1.6 – Acompanhamento e Atualização do Plano	
Ação 1: Acompanhamento periódico da implementação do PRH	R\$ -
Ação 2: Acompanhamento da atualização dos Planos de Recursos Hídricos dos Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba	R\$ -
Ação 3: Estudo para avaliação da implementação do PISF e seus impactos no Arranjo Institucional da Bacia e no PRH	R\$ 200.000,00
Ação 4: Atualização do Plano de Ações para o 2º Ciclo de Implementação (6º ao 10º ano)	R\$ 1.000.000,00
COMPONENTE 2 – ESTUDOS DE APOIO À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	
2.1 – Sistema de Suporte à Decisão	
Ação 1: Refinamento do balanço hídrico e estabelecimento de regras operativas para 51 reservatórios estratégicos	R\$ 1.900.000,00
Ação 2: Desenvolvimento de SSD para apoio à alocação de água do PISF na bacia	R\$ 4.000.000,00

Ação 3: Realização de estudo para avaliação quantitativa das perdas em trânsito, baseado em dados de campo e modelagem matemática, que considere trechos já perenizados e que venham a ser pelo PISF	R\$ 70.000,00
Ação 4: Elaboração de estudo sobre o impacto da pequena açudagem na disponibilidade hídrica na bacia dos rios Piancó-Piranhas-Açu	R\$ 300.000,00
2.2 – Avaliação da Capacidade de Suporte dos Reservatórios	
Ação 1: Realizar estudos de capacidade de suporte dos reservatórios do Curema/Mãe-d'Água e Armando Ribeiro Gonçalves.	R\$ 6.000.000,00
2.3 – Mudanças Climáticas	
Ação 1: Elaboração do estudo "Adaptação do Planejamento e da Operação dos Recursos Hídricos à Variabilidade e Mudanças Climáticas na Bacia Estendida do São Francisco"	R\$ 1.350.000,00
Ação 2: Ampliação de estudos de desertificação, com a incorporação e replicação dos resultados do projeto piloto de combate à desertificação em execução nos municípios de Carnáuba dos Dantas, Equador e Parelhas, inseridos no Núcleo de Desertificação do Seridó	R\$ 2.000.000,00
Ação 3: Elaboração do estudo "Análise Custo-Benefício de Medidas de Adaptação às Mudanças Climáticas na Bacia dos rios Piancó-Piranhas-Açu"	R\$ 1.550.000,00
2.4 – Preparação para as Secas	
Ação 1: Operacionalização do Monitor de Secas no RN e PB	R\$ 900.000,00
Ação 2: Planos de Contingência às Secas para os sistemas hídricos formados pelos reservatórios Curema/Mãe-d'Água e Engenheiro Avidos/São Gonçalo; e para o sistema de abastecimento urbano de água da Cidade de Caicó	R\$ 3.000.000,00
2.5 – Águas Subterrâneas	
Ação 1: Realização de estudo para caracterização de detalhe dos sistemas aquíferos: a) da bacia do rio do Peixe, b) Açu e c) Jandaíra, a partir de dados primários e secundários, caracterizando geometria, produtividade, reservas hídricas, volumes explorados e modelagem matemática	R\$ 3.000.000,00
2.6 – Gestão das Áreas de Inundação	
Ação 1: Elaboração de plano de gestão das áreas de inundação, com base na elaboração de modelos de simulação hidrológica (chuva-vazão) e hidrodinâmico.	R\$ 1.140.000,00
<b>COMPONENTE 3 – ESTUDOS E PROJETOS DE MEDIDAS ESTRUTURANTES</b>	
3.1 – Estudos de Açudagem	
Ação 1: Avaliação da adequação do projeto de Oiticica para usos múltiplos e controle de cheias	R\$ 500.000,00
Ação 2: Estudos de pré-viabilidade para avaliação da oportunidade técnica, financeira e ambiental de implantação do açude Serra Negra do Norte	R\$ 2.000.000,00
Ação 3: Estudos hidrológicos para avaliação da oportunidade de implantação, ampliação ou conclusão das barragens Almas, Serra Grande, Poço Redondo, Canoas, Garra, Espinho Branco, Sabugi, Bois, Sabugi (Beranger) e Cachoeira dos Alves, na Paraíba.	R\$ 3.500.000,00

Ação 4: Estudos hidrológicos para avaliação da oportunidade de implantação, ampliação ou conclusão das barragens e Pedra Branca, São Vicente, Itans e Gargalheiras no Rio Grande do Norte	R\$ 1.000.000,00
3.2 – Estudos para Oferta Integrada de Água	
Ação 1: Estudo de Demandas, Estudo de Alternativas, Relatório Técnico Preliminar, Estudo de Viabilidade Técnica e Ambiental e Anteprojeto, Estudos Ambientais, Serviços Topográficos e Geotécnicos, Levantamentos Cadastrais, Projeto Básico – Terceira entrada do PISF na Paraíba	R\$ 8.450.000,00
Ação 2: Estudo de Viabilidade Técnica Financeira, Econômica e Ambiental e Projeto Básico – Adutora regional do Piancó	R\$ 9.800.000,00
Ação 3: Estudo de Viabilidade Técnica Financeira, Econômica e Ambiental e Projeto Básico – Adutora regional do Seridó	R\$ 10.760.000,00
Ação 4: Estudo de identificação de demandas para definição de complemento da malha de adutoras na bacia	R\$ 1.000.000,00
3.3 – Estudos para Recuperação e Adequação de Barragens, Canais e Perímetros de Irrigação	
Ação 1: Estudos para recuperação e adequação de barragens estratégicas	R\$ 10.000.000,00
Ação 2: Projeto Básico - Recuperação do Canal do Pataxó	R\$ 1.000.000,00
Ação 3: Estudos e projeto de reabilitação do Perímetro Irrigado do Baixo Açu e Concepção do Novo Modelo de Exploração	R\$ 3.430.000,00
Ação 4: Estudos e projetos de implantação do perímetro de irrigação do Mendubim	R\$ 2.500.000,00
3.4 – Estudos para Abastecimento Urbano e Rural de Água	
Ação 1: Projetos básicos e executivos de adequação das captações de sistemas de abastecimento urbano de água	R\$ 540.000,00
Ação 2: Atualização do Atlas de Abastecimento, com foco na capacidade e operação dos sistemas de produção, controle de perdas e gestão da demanda.	R\$ 600.000,00
Ação 3: Programas de Abastecimento Rural de Água – Água Doce e Água para Todos	R\$ 3.200.000,00
3.5 – Estudos para Coleta e Tratamento de Esgotos Urbanos	
Ação 1: Elaboração dos projetos de coleta e tratamento de esgotos urbanos para 49 municípios com índice de cobertura e tratamento de esgotos inferior a 50%, que impactam os 51 reservatórios estratégicos e ainda não previstos no PAC	R\$ 4.000.000,00
Ação 2: Estudos para avaliação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos com base nas soluções e diretrizes do Atlas Despoluição para os 132 municípios com sede na Bacia	R\$ 100.000,00
3.6 – Programa Baixo-Açu	
Ação 1: Avaliação dos problemas relacionados com a penetração da língua salina e avaliação da implantação da barragem Porto Carão	R\$ 1.000.000,00
Ação 2: Estudos de avaliação técnica, financeira, econômica e ambiental para a recuperação do Canal do Piató	R\$ 800.000,00
Ação 3: Estudo para identificação de ações de controle de cheias na região do Baixo Açu	R\$ 500.000,00
	<b>R\$ 150.116.060,00</b>

Fonte: BRASIL (2016)