

Artigo Técnico

Coeficientes técnicos de uso direto da água em termos monetários para regiões hidrográficas nos setores da agricultura irrigada e do abastecimento urbano: o caso de uma das bacias receptoras do Eixo Norte do Projeto de Integração do São Francisco

Technical coefficients of direct use of water in monetary terms for river basin districts in areas of irrigation for agriculture and urban water supply: the case of one of the recipients of the North Basin of The North Axis of São Francisco Transboundary Project

Márcia Guedes Alcoforado de Moraes¹, Ana Cristina Guimarães Carneiro², Malu Pinto Rocha da Silva³

RESUMO

O Projeto de Integração do São Francisco (PISF) é uma obra do governo federal, prevendo duas captações no rio para complementar a oferta de água local no Ceará (CE), no Rio Grande do Norte (RN), na Paraíba (PB) e em Pernambuco (PE). O Eixo Norte levará água para as Bacias do Piranhas-Açu (PB e RN) e do Jaguaribe (CE), que serão as maiores receptoras das águas da transposição. Neste trabalho foram propostas metodologias para obter e obter-se a partir delas, nas diferentes regiões hidrográficas da Bacia do Piranhas-Açu, coeficientes técnicos de uso direto da água em termos monetários para os setores econômicos associados ao abastecimento urbano (AU) e à agricultura irrigada (AI). Esses coeficientes são uma forma alternativa de apresentar os bem estabelecidos coeficientes técnicos da teoria básica de Análise de Insumo-Produto. No caso dos setores econômicos associados ao AU, os coeficientes obtidos mostraram que, a partir de certo nível de urbanização, as quantidades de água utilizadas crescem mais que o produto econômico associado ao setor. Os coeficientes da AI obtidos são bem menores do que os do AU e quando calculados por cultura mostraram que na bacia há um mix de cultivos inadequados associados a baixas eficiências no uso, o que resulta em baixos valores econômicos por m³ de água alocado no setor. Isso demonstra que, para ambos os setores econômicos, há necessidade de incentivos para que o uso da água seja mais eficiente na bacia estudada.

Palavras-chave: coeficientes técnicos; uso da água; retornos econômicos; agricultura irrigada; abastecimento urbano; políticas de alocação.

ABSTRACT

The São Francisco Transboundary Project (SFTP) is a Federal Government project, which includes two diversions of the River to supplement the supply of local water in Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba and Pernambuco. The North branch will deliver water to Piranhas-Açu (Paraíba and Rio Grande do Norte States) and Jaguaribe (Ceará State) reservoirs, which will become the largest recipients of the transboundary. In this paper we propose methodologies by which technical coefficients of direct use of water in different hydrographic regions of the Piranhas-Açu basin under study can be stated in monetary terms for the economic sectors associated with urban supply (US) and the agricultural irrigation (AI). The technical coefficients we have calculated are a different means of presenting well-established coefficients in the basics of Input-Output Analysis. In the case of economic sectors associated with the US, the coefficients showed that at a certain level of urbanization, the amount of water used increases more than the economic product of the sector. The coefficients of AI obtained are much lower than those of the US and, when calculated by crop, showed that in the basin, there is an inadequate mix of crops and a low water use efficiency, resulting in low economic value per cubic meter of water allocated to the sector. This implies, for both economic sectors, a need for incentives to use water in a more efficient way in the basin.

Keywords: technical coefficients; water use; economic return; irrigation; urban water supply; allocation policies.

¹Professora da Pós-Graduação e do Departamento de Economia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Recife (PE), Brasil.

²Bolsista Desenvolvimento Tecnológico e Industrial (DTI) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Doutora em Economia pela UFPE – Recife (PE), Brasil.

³Graduada em Ciências Econômicas pela UFPE – Recife (PE), Brasil.

Endereço para correspondência: Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes – Avenida dos Economistas, s/n – Cidade Universitária – 50740-590 – Recife (PE), Brasil –

E-mail: marciaalcoforado.ma@gmail.com

Recebido: 30/04/13 – Aceito: 07/01/16 – Reg. ABES: 116473

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu, totalmente inserida no clima semiárido nordestino, possui 60% de sua área total de drenagem no Estado da Paraíba e 40% no Estado do Rio Grande do Norte. É nela que estão localizados a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves e o Sistema de Reservatórios Curema-Mãe D'água, considerados estratégicos para o desenvolvimento socioeconômico desses Estados. O sistema de reservatórios Curema-Mãe D'água, localizado no Estado da Paraíba, garante o abastecimento urbano e rural da região, perenizando o Rio Piancó e possibilitando o desenvolvimento da agricultura. Além disso, pereniza o trecho do Rio Piranhas até a montante da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no Estado do Rio Grande do Norte. Esta última constitui o maior reservatório de água do Estado do Rio Grande do Norte, sendo a partir dela que o Rio Piranhas-Açu torna-se perene, permitindo assim o desenvolvimento da potencialidade agrícola de toda a região denominada Baixo-Açu. Ademais, essa barragem garante o abastecimento de vários municípios e comunidades rurais do Estado por meio de diversos sistemas adutores (extraído de <http://www.aesa.pb.gov.br/comites/piranhasacu/>). A gestão dessa bacia é extremamente complexa, e os sistemas existentes envolvem usos conflitantes a montante e a jusante com interesses diferenciados entre os usuários dos Estados da PB e do RN.

Os coeficientes técnicos de uso direto da água, que mensuram o uso do fator primário água como insumo pelos diversos setores econômicos, serão obtidos neste estudo em termos monetários para os setores associados ao abastecimento urbano (AU) — comércio/serviços e administração pública — e para a agricultura irrigada (AI), que são os principais usos nessa bacia receptora do Eixo Norte do PISF. Os coeficientes serão obtidos para diferentes regiões da bacia, que terão características diversas tanto do ponto de vista hidrológico como econômico e que, por isso, chamaremos regiões hidro-econômicas (RHEs), a saber: Coremas, Montante do reservatório Armando Ribeiro Gonçalves (ARG) e Baixo-Açu.

Esses coeficientes aqui obtidos são outra forma de apresentação dos chamados coeficientes de entrada dos insumos exógenos na teoria da Análise de Insumo-Produto. Também chamados de coeficientes de intervenção, um dos componentes básicos do modelo de Insumo-Produto (KONDO & NAKAMURA, 2009), em geral sendo medidos usando a unidade de m³ por quantidade de bens produzidos. Outra configuração desse coeficiente é apresentada em Hubacek e Guan (2008): coeficientes diretos de consumo de água. Esses coeficientes são medidos na moeda corrente chinesa, Yuan, por unidade de m³ de água, em vez de bens produzidos por m³. No presente estudo, a unidade usada é a moeda brasileira, o real (R\$), para o valor dos bens produzidos com cada m³ de água. Usando-se os coeficientes obtidos, podem ser mensurados tanto os efeitos diretos como os indiretos na economia regional das diferentes limitações no insumo água, dados por diferentes políticas de alocação utilizadas na bacia.

METODOLOGIA

Os coeficientes técnicos de uso direto da água a serem obtidos neste estudo fazem parte dos chamados coeficientes de insumos exógenos, conforme descrito em Kondo e Nakamura (2009). Por meio deles pode-se mensurar os efeitos na economia de uma limitação no recurso hídrico, resultante de mudanças na gestão de oferta ou de demanda das bacias hidrográficas.

Para obter os coeficientes técnicos do uso da água, dividimos os insumos necessários para produção em insumos endógenos e exógenos conforme equação (1). Os insumos endógenos são os econômicos, e os exógenos, os ambientais (neste trabalho, o “insumo água”).

$$\text{Processo} = \left(\frac{\text{Insumo}}{\text{Produto}} \right) = \begin{pmatrix} x'_i \\ z'_i \\ x' \\ w' \end{pmatrix} \quad (1)$$

Onde:

x'_i = i's insumos endógenos;

z'_i = i's insumos exógenos (como água);

x' = produção do bem x ;

w' = produção de poluentes.

Dividindo os insumos endógenos e exógenos pela produção, teremos a quantidade média de insumo necessária para a produção de uma unidade do produto final. Ou seja, a_i é a quantidade média do insumo endógeno x'_i necessária para produção de uma unidade de x' , e b_i é a quantidade média do insumo exógeno z'_i necessária para produção de uma unidade de x' ver equações (2) e (3).

$$a_i = \frac{x'_i}{x'} \quad (2)$$

$$b_i = \frac{z'_i}{x'} \quad (3)$$

Como todos os insumos, endógenos e exógenos, são necessários para a produção de um produto final, então, por suposição, $x'_i > 0$ e $z'_i > 0$, para todo i . E, por definição, $a_i > 0$ e $b_i > 0$.

Considerando um modelo com n setores, cada um produzindo um único bem, dividindo-se a demanda pelo produto de cada setor em duas partes (uma demanda interindustrial ou intermediária e a demanda pelo consumidor final), teremos em forma matricial as bem conhecidas equações do modelo básico de Análise de Insumo-Produto, dadas pelas equações (4) e (5):

$$X = AX + Y \quad (4)$$

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (5)$$

Obtenção dos coeficientes técnicos de uso da água em termos monetários para a agricultura irrigada nas diferentes regiões hidro-econômicas da bacia

A obtenção dos coeficientes de uso direto da AI (B^{-1}), em termos monetários para as RHEs em R\$ anuais/m³ alocado no ano ao setor, foi conseguida por meio da razão dada pelo valor associado à produção da AI na RHE em milhões de R\$ anuais sobre o consumo anual das RHE com AI em m³ alocados anualmente no setor.

O valor da contribuição anual da produção do setor de AI na RHE (numerador da razão) foi obtido a partir de dados publicados pelo IBGE (2012) para o ano-base. O valor anual da Produção Agrícola Municipal (Tabela 1612 – IBGE, 2012) foi usado, excluindo-se o valor de produtos agrícolas não irrigados e então regionalizando-se o resultado para a RHE. Para essa regionalização, utilizou-se o fator geográfico dos RHEs nos municípios, obtido pela relação entre o total das RHEs e municípios (FUNARBE, 2011).

Para determinar o consumo anual de água pelos RHEs no setor de AI (denominador da razão), foram usados os dados das áreas irrigadas em ha por mês, cultura e município e os coeficientes por cultura e município fornecidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) (FUNARBE,

2011). A partir daí, agregaram-se os dados anualmente e regionalmente para cada RHE (Tabela 1), usando o mesmo fator geográfico descrito acima para relacionar RHEs e municípios.

Obtenção dos coeficientes técnicos de uso da água em termos monetários para os setores associados ao abastecimento urbano nas diferentes regiões hidro-econômicas da bacia

Os coeficientes de uso direto do AU foram obtidos para os setores econômicos de comércio/serviços e administração pública. A escolha desses setores foi feita de forma a conciliá-los com as categorias de consumo registradas pelas companhias de abastecimento (industrial, comercial e pública, respectivamente), para as quais se aloca água. Como os percentuais de atendimento à indústria pelas companhias de abastecimento foram quase nulos na bacia estudada, os coeficientes foram obtidos apenas para os dois últimos setores.

O coeficiente de cada setor é obtido usando a razão entre o valor da produção na RHE do setor associado ao AU em milhões de R\$ anuais e o consumo anual de água da RHE com o setor do AU em m³ alocados no ano. O indicador de produção usado para os setores estudados foi o valor adicionado bruto (VAB). Isso foi feito porque ele se constituía no único indicador associado à produção para esses setores econômicos disponibilizado nas Contas Regionais em 2010 (IBGE, 2013a), tanto em nível municipal quanto de uma forma agregada para o Estado. Como o VAB é dado pelo valor da produção a preços básicos (VPpb) subtraído do consumo intermediário (CI), e considerando que nos setores de comércio/serviços e administração pública os valores CI são pouco significativos, pôde-se considerá-lo representativo da produção a preços básicos e então torná-lo comparável ao valor pago ao produtor, indicador utilizado no setor da AI.

No que se refere ao consumo de água, os dados catalogados pelo IWR-MAIN foram utilizados como base neste trabalho, pois a Matriz de Recursos Hídricos do MMA (FUNARBE, 2011) não incluiu setores econômicos associados ao abastecimento urbano. Esta matriz continha os coeficientes de uso direto apenas para dois setores: o setor industrial

Quadro 1 – Proporções dos municípios na região hidro-econômica 1 do Piranhas-Açu.

Região hidro-econômica 1 -Coremas			
	Proporção		Proporção
PB-Água Branca	0,9278	PB-Malta	0,0228
PB-Aguiar	0,9407	PB-Manaíra	0,9679
PB-Boa Ventura	1,0000	PB-Nazarezinho	0,0132
PB-Bonito de Santa Fé	0,1032	PB-Nova Olinda	1,0000
PB-Igaracy	0,9995	PB-Olho D'Água	0,8952
PB-Cajazeirinhas	0,0067	PB-Patos	0,0108
PB-Carrapateira	0,2243	PB-Pedra Branca	0,9223
PB-Catingueira	0,9320	PB-Piancó	0,9070
PB-Conceição	0,9070	PB-Princesa Isabel	0,9688
PB-Condado	0,0589	PB-Santa Inês	0,7554
PB-Coremas	0,5929	PB-Santa Teresinha	0,2880
PB-Curral Velho	0,9882	PB-Santana de Mangueira	0,9742
PB-Diamante	0,9046	PB-Santana dos Garrotes	0,9464
PB-Emas	0,8329	PB-São José da Lagoa Tapada	0,0533
PB-Ibiara	1,0000	PB-São José de Caiana	1,0000
PB-Imaculada	0,5758	PB-São José de Piranhas	0,1157
PB-Itaporanga	0,9839	PB-São José de Princesa	0,9945
PB-Juru	0,8428	PB-Serra Grande	0,7988
PB-Mãe D'Água	0,0184	PB-Tavares	0,9594

Tabela 1 – Contribuição anual da produção e consumo de água do setor de agricultura irrigada no ano-base.

Bacia do Piranhas-Açu	Contribuição anual da produção do setor de agricultura irrigada em cada região hidro-econômica	Consumo anual de água do setor de agricultura irrigada em cada região hidro-econômica
	(em milhões de R\$)	(em milhões de m ³)
RHE1 (Coremas)	7,3	15,3
RHE2' (Armando Ribeiro - PB)	31,18	70,96
RHE2'' (Armando Ribeiro - RN)	40,76	20,56
RHE3 (Baixo-Açu)	46,15	33,54

Fontes: IBGE (2012) e FUNARBE (2011).
RHE: região hidro-econômica.

e o da AI. A rotina computacional desse programa emprega uma série de equações matemáticas de projeção de uso da água e produz para oito tipologias econômicas, nos Estados Unidos, valores de uso por empregado, por dia (litros. empregados⁻¹. dia⁻¹).

A questão do uso do número de empregados na construção dos coeficientes de uso direto é discutida especialmente no setor industrial. Espera-se, no entanto, maior correlação positiva em processos produtivos que usem pouca água ou naqueles em que a maior fração de água seja usada em atividades de uso geral (FUNARBE, 2011). Esse é o caso das atividades que associamos ao AU, a saber: comerciais, de serviços e administração pública.

Outro problema no uso destes coeficientes como base, refere-se ao fato dos mesmos não terem sido levantados para o Brasil. Decidiu-se usá-los, deixando claras as incertezas dos resultados e a possibilidade de obtenção de novos valores, desde que mais dados sejam levantados para o Brasil.

O valor da produção dos setores associados ao AU em cada RHE em milhões de R\$ anuais (numerador da razão) foi obtido a partir do VAB dos municípios de 2010 distribuído entre os setores, utilizando, para isso, o número de empregados em cada setor. Essa informação foi obtida a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013a,b). A partir desse valor de VAB obtido por município e setor econômico, foi obtido o valor associado a cada RHE usando o fator geográfico entre municípios e bacias (FUNARBE, 2011) (Tabelas 2 e 3). O consumo anual de água da RHE no setor de AU em m³ por ano (denominador da razão) foi obtido por meio do número de empregados associado ao setor já regionalizado para cada RHE. Então, usando os coeficientes de uso da água do IWR-MAIN por empregado para cada setor econômico (DZIEGIELEWSKI & BOLAND, 1989), foi obtido o consumo anual de cada setor para cada RHE (Tabela 4).

Tabela 2 - Número de empregados por setor econômico e regionalizado por região hidro-econômica para a bacia do Piranhas-Açu.

Bacia Piranhas-Açu	Número de empregados (em milhares de pessoas)		Percentual de empregados em cada setor e região hidro-econômica em relação ao total do Estado (PB e RN)	
	Comércio	Administração pública	Comércio (%)	Administração pública (%)
RHE1 (Coremas - PB)	19,67	14,95	3,3	5
RHE2' (Armando Ribeiro - PB)	90,24	45,47	15,5	15,5
RHE2" (Armando Ribeiro - RN)	51,88	21,88	9,46	9,19
RHE3 (Baixo-Açu - RN)	18,20	9,66	3,3	3,7

Fontes: IBGE (2013a) e FUNARBE (2011).
RHE: região hidro-econômica.

Tabela 3 - Valor adicionado bruto anual dividido por setor econômico usando o número de empregados e regionalizado por região hidro-econômica.

Bacia Piranhas-Açu	Valor Adicionado Bruto anual dividido por setor econômico usando o número de empregados e regionalizado por região hidro-econômica (em milhões de R\$)		Percentual do valor adicionado bruto por setor econômico em relação ao Estado associado (PB e RN)	
	Comércio	Administração pública	Comércio (%)	Administração pública (%)
RHE1 (Coremas - PB)	242,21	186,35	2,13	1,95
RHE2' (Armando Ribeiro - PB)	1.329,42	655,56	11,69	6,87
RHE2" (Armando Ribeiro - RN)	788,63	358,62	6,01	4,43
RHE3 (Baixo-Açu - PB)	408,04	215,06	3,11	2,66

Fontes: IBGE (2013) e (FUNARBE, 2011).
RHE: região hidro-econômica.

Tabela 4 - Consumo anual de água em cada setor econômico regionalizado para cada região hidro-econômica.

Bacia Piranhas-Açu	Consumo anual de água por setor econômico para cada região hidro-econômica (em milhões de m ³)		Percentual do consumo anual de água por setor econômico em relação ao consumo total do setor no Estado associado (PB e RN)	
	Comércio	Administração pública	Comércio (%)	Administração pública (%)
RHE1 (Coremas - PB)	3,18	2,18	3,35	5
RHE2' (Armando Ribeiro - PB)	14,3	6,64	15,06	16
RHE2" (Armando Ribeiro - RN)	8,47	3,49	9,34	9
RHE3 (Baixo-Açu - PB)	2,98	1,41	3,28	4

Fontes: IBGE (2013a), Dziegielewski & Boland (1989) e FUNARBE (2011).
RHE: região hidro-econômica.

Deve-se ressaltar que a distribuição dos VABs entre os setores econômicos, usando o número de empregados do setor, foi totalizada para o Estado para ser comparada com o valor encontrado nas Contas Regionais de 2010 por setor econômico, e os resultados foram mais satisfatórios para o setor de comércio/serviços do que os da administração pública, tanto na Paraíba como no Rio Grande do Norte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coeficientes da agricultura irrigada nas diferentes regiões hidro-econômicas das bacias

Apresentam-se no Quadro 2 os resultados dos coeficientes técnicos de uso da água obtidos em termos monetários para as diversas RHEs da bacia.

Usando os dados explicitados na metodologia, foi possível obter também coeficientes técnicos como esses para cada uma das culturas nas diferentes RHEs da bacia. A análise dos coeficientes individuais das culturas auxilia na análise dos coeficientes obtidos por RHE. Por intermédio dos coeficientes individuais pôde-se categorizar as culturas em três grupos. No primeiro grupo aparecem as culturas com os maiores coeficientes (em média, maiores que R\$ 3,00/m³) e que são significativas no produto total, a saber: caju, mamão, maracujá, banana, cebola, fava, mamona, agave e mandioca. Depois aparecem aquelas com um coeficiente intermediário (entre R\$ 1,00 e 3,00/m³, em média), que nas quatro RHEs são: tomate, melão, manga e coco. E, finalmente, aquelas com os menores coeficientes (abaixo de R\$ 1,00/m³): goiaba, algodão, arroz, cana, feijão, fumo, melancia e milho. Ressalta-se, dentre essas últimas, aquelas com coeficientes menores que R\$ 0,50/m³: feijão, milho e arroz, apresentando estas duas últimas culturas, valores menores que R\$ 0,10/m³. Outra observação diz respeito ao fato de que todas as culturas com coeficientes menores que R\$ 1,00/m³ são culturas temporárias, menos a da goiaba. Dentre as culturas do primeiro grupo cinco são permanentes, e quatro, temporárias. Já nas do grupo intermediário duas são temporárias, e duas, permanentes.

Uma divisão interessante entre as culturas pôde também ser feita ao se analisar o valor resultante dos seus coeficientes individuais por meio da intensidade do uso da água e/ou dos valores pagos ao produtor. Considerando o consumo de 10.000 m³.ha⁻¹ como um número médio na agricultura irrigada nordestina, culturas que aparecem consumindo em média nas quatro regiões da bacia mais do que esse valor e ainda

Quadro 2 - Coeficientes técnicos em termos monetários da agricultura irrigada para as regiões hidro-econômicas da Bacia Piranhas-Açu.

Coeficiente obtido em R\$ por m ³	RHE 1 (Coremas)	RHE2' (Montante do ARG - PB)	RHE 2'' (Montante do ARG - RN)	RHE 3 (Baixo-Açu)
Agricultura irrigada	0,47	0,43	1,98	1,37

ARG: Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves.

assim aparecem no primeiro grupo (maiores que R\$ 3,00/m³) devem ter esses altos coeficientes atribuídos por maiores valores pagos ao produtor e têm o potencial de aumentar ainda mais esse número, se investirem em eficiência na irrigação. É o caso da banana, do maracujá, da cebola e da mamona. Esse potencial também existe para as três culturas do grupo intermediário — tomate, melão, manga e coco — todas com consumos médios maiores do que 10.000 m³.ha⁻¹. Dentre as culturas com baixos coeficientes, existe um grupo com valores médios de consumo em torno desse número (10.000 m³.ha⁻¹) e até um pouco abaixo. Estas culturas (algodão, melancia e milho) provavelmente estão no último grupo, devido a baixos valores pagos ao produtor. Os demais nesse grupo possuem médias de consumo maiores que 10.000 m³.ha⁻¹, e provavelmente aliam os dois fatores: baixa eficiência no uso da água e baixos valores pagos ao produtor. Após essas considerações, foi possível avaliar mais facilmente os resultados dos coeficientes para cada uma das RHEs:

A RHE1 possui 94% da água consumida na irrigação aplicada em culturas do último grupo (abaixo de R\$ 1,00/m³), sendo essas culturas responsáveis por 61,5% do valor de produção dessa região (Figura 2). Se levarmos em conta apenas as culturas de pior coeficiente (menores que R\$ 0,50/m³ — feijão, milho e arroz), o percentual de água aplicado ainda é de 89%, representando 36% do valor da produção. No primeiro grupo, o dos maiores coeficientes (maiores que R\$ 3,00/m³), e no grupo dos intermediários (entre R\$ 1,00 e 3,00/m³) a RHE1 aplica um pouco mais do que 5% da água irrigada (um pouco mais da metade nas culturas intermediárias), mas que representa mais de 38% do valor da sua produção. Visualizando dentre essas culturas (dos maiores coeficientes) aquelas que possuem valores de consumo abaixo da média (10.000 m³.ha⁻¹ — as melhores em valores ao produtor e uso da água), o consumo da água passa a ser de 0,25%, mas associado a mais de 16% do valor da produção.

Finalmente, se levarmos em conta dentre as culturas com bons coeficientes (o primeiro grupo e o intermediário) aquelas com potencial de melhorá-las por meio de uma maior eficiência na irrigação, elas representam um pouco mais de 5% do consumo da água e estão associadas a mais de 22% da produção. Isso resulta em um dos piores coeficientes agregados entre as RHEs e mostra que, nesse caso, antes de mudanças na eficiência da irrigação, há necessidade premente de mudanças no mix de culturas irrigadas.

Ainda na Figura 2 pode-se ver em percentagem a distribuição do consumo de água pelo grupo de culturas usado nas RHE2' e RHE2'' da Bacia Piranhas-Açu e o valor da produção associado. Pode-se notar inicialmente que o mix de culturas é mais adequado do que o mix em RHE1 (22% do consumo de água da RHE2' é usado para culturas dos grupos 1 e 2, comparado com 5% na RHE1), apesar de o coeficiente do RHE2' ser praticamente o mesmo da RHE1 (até um pouco pior).

Isso se deve ao fato de quase todas as culturas nos grupos 1 e 2 dessa RHE terem apresentado consumo da água acima da média da

bacia. Deduz-se que investimentos em melhores técnicas que aumentem a eficiência da irrigação para essas culturas em RHE2' devem elevar esse coeficiente e resultar em um coeficiente maior que o do RHE1, mesmo sem haver mudanças no mix de culturas na RHE2'.

É interessante observar que a RHE2", a região com maior coeficiente agregado, ainda usa 69% da água para irrigar as culturas do pior grupo (10% do valor da produção), sendo quase 50% da

água em feijão, milho e arroz (5,83% da produção), o que mostra aqui também a necessidade de mudanças no mix. No entanto, o percentual de água nas culturas do primeiro grupo e do grupo intermediário passa para mais de 25% (88% do valor da produção), que é maior do que as outras RHEs analisadas até aqui (22% em RHE2' e 5% em RHE1). O coeficiente resulta alto e tem um potencial de se elevar, não só com a mudança no mix, na medida em que, dos mais de 25% de água aplicados no primeiro grupo e no intermediário, aproximadamente 21% possuem valores de consumo acima da média (44% do valor da produção) e, portanto, podem melhorar seus valores de eficiência.

Finalmente, a RHE3, apesar de não ter ainda o maior coeficiente, é a que parece ter o maior potencial para tê-lo e a estratégia para fazer isso é a melhoria da eficiência na irrigação, pois já apresenta um mix adequado. A região aplica apenas 15% da água no pior grupo (6,13% da sua produção), sendo 12% em feijão, arroz e milho (0,6% da produção), 26,2% em culturas do grupo intermediário (28,5% da produção) e 55% em do primeiro grupo (65% da produção). Desse percentual aplicado no primeiro grupo, praticamente a totalidade (54% da água e 58% da produção) pode melhorar os seus coeficientes individuais, já que possuem consumos acima da média. Se juntarmos essas culturas com as do grupo intermediário, esse percentual passa a ser um pouco maior do que 80% da água aplicada (mais de 81% do valor da produção) em culturas com coeficientes elevados e ainda com potencial de serem maiores, desde que haja melhoria na eficiência da irrigação.

Coefficientes dos setores econômicos associados ao abastecimento urbano nas diferentes regiões hidro-econômicas da bacia

Os resultados obtidos para a Bacia do Piranhas-Açu relativos aos setores econômicos de comércio/serviços e administração pública são apresentados no Quadro 3.

Por meio da Figura 3 pode-se ver a relação entre os valores dos coeficientes obtidos e a urbanização de cada RHE. O eixo horizontal da figura ordena as RHEs de acordo com a sua participação nos dois setores associados, o que reflete a urbanização de cada região. Portanto, da esquerda para a direita há um aumento na urbanização.

Pode-se ver então que, inicialmente, com o crescimento da urbanização, os coeficientes técnicos nos dois setores aumentam (ver os coeficientes da RHE3 e da RHE1). Entretanto, à medida que a urbanização aumenta, é possível ver menores valores para os coeficientes técnicos.

Como foi usado o mesmo coeficiente de uso da água para os dois setores em todas as RHEs, função do número de empregados, o valor médio da produção em relação ao recurso água (R\$.m⁻³) segue a mesma lógica da variação da produção com o número de empregados. Sabe-se, da teoria econômica, que a curva de produção total em relação ao insumo

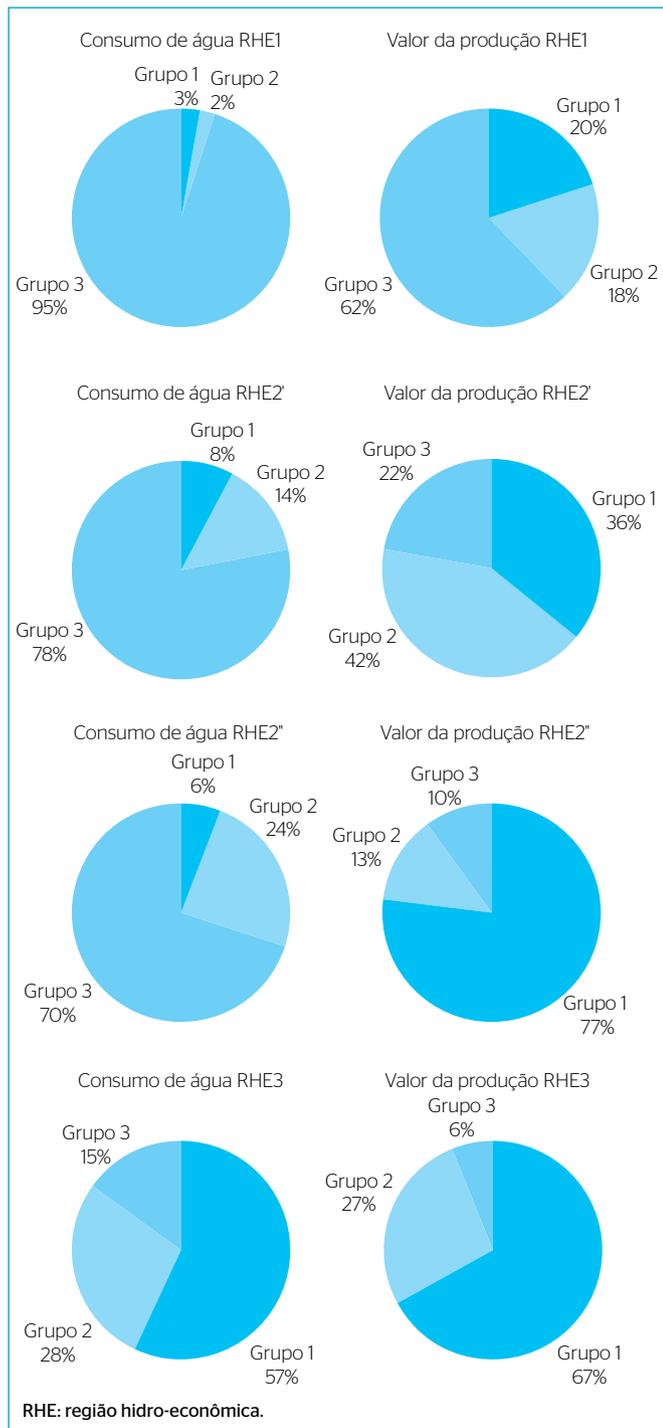


Figura 2 - Percentual do consumo de água e valor da produção nas regiões hidro-econômicas por grupo de culturas cultivado na Bacia do Piranhas-Açu.

trabalho pode apresentar em uma primeira faixa com menores níveis de produção, taxas marginais e valores médios crescentes e então, a partir de um ponto de inflexão, passar a ter taxas marginais e valores médios decrescentes. Da mesma forma, os nossos coeficientes mensuram entre as RHEs, dentro desse mesmo setor econômico, o valor médio da produção em função do recurso água. Espera-se que, inicialmente, para maiores níveis de produto econômico, os valores médios aumentem; no entanto, à medida que os níveis de urbanização aumentarem, as produtividades

Quadro 3 - Coeficientes técnicos em termos monetários dos setores associados ao abastecimento urbano para as regiões hidro-econômicas da Bacia Piranhas-Açu.

Coeficiente de uso direto por setor econômico em cada RHE em R\$ por m ³	B-1 (R\$ anuais.m ³ alocado no ano)			
	RHE 1 (Coremas)	RHE2' (Montante do ARG - PB)	RHE 2" (Montante do ARG - RN)	RHE 3 (Baixo-Açu)
Abastecimento urbano				
Comércio/ serviços	76,07	92,92	93,05	136,88
Administração pública	85,30	98,72	102,81	152,33

RHE: região hidro-econômica; ARG: Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves.

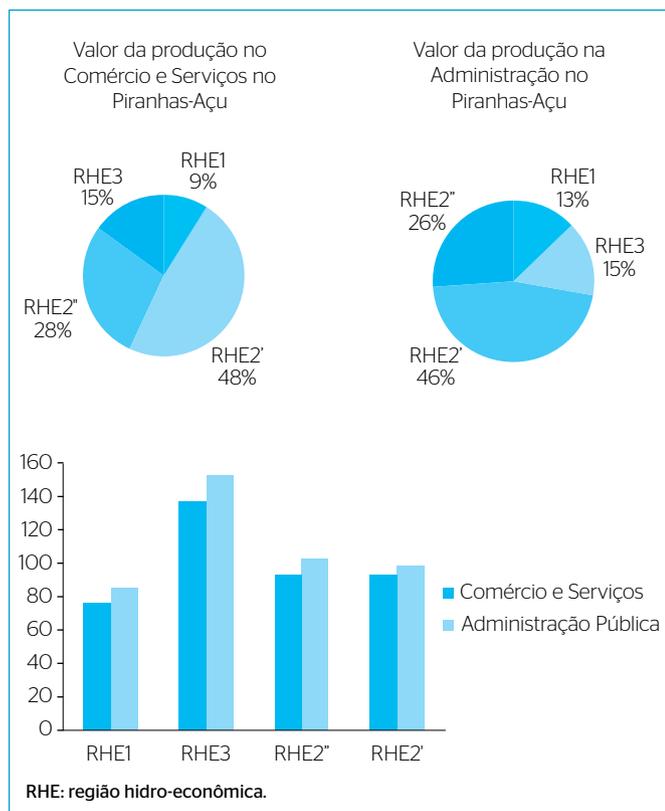


Figura 3 - Coeficientes técnicos em termos monetários para os setores associados ao abastecimento urbano em R\$ por m³ em cada região hidro-econômica na Bacia do Piranhas-Açu.

marginais da água e os valores médios passarão a ser decrescentes. Em outras palavras, a partir de certo nível de urbanização, as quantidades de água utilizadas crescem mais que o produto associado aos setores. Sabe-se mesmo que associado a maiores níveis de atendimento, menor valor marginal (valor de uma unidade adicional) é atribuído ao recurso e mais desperdícios e perdas devem ocorrer.

Comparando os valores entre si entre os dois setores analisados, os coeficientes da administração pública são, em geral, maiores que os do comércio/serviços. Isso é reflexo do coeficiente de consumo usado por empregado para o setor de administração pública, que é menor do que a média dos usados para comércio e serviços. Ademais, deve-se lembrar de que os valores do VAB usados para obter os coeficientes da administração pública ficaram subdimensionados em relação às Contas Regionais (valores reais dos Estados); portanto, esses coeficientes provavelmente são ainda maiores do que os valores apresentados.

CONCLUSÕES

Os coeficientes de uso obtidos para a AI se mostraram bem maiores nas RHEs localizadas no Rio Grande do Norte em relação a Paraíba na bacia estudada, o que pode ser explicado pela presença de maiores investimentos na região em grandes projetos públicos de irrigação. Deve-se ressaltar que como os coeficientes aqui calculados baseiam-se na matriz de coeficientes técnicos de recursos hídricos para a agricultura irrigada do MMA, trazem também as mesmas limitações levantadas no estudo de origem. A análise dos coeficientes técnicos individuais obtidos por cultura permite concluir que, de uma forma geral, na bacia há um mix de cultivos inadequados associados a baixas eficiências no uso da água, o que produz baixos coeficientes. Entende-se que oportunidades de melhoria na economia regional devem ser exploradas via incentivo a culturas com maior retorno econômico por m³ de água aplicado. Sendo assim, há potencial para aumento dos valores dos coeficientes e, portanto, dos retornos econômicos na AI em todas as RHEs.

Nos setores econômicos associados ao AU, de uma forma geral, os valores e o comportamento dos coeficientes técnicos mostraram-se bastante similares em todas as RHEs estudadas, apresentando-se inicialmente crescentes com o aumento da urbanização e a partir de certo ponto tornando-se decrescentes. Em outras palavras, a partir de certo nível de urbanização, as quantidades de água utilizadas crescem mais que o produto econômico associado ao setor. Sabe-se mesmo que associado a maiores níveis de atendimento, menor valor marginal é atribuído ao recurso o que leva a maiores desperdícios e perdas.

Recentemente, os coeficientes técnicos de uso da água em termos monetários foram obtidos para a Bacia Hidrográfica do Jaguaribe, localizada no Estado do Ceará, outra principal bacia receptora do Eixo Norte do PISF (MORAES *et al.*, 2015). Ademais, os resultados desses coeficientes aqui obtidos para as RHEs do Piranhas-Açu foram

combinados com um modelo de alocação de água, simulando impactos econômicos de estratégias de alocação de águas e operação de reservatórios reais no presente e algumas possíveis no futuro (MARTINS *et al.*, 2013).

Os valores de coeficientes técnicos no uso da água nos diversos setores da economia e em diferentes regiões hidrográficas trazem importantes

subsídios na decisão de diferentes políticas de alocação de água, pois propiciam a associação de retornos econômicos. Além disso, o cálculo desse retorno torna-se ainda mais importante, dado que, no caso da bacia estudada, parte da água virá de uma bacia doadora, que apresenta também potencial de retorno nos setores econômicos estudados.

REFERÊNCIAS

DZIEGIELEWSKI, B. & BOLAND, J.J. (1989) Forecasting urban water use: the IWR-MAIN Model. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 25, n. 1, p. 101-109.

FUNARBE - FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE VIÇOSA. (2011) *Desenvolvimento da Matriz de Coeficientes técnicos para recursos hídricos no Brasil*. Disponível em: <http://mma.gov.br/estruturas/161_publicacao/161_publicacao21032012055532.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2013.

HUBACEK, K. & GUAN D. (2008) A new and integrated hydro-economic accounting and analytical framework for water resources: a case study for North China. *Journal of Environmental Management*, v. 88, n. 4, p. 1300-1310.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2012) *Censo Demográfico 2010: Resultados da Amostra*. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://downloads.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 30 jan. 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2013a) *Contas Regionais*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em 30 jan. 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2013b) *Pesquisa Mensal de Emprego*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pme/default.asp?o=21&i=P>>. Acesso em: 30 jan. 2013.

KONDO, Y. & NAKAMURA, S. (2009) *Waste input-output analysis - concepts and application to industrial ecology*. Netherlands: Ed. Springer. 294p. v. 26.

MARTINS, E.S.; BRAGA, C.F.C.; SOUZA F.A.S.; MORAES, M.M.G.A.; MARQUES, G.F.; MEDIONADO, E.M.; FREITAS, M.; VAZQUEZ, V.; ENGLE, N.L.; DENYS, E. (2013). Adaptation challenges and opportunities in Northeast Brazil. *Environment and Water Resources Occasional Paper Series*, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2013.

MORAES, M.M.G.A.; CARNEIRO, A.C.G.; SILVA, M.P.; MARQUES, G.F. (2015) Technical coefficients of direct use of water in monetary terms for agriculture and urban water use. *Water Science & Technology: Water Supply*, v. 15, n. 5, p. 1123-1132. DOI: 10.2166/ws.2015.075.