

## I-242 - COEFICIENTES TÉCNICOS DO USO DA ÁGUA PARA A AGRICULTURA IRRIGADA NAS BACIAS RECEPTORAS DO EIXO NORTE DO PISF

**Ana Cristina Guimarães Carneiro<sup>(1)</sup>**

Aluna (Bolsista CNPQ) do Doutorado em Economia PIMES/UFPE. Mestre em Economia pela UFPB – 2010.

**Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes<sup>(2)</sup>**

Pós-Doutora pela University of Illinois at Urbana-Champaign UIUC/ EUA (2010-2011), Doutora em Economia pela UFPE (2003), obteve o mestrado em 1997 e a graduação em 1987, ambos em Engenharia Elétrica.

**Malu Pinto<sup>(3)</sup>**

Estudante de graduação de economia UFPE

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Marechal Rondon 323 apt 801 – Casa Forte - Recife - PE - CEP: 51061-050 - Brasil - Tel: +55 (81) 92969452 - e-mail:anacristinagc@gmail.com

### RESUMO

Em 2005, a ANA concedeu outorga para o Projeto de Integração do rio São Francisco (PISF). A Região Hidrográfica do São Francisco tem 2.700km de extensão e incorpora todos os tipos de usos dos recursos hídricos (irrigação, geração de energia, navegação, saneamento, pesca e aquicultura, atividades turísticas e de lazer). Entre eles pode-se destacar a agricultura irrigada. O PISF prevê duas captações no São Francisco, para complementar a oferta de água local no Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. A captação do Eixo Norte levará água para as Bacias do Piranhas-Açu (PB e RN) e do Jaguaribe (CE) que se tornarão as maiores receptoras das águas da transposição. Considerando os múltiplos usos e a potencialidade da agricultura irrigada na própria bacia do São Francisco, torna-se clara a necessidade de mensurar os retornos econômicos da água nessas grandes bacias receptoras. Nesse sentido, o presente trabalho obtém valores de coeficientes técnicos de uso direto da agricultura irrigada, para as diferentes regiões hidro-econômicas dessas bacias receptoras do Eixo norte (Piranhas-Açu (PB e RN) e Jaguaribe (CE)).

Os coeficientes de uso obtidos para a agricultura irrigada nas diferentes RHE's foram regionalizados a partir da matriz de coeficientes técnicos de recursos hídricos para a agricultura irrigada do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e portanto trazem também as mesmas limitações levantadas no estudo de origem. A análise dos coeficientes individuais obtidos por cultura permite concluir que de uma forma geral nas duas bacias, há um mix de cultivos inadequados associados a baixas eficiências no uso da água, o que produz baixos coeficientes, ou seja, baixos retornos econômicos por metro cúbico de água alocado no setor. Entende-se que oportunidades de melhoria na economia regional devem ser exploradas via incentivo a culturas com maior retorno econômico por m<sup>3</sup> de água aplicado. Sendo assim, há potencial para aumento dos valores dos coeficientes e portanto dos retornos econômicos em todas as regiões.

Os valores de coeficientes técnicos no uso da água nos diversos setores da economia e em diferentes regiões hidrográficas traz importantes subsídios na decisão de diferentes políticas de alocação de água, pois propiciam a associação de retornos econômicos às mesmas. Ademais, o cálculo deste retorno torna-se ainda mais importante dado que no caso das bacias estudadas, parte da água virá de uma bacia doadora, que apresenta também potencial no setor de agricultura irrigada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coeficientes técnicos de uso direto da água, Retornos econômicos, Agricultura Irrigada, Projeto de Integração do rio São Francisco.

## INTRODUÇÃO

A alocação de Recursos Hídricos em bacias hidrográficas é uma questão crítica. A sustentabilidade do crescimento econômico bem como as desejadas condições ambientais futuras depende dela. Para apoiar a decisão na escolha de uma política de alocação racional que leve a estratégias de uso da água sustentável, bem como estabelecer prioridades para a reforma de instituições e determinação de incentivos, é necessário desenvolver ferramentas analíticas que determinem a efetividade de mecanismos de alocação alternativos. Estas ferramentas devem ser capazes de simular o sistema real e as possíveis estratégias de alocação bem como possibilitar a sua avaliação através da mensuração dos seus principais impactos, a saber: econômicos, ambientais, de produtividade e de equidade.

A mensuração dos impactos econômicos diretos e indiretos associadas a diferentes estratégias de alocação é uma informação fundamental para os decisores e usuários e deve ser incorporada ao processo de tomada de decisão nos seus diferentes níveis. Isto é ainda mais importante em economias caracterizadas por escassez de água e necessidades de transferências crescentes, como é o caso do Nordeste (NE) do Brasil, região das bacias estudadas neste trabalho.

A água na região é um fator escasso, limitante para o desenvolvimento econômico. Ademais, a água tem uma dimensão social muito importante, especialmente na região pobre do semiárido nordestino<sup>1</sup>. Isso impõe um grave risco para as atividades econômicas, em particular para a agricultura de subsistência, que dependem das chuvas incertas e irregulares.

A Região Hidrográfica do São Francisco abrange 504 municípios em seis estados: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Goiás; além do Distrito Federal. Com 2.700km, o rio São Francisco nasce na Serra da Canastra, em Minas Gerais, e escoar no sentido Sul-Norte pela Bahia e Pernambuco, quando altera seu curso para o Sudeste, chegando ao Oceano Atlântico na divisa entre Alagoas e Sergipe. Devido à sua extensão e aos diferentes ambientes que percorre, a região está dividida em Alto, Médio, Sub-Médio e Baixo São Francisco. A agricultura é uma das mais importantes atividades econômicas, mas a região possui fortes contrastes socioeconômicos, com áreas de acentuada riqueza e alta densidade demográfica e áreas de pobreza crítica e população bastante dispersa. O potencial hidrelétrico da bacia é de 25.795MW, dos quais 10.395MW estão distribuídos nas usinas Três Marias, Queimado, Sobradinho, Itaparica, Complexo Paulo Afonso e Xingó (ANA, 2012).

Um dos maiores desafios, segundo a Agência Nacional de Água – ANA é que a bacia registra todos os tipos de usos dos recursos hídricos (irrigação, geração de energia, navegação, saneamento, pesca e aquicultura, atividades turísticas e de lazer), o que exige uma análise do conjunto para que se possa planejar adequadamente sua gestão. Temas como: o crescimento da agricultura, a pretendida revitalização da navegação, o aumento da demanda energética e a eventual retirada de água da bacia por transposição são temas que podem gerar conflitos entre os vários usuários (ANA, 2012).

Com relação à agricultura irrigada, estima-se que a área irrigada na região ultrapassa os 340.000 ha, área considerada pequena já que o total de terras agronomicamente aptas para irrigação na bacia do São Francisco ultrapassa os 20 milhões de hectares (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004).

Em 2005, a ANA concedeu outorga para o Projeto de Integração do rio São Francisco (PISF), que prevê duas captações (Eixo Norte e Eixo Leste) no São Francisco, para complementar a oferta de água local no Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. O Eixo Norte levará água para as Bacias do Piranhas-Açu (PB e RN) do Jaguaribe (CE) que se tornarão as maiores receptoras das águas da transposição.

Considerando os múltiplos usos e a potencialidade da agricultura irrigada na própria bacia do São Francisco, urge que se mensurem os retornos econômicos da água nessa mesma atividade econômica nessas grandes bacias receptoras. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo obter valores de coeficientes técnicos de uso direto da água, ou coeficientes de insumo exógenos, segundo Kondo (2009), para a agricultura irrigada nas

---

<sup>1</sup> Esta região semiárida perpassa nove estados, onde o balanço hídrico é negativo durante a maior parte do ano e onde a variabilidade climática produz eventos extremos que frequentemente resultam em secas e cheias.

diferentes regiões de cada uma das bacias. Isto representa os resultados econômicos diretos do setor na região associados a cada metro cúbico de água alocado.

## METODOLOGIA

Para obter os coeficientes técnicos do uso da água, dividiremos os insumos necessários para produção em insumos endógenos e exógenos. Os insumos endógenos são os econômicos e os exógenos são os ambientais, nesse trabalho o 'insumo água'.

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

Onde:  $x'_i$  = i's insumos endógenos;

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

$x'$  = produção do bem  $x$ ;

$w'$  = produção de poluentes.

Se dividirmos 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  $x$ .

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

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

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  $b_i > 0$ . Reescrevendo:

$$x'_i = a_i \cdot x'; \quad (4)$$

$$z'_i = b_i \cdot x'. \quad (5)$$

Porém a hipótese  $a_i > 0$  é necessária, o que significa que  $x'_i < x'$ , ou seja, o montante de insumo tem que ser menor que o montante do produto, mas não é uma condição suficiente. Se  $a_i \geq 1$  o montante de produto não excede o montante de insumo usado na produção, logo o processo não é eficiente. Logo, a condição suficiente é  $0 < a_i < 1$ . Considere um modelo com  $n$  setores. Dividindo a demanda em intermediária e final tem-se:

$$x_j = x_{ij} + y_j. \quad (6)$$

$$x_j = a_{ij} \cdot x_j + y_j. \quad (7)$$

Onde  $a_{ij} \cdot x_j$  é a demanda intermediária do bem  $j$  e  $y_j$  a demanda final pelo bem  $j$ . Organizando:

$$(1 - a_{ij}).x_j = y_j. \quad (8)$$

$$x_j = (1 - a_{ij})^{-1} y_j. \quad (9)$$

Já em relação aos insumos exógenos:

$$z_i = b_{ij}x_j. \quad (10)$$

Como:  $x_j = (1 - a_{ij})^{-1} y_j$

Então: 
$$z_i = b_{ij}(1 - a_{ij})^{-1} y_j \quad (11)$$

Onde  $(1 - a_{ij})^{-1}$  é o coeficiente da inversa de Leontief, que significa o quanto do produto  $x_j$  é necessário para suprir a demanda  $y_j$ . Em termos matriciais:

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (12)$$

$$Z = B(I - A)^{-1}Y \quad (13)$$

Onde:

$X$  = Matriz (vetor) de Produção Total;

$Y$  = Matriz (vetor) Demanda Final.

$(I - A)^{-1}$  = Matriz de Impacto ou Matriz de Leontief.

$Z$  = Vetor Demanda por Insumos Exógenos;

$A$  = Matriz Coeficientes de Insumos Endógenos (n x n);

$B$  = Matriz Coeficientes de Insumos Exógenos (1 x n);

Quando o elemento B considerado corresponde a água, então a aplicação da equação acima no modelo insumo-produto permite o cálculo da “virtual water”. De outra forma, o vetor Z leva em conta as necessidades diretas e indiretas da água na economia. Como o elemento associado à água do vetor B representa as necessidades diretas de cada setor e a matriz de Leontief as relações interssetoriais, a agregação dos dois representa o impacto total.

Para estimar os coeficientes diretos de uso da água na agricultura irrigada nas regiões receptoras (a matriz de coeficientes exógenos B relativa a água) vamos usar como base a Matriz de Coeficientes Técnicos para Recursos Hídricos no Brasil publicado pela FEBRABAN em 2011((FUNARBE, 2011))<sup>2</sup>.

Como os insumos exógenos/ambientais normalmente são escassos sua oferta é limitada. Substituindo a Equação (12) na Equação (13) tem-se  $Z = BX$ . Considerando que Z é escasso:

$$X \leq B^{-1}Z \quad (14)$$

Ou seja, a produção é limitada pelo insumo água.

Usando os coeficientes técnicos (B) e diferentes distribuições de água poderemos ter o máximo de retorno econômico, ou de produção econômica devido a água. Isto significa que poderemos associar a diferentes

<sup>2</sup> Consta de uma matriz com vazão de retirada, consumo e retorno para o setor industrial e agricultura irrigada. Mais especificamente, é uma base de dados bem detalhada do uso da água no Brasil, com detalhes como, a retirada de água por município ou por ottobacia, por mês, por cultura (no caso de agricultura irrigada), entre outros.

alocações de água, diferentes produtos econômicos por setor. Além disso, essa realocação também vai provocar uma variação na demanda final. Reescrevendo a Equação (13), tem-se:

$$Y = (I - A)(B)^{-1}Z \quad (15)$$

Dessa forma, é possível perceber que uma realocação do insumo escasso, água, (que poderá ser simulada por diferentes modelos de alocação) irá provocar uma variação na produção, X, e na demanda final, Y (Kondo, 2009), que poderá ser mensurada.

## TRATAMENTO DE DADOS

Para a utilização dos coeficientes diretos (FUNARBE, 2011) neste estudo foi necessária uma etapa de regionalização desses valores para as duas bacias estudadas, que será descrito em detalhes na próxima subseção para o setor de agricultura irrigada.

### Obtenção dos coeficientes de uso direto da água na agricultura irrigada para as Regiões estudadas

Neste estudo, como a região a ser avaliada não é federativa e sim constituída de bacias hídricas, foi necessária a regionalização dos coeficientes técnicos de uso direto para cada uma das regiões hidrográficas, doravante chamadas de hidro-econômicas (RHE's) das Bacias estudadas. Estas RHE's é que recebem, resultante de diferentes estratégias de alocação simuladas, diferentes quantidades de água para os diversos setores econômicos. Usando coeficientes técnicos de uso direto da agricultura irrigada, poderão ser mensuradas para diferentes distribuições de água entre as RHEs, os diferentes produtos econômicos setoriais diretos máximos. (ver equação 14). Na Figura 1 são apresentadas as RHEs da bacia do Piranhas-Açu em rosa, marrom e verde representando respectivamente RHE1, 2 e 3. Na Figura 2 aparecem as regiões definidas para a bacia do Jaguaribe, representando respectivamente RHE1,2,3 e 4 em azul-escuro, azul-claro, verde, amarelo.

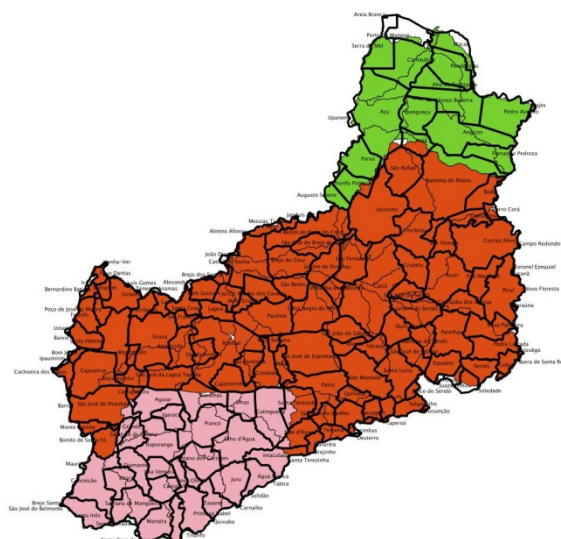
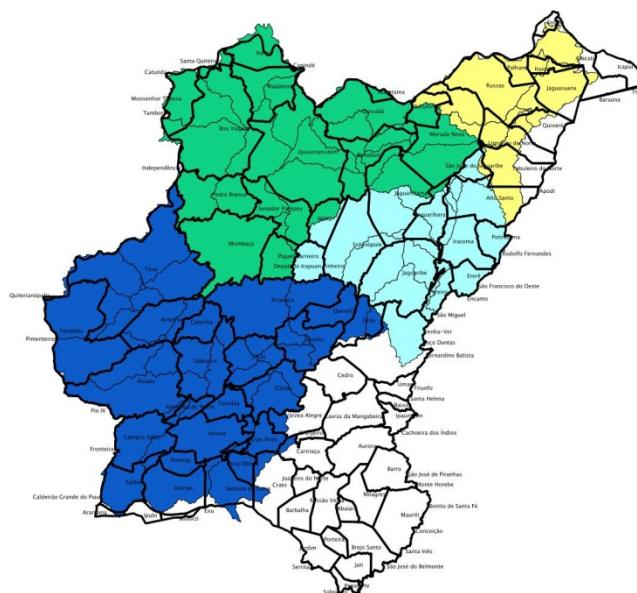


Figure 1 - Bacia do Piranhas-Açu e as suas 3 RHE's



**Figure 2 - Bacia do Jaguaribe e suas 4 RHE's**

As RHE's, sendo unidades hidrográficas em que a água é alocada, foram definidas a partir da área de contribuição aos hidrossistemas, de acordo com considerações definidas no modelo de alocação a ser utilizado. Ressalta-se que no caso do Piranhas-Açu a RHE 2 foi dividida em 2, dependendo do estado a que pertencia. Essas RHEs constituídas por mini-bacias modeladas nos modelos de clima (oferta) foram inicialmente associadas às ottobacias<sup>3</sup> de maior nível, a partir do trecho da calha principal respectivo (A relação completa consta nos Anexo 1 e 2).

Usando um fator de proporcionalidade de área geográfica relacionando os municípios às ottobacias (conforme FUNARBE, 2011) pôde-se então relacionar os municípios a estas RHE's. (ver Tabela 1 com a relação das proporções dos municípios na mesma RHE1 do Piranhas-Açu. Para as demais RHE's as proporções encontram-se no Anexo 3 e 4. )

<sup>3</sup> Consiste numa malha com a representação gráfica dos limites das bacias hidrográficas correspondentes a rede hidrográfica presente na Carta Internacional ao Milionésimo e codificada segundo metodologia proposta pelo engenheiro brasileiro Otto Pfafstetter. (FUNARBE, 2011)

**Tabela 1 - Proporções dos municípios na RHE1 do Piranhas-Açu**

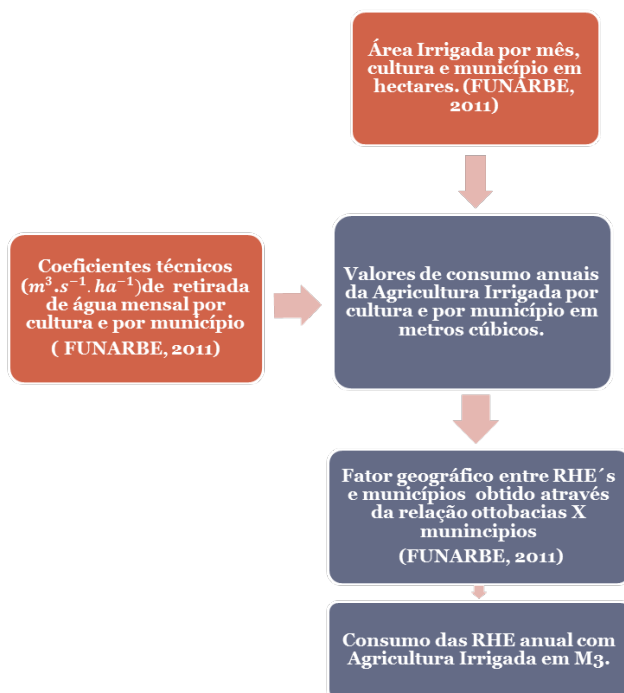
<b>Região Hidro-Econômica 1 – Coremas</b>			
<b>Município</b>	<b>Proporção</b>	<b>Município</b>	<b>Proporção</b>
PB-AGUA BRANCA	0.9278	PB-MALTA	0.0228
PB-AGUIAR	0.9407	PB-MANAIRA	0.9679
PB-BOA VENTURA	1.0000	PB-NAZAREZINHO	0.0132
PB-BONITO DE SANTA FE	0.1032	PB-NOVA OLINDA	1.0000
PB-IGARACY	0.9995	PB-OLHO D AGUA	0.8952
PB-CAJAZEIRINHAS	0.0067	PB-PATOS	0.0108
PB-CARRAPATEIRA	0.2243	PB-PEDRA BRANCA	0.9223
PB-CATINGUEIRA	0.9320	PB-PIANCO	0.9070
PB-CONCEICAO	0.9070	PB-PRINCESA ISABEL	0.9688
PB-CONDADO	0.0589	PB-SANTA INES	0.7554
PB-COREMAS	0.5929	PB-SANTANA DE MANGUEIRA	0.9742
PB-CURRAL VELHO	0.9882	PB-SANTANA DOS GARROTES	0.9464
PB-DIAMANTE	0.9046	PB-SANTA TERESINHA	0.2880
PB-EMAS	0.8329	PB-SAO JOSE DA LAGOA TAPADA	0.0533
PB-IBIARA	1.0000	PB-SAO JOSE DE CAIANA	1.0000
PB-IMACULADA	0.5758	PB-SAO JOSE DE PIRANHAS	0.1157
PB-ITAPORANGA	0.9839	PB-SAO JOSE DE PRINCESA	0.9945
PB-JURU	0.8428	PB-SERRA GRANDE	0.7988
PB-MAE D AGUA	0.0184	PB-TAVARES	0.9594

Fonte: Elaboracao propria

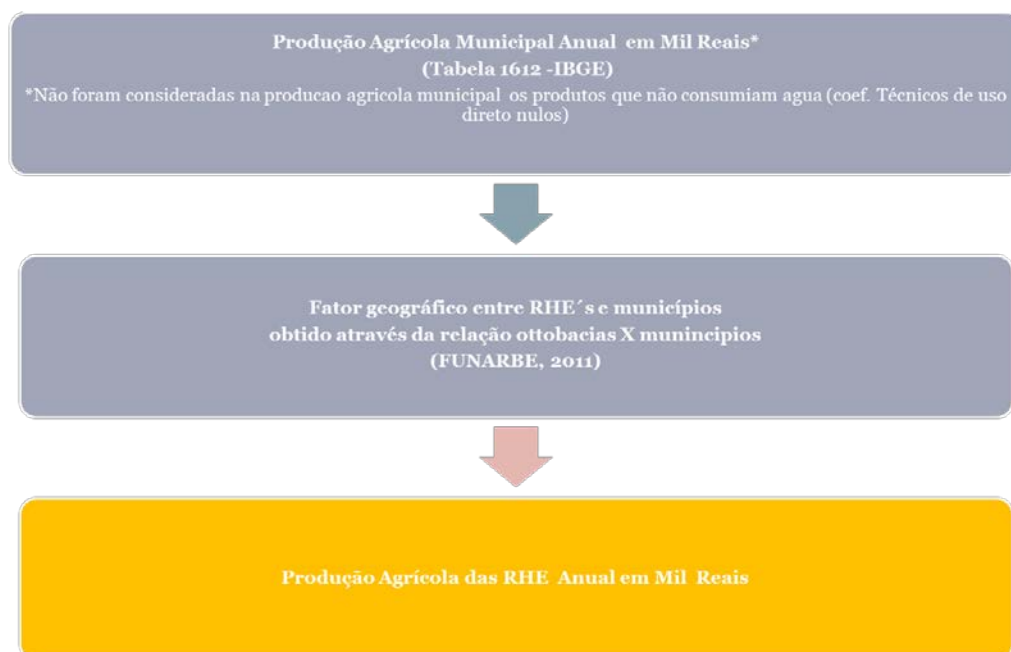
A partir daí, todos os dados referentes aos municípios - econômicos e hidrológicos - puderam ser regionalizados para as RHE's, que é por isso uma unidade hidro-econômica. A obtenção dos Coeficientes de Uso Direto da Agricultura Irrigada para as RHE's foi conseguida através do fluxograma apresentado nas Figuras 3 e 4, medida em R\$ anuais / m3 alocado no ano ao setor.



$$\text{Coeficiente de Uso Direto por Região Hidro-Econômica} = \frac{\text{produção na RHE da Agricultura Irrigada (milhões de Reais Anuais)}}{\text{Consumo Anual das RHE com Agricultura Irrigada (M3)}}$$



**Figura 3 – Fluxograma representativo da obtenção do consumo de água na agricultura irrigada regionalizados para as RHE's.**



**Figura 4 - Obtenção do valor da produção (valor pago ao produtor) de agricultura irrigada regionalizado para as RHE's**



## RESULTADOS OBTIDOS

### Piranhas-Açú

	RHE 1 (Coremas)	RHE 2' (Montante do ARG – PB)	RHE 2'' (Montante do ARG – RN)	RHE 3 (Baixo- Açú)
Agricultura Irrigada	0,47	0,43	1,98	1,37

Analisando as características individuais das culturas nessas diferentes regiões, algumas observações ajudam na análise desses coeficientes obtidos:

Usando os dados acima, pôde-se obter coeficientes como esses para cada uma das culturas nas diferentes regiões. A partir deste cálculo pôde-se categorizar as culturas em três grupos. No primeiro grupo aparecem as culturas que aparecem com os maiores coeficientes (em média maiores que R\$3,0/m<sup>3</sup>) e que são significativas no produto total são: Caju, Mamão, Maracujá, Banana, Cebola, Fava, mamona, agave e Mandioca. Aquelas com um coeficiente intermediário (entre R\$ 1,0 e R\$ 3,0 /m<sup>3</sup>) em média nas quatro regiões são: Tomate, Melão Manga e Coco, e as com os menores coeficientes (abaixo de R\$1,0 /m<sup>3</sup>) são: Goiaba, Algodão, Arroz, Cana, Feijão, Fumo, Melancia e Milho. Ressalta-se dentre estas, aquelas com coeficientes menores que R\$ 0,5 / m<sup>3</sup> : feijão, milho e arroz , apresentando estes dois últimos valores menores que R\$ 0,1/ m<sup>3</sup>. Uma outra observação diz respeito ao fato de que todas as culturas com coeficientes menores que R\$1,0 /m<sup>3</sup> são culturas temporárias, a menos da Goiaba.<sup>4</sup>

Uma divisão interessante entre as culturas pôde também ser feita, ao se analisar o valor resultante dos seus coeficientes individuais através da intensidade do uso da água e/ ou dos valores pagos ao produtor. Considerando o consumo de 10.000 m<sup>3</sup>/ ha um número médio na agricultura irrigada nordestina, culturas que aparecem consumindo em média nas quatro regiões mais do que esse valor e ainda assim aparecem no primeiro grupo (maiores que R\$3,0/m<sup>3</sup>) devem ter esses altos coeficientes atribuídos por maiores valores pagos ao produtor pela mesma e tem o potencial de aumentar ainda mais este número se investirem em eficiência na irrigação. É o caso da Banana, Maracujá, Cebola e Mamona. Este potencial também existe para as três culturas do grupo intermediário - Tomate, Melão, Manga e Coco – todas com consumos médios maiores do que 10.000 m<sup>3</sup>/ ha. Dentre as culturas com baixos coeficientes, existe um grupo com valores médios de consumo em torno desse número (10.000 m<sup>3</sup>/ ha) e até um pouco abaixo. Estas culturas (Algodão, Melancia e Milho), provavelmente estão no último grupo devido a baixos valores pagos ao produtor. Todos os demais neste grupo possuem médias de consumo maiores que 10.000 m<sup>3</sup>/ ha, e provavelmente aliam os dois fatores: baixa eficiência no uso da água e baixos valores pagos ao produtor.

Após essas considerações, pôde-se avaliar mais facilmente os resultados dos coeficientes para cada uma das RHE's:

A RHE1 possui 94% da água consumida na irrigação aplicada em culturas do último grupo (abaixo de R\$ 1,0 /m<sup>3</sup>), sendo essas culturas responsáveis por 61,5% do valor de produção desta região. Se levarmos em conta apenas as culturas de pior coeficiente (menores que R\$ 0,5 / m<sup>3</sup> - 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\$3,0/m<sup>3</sup>) e no grupo dos intermediários (entre R\$ 1,0 e R\$ 3,0 /m<sup>3</sup>) 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 m<sup>3</sup>/ ha – 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 (primeiro grupo e o intermediário) aquelas com potencial de melhorá-los através de uma maior eficiência na irrigação, as mesmas representam um pouco mais de 5% do consumo da água e estão associadas a mais de 22% da

<sup>4</sup> Dentre as culturas do primeiro grupo 5 são permanentes e 4 são temporárias. Já nas do grupo intermediário 2 são temporárias e duas permanentes.

produção. Isto resulta num dos piores coeficientes agregados entre as RHEs e mostra que neste caso antes de mudanças na eficiência da irrigação, há necessidade premente de mudanças no mix de culturas irrigadas.

Por sua vez, a RHE2 tem 76,16% da água consumida na irrigação aplicada nas culturas de mais baixos coeficientes (21,78% da produção da RHE) ; 13,9% nas culturas de coeficientes intermediários (42,04% da produção) e 8,42% nas do primeiro grupo (36,16% da produção). Dentre essas últimas ,apenas 0,26% da água é aplicada nas melhores<sup>5</sup> (6,71% da produção). Apesar do coeficiente agregado resultar praticamente o mesmo da RHE1 e até um pouco pior, observa-se uma melhoria na adequação do mix de culturas, e um maior potencial de aumento deste coeficiente . Isto porque praticamente todas as culturas do primeiro grupo e do intermediário utilizadas na RHE (consumindo mais de 21% da água aplicada) pertencem ao sub-grupo com consumos acima da média e portanto apresentam potencial de melhoria desse coeficiente com uma maior eficiência na irrigação. (71% do valor da produção)

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 demanda mudanças no mix. No entanto, o percentual de água nas culturas do primeiro grupo e do grupo intermediário passam para mais de 25% (88% do valor da produção), sendo 5,5% aplicada no primeiro grupo (75% da produção). Desses 5,5% , 3,8% da água está aplicada nas melhores do primeiro grupo (43% do valor da produção). 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 aplicação 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 melhorando a 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% no feijão, arroz e milho (0,6% da produção) ; 26,2% nas culturas do grupo intermediário (28,5% da produção) e 55% nas do primeiro grupo (65% da produção) . Desse percentual aplicado no primeiro grupo, praticamente todo ele (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<sup>6</sup> 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.

## Jaguaribe

	<b>RHE 1</b> <b>(Alto Jaguaribe)</b>	<b>RHE 2</b> <b>(Médio Jaguaribe)</b>	<b>RHE 3</b> <b>(Banabuiú)</b>	<b>RHE 4</b> <b>(Baixo Jaguaribe)</b>
<b>Agricultura Irrigada</b>	1,10	0,57	1,55	1,48

Na bacia do Jaguaribe, em relação a bacia anterior uma primeira observação com relação aos coeficientes individuais das culturas, é a elevação dos coeficientes médios nas quatro RHEs de algumas culturas com parcelas consideráveis da produção que no Piranhas-Açú apareciam com valores muito baixos (arroz , feijão e milho). Com coeficientes médios na primeira faixa (maiores que R\$3,0/m<sup>3</sup>) e com uma parcela significativa da produção aparecem : Mandioca, Mamão e Banana. Na faixa intermediária (entre R\$ 1,0 e R\$ 3,0 /m<sup>3</sup>) aparecem: milho, feijão, manga, melão, caju e coco. Na pior faixa (abaixo de R\$1,0 /m<sup>3</sup>) ficam: arroz, sorgo e a goiaba.

Nota-se que das culturas da faixa até R\$1,0 /m<sup>3</sup> apenas a goiaba é permanente. Na faixa intermediária 3 culturas são temporárias e 3 são permanentes. Na primeira faixa são 2 permanentes e 1 temporária.

<sup>5</sup> Aquelas que além de altos coeficientes, possuem intensidades de uso da água em média menores do que 10.000ha.

<sup>6</sup> Todas as culturas do grupo intermediário aparecem com consumos maiores que a média utilizada.

Para verificar a questão da eficiência no uso da água, calculou-se a média das culturas na bacia de retirada de água e categorizou-se dentro de cada faixa as culturas com consumo acima ou abaixo dessa retirada média ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ). As culturas que aparecem consumindo em média nas quatro regiões mais do que esse valor médio calculado e ainda assim aparecem no primeiro grupo (maiores que  $\text{R\$}3,0/\text{m}^3$ ) foram: Mandioca e Mamão. Esses teriam uma margem pra melhorar ainda mais os seus coeficientes através da diminuição da retirada. Das culturas do grupo intermediário aparecem com consumos abaixo da média- Milho, Feijão e Caju. Isto pode explicar referente ao Piranhas-Açú a melhoria dos coeficientes de milho e feijão. Finalmente na pior faixa, apenas aparece usando valores abaixo da média da retirada, o sorgo que portanto deve ter um baixo coeficiente por ter baixos valores ao produtor.

A partir da análise dos coeficientes individuais, passa-se então a avaliar os coeficientes obtidos para os RHEs, pois os mesmos são na verdade uma agregação desses primeiros:

Olhando as quatro RHEs simultaneamente, observa-se que na pior faixa (constituída principalmente por arroz e sorgo) a RHE1, RHE3 e RHE4 possuem percentuais significativos de água consumida por estas culturas: (45,8%, 34,19% e 48% respectivamente), associadas a baixos valores de sua produção (10%, 9% e 12%). Dado que os coeficientes associados às principais culturas desta pior faixa estão bem abaixo de 1, o coeficiente agregado destas 3 RHEs aparecer igual ou maior do que 1, deve-se ao percentual de culturas na faixa intermediária e na melhor faixa que consomem : 52% (RHE1), 61%(RHE3) e 48%(RHE4) da água consumida na RHE. Estes valores são associados aos seguintes percentuais do valor da produção de cada um: (82%, 83% e 80%).

Observa-se a partir destes percentuais, que o mix de culturas irrigadas dessas RHE's, pelo menos em termos das três faixas estabelecidas, é bastante similar, e por isso os coeficientes agregados se assemelham. Assim, uma primeira recomendação seria a diminuição no mix destas RHEs do percentual de culturas da pior faixa. Ao mesmo tempo, com relação às culturas da faixa intermediária e melhor, há diferenças entre as RHEs, no potencial de melhoria do coeficiente agregado. Observa-se dentre estas (RHE1, RHE3 e RHE4 ) que o percentual de culturas nas duas melhores faixas que possuem médias de retirada acima do valor médio consomem respectivamente: 7,86% (RHE1), 1,55%(RHE3) e 23,72 % (RHE4) da água de cada região. Isto significa que a RHE4 apesar de não ter o maior valor de coeficiente, é o que tem maior potencial para tê-lo mesmo sem alterações no mix.

Propositalmente a análise da RHE2 foi deixada para ser feita de forma isolada, pois o coeficiente das culturas mais significativas da mesma apresentou desvios-padrão consideráveis em relação a média, e por isso impossibilitou a análise desta RHE junto às demais.

Para ver isso, basta compararmos com algum dos parágrafos anteriores, a proporção das culturas na RHE2, classificadas nas faixas de acordo com o coeficiente individual da cultura obtido pela média das 4 RHEs: ( 17% da água consumida na pior faixa associado a 7% do valor da produção; 77% da água consumida pelas culturas da intermediária e da melhor faixa associado a 80% do valor da produção). Ora, se essa distribuição fosse fidedigna, o RHE2 teria provavelmente o melhor coeficiente e não o pior.

O que ocorre na RHE2 é que culturas com proporções significativas na região, tais como milho, e feijão e que tem uma média de coeficiente individual nas 4 RHEs maior do que 1 e portanto podem ser classificadas nas duas melhores faixas, no caso da RHE2 possui um valor bem abaixo da média e portanto no caso da RHE2 deveria ser classificado na pior faixa. Se fizermos isso apenas para RHE2, pode-se observar com essas duas principais culturas(milho e feijão) na pior faixa, os percentuais passam a ser:84% da água consumida na RHE2 com culturas na pior faixa, associada a 70% do valor da produção, e 11% da água consumida por culturas nas melhores faixas associadas a 28% do valor da produção. Isto já justifica o baixo valor do coeficiente na RHE2, que cai em relação aos demais principalmente por ter coeficientes individuais de duas culturas significativas na sua produção e das demais regiões, bem menores do que os das demais RHEs.

Finalmente, é importante salientar que usando esta nova composição da pior faixa para a RHE2, apenas 10% da água aparece como sendo usada para culturas das melhores faixas (28% do valor da produção). Destes 10%, 8% tem potencial para melhoria do coeficiente através da eficiência no uso da água. Assim, nesta RHE o mix utilizado mostra-se ainda menos adequado do que os da anteriores , e mantendo-se este mix há pouco potencial de melhoria através de uma melhor eficiência no consumo de água.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Os coeficientes de uso obtidos para a agricultura irrigada nas diferentes RHE's apresentados, baseiam-se na matriz de coeficientes técnicos de recursos hídricos para a agricultura irrigada do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e portanto trazem também as mesmas limitações levantadas no estudo de origem. A análise dos coeficientes individuais por cultura permite concluir que de uma forma geral nas duas bacias, 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 m<sup>3</sup> de água aplicado. Sendo assim, há potencial para aumento dos valores dos coeficientes e portanto dos retornos em todas as regiões.

Os valores de coeficientes técnicos no uso da água nos diversos setores da economia e em diferentes regiões hidrográficas traz importantes subsídios na decisão de diferentes políticas de alocação de água, pois propiciam a associação de retornos econômicos às mesmas. Ademais, o cálculo deste retorno torna-se ainda mais importante dado que no caso das bacias estudadas, parte da água virá de uma bacia doadora, que apresenta também potencial no setor de agricultura irrigada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA – Agência Nacional de Água. **Região Hidrográfica do São Francisco**. Disponível me: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/SaoFrancisco.aspx> . acesso em 10/09/ 2012.
2. ANA *et al* - Agência Nacional de Água. **PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA BACIA DO SÃO FRANCISCO**. 2004.
3. Kondo, Y. and Nalamura, S. **Waste Input-Output Analysis – Concepts and Application to Industrial Econology**. Springer. 2009.
4. Febraban – Fundação de Apoio a Universidade de Viçosa. **Desenvolvimento da Matriz de Coeficientes técnicos para recursos hídricos no Brasil**. 2011.

Anexo 1: Regiões Econômicas bacia do Piranhas-Açu

REGIÃO 1 – Coremas		REGIÃO 2 – Armando		REGIÃO 3 – Jusante Armando	
Mini-bacias	Ottobacias	Mini-bacias	Ottobacias	Mini-bacias	Ottobacias
22	73697 a 73699	38	73671 a 73675	4	73612
23	73696	41	73657	49	73582 e 73613
28	73693 a 73695	42	73651 a 73655	50	73611, 73711 e 73582
21	73692	43	73637 a 73639	3	73583 a 73589
31	73691	44	73633 a 73636	2	73712 e 73711
17	73676	45	73631	5	73614
34	736781 e 736782	46 e 47	73617 a 73619	51	73711
35	736783	12	73656	52	73711
20	73684 a 73689	6	73616	48	73615
27	73681	9	73626		
19	73682	8	73629		
		26	73627		
		10	73622		
		11	73624		
		14	73628		
		25	73641 a 73645		
		7	73632		
		13	73658		
		15	73665 a 73669		
		24	73663 e 73664		
		1	73663		
		30	73664		
		18	73646 e 73648		
		16	73649 e 73648		
		29	73625 e 73648		
		32	73662		
		33	73623		
		36	73621		
		37	73661		
		39	73671		
		40	73659		

Anexo 2: regiões Econômicas bacia do Jaguaribe

Região 1 - Orós (Alto Jaguaribe)		Região 2 – Castanhão (Médio Jaguaribe)		Região 3 – Bababuiu		Região 4 – Baixo Jaguaribe	
Mini-bacias	Ottobacias	Mini-bacias	Ottobacias	Mini-bacias	Ottobacias	Mini-bacias	Ottobacias
27	7347	22	73453	8	73442	1,2,3	7341
28	7348	25	73454	4	73443	53	7342
29	7349	23	73455	10	73444		7343
30		26	73456	21	73445	6	73441
31		56	73457	24	73446	7	73451
32		60	73458	13	73447	7	73452
33		55	73459	9	73448		
59		19		17	73449		
38		54		11			
34		20		18			
37				5			
40				62			
41				15			
42				16			
43				14			
44				12			
45							
46							
57							
58							
39							
61							
35							

Anexo 3: Proporções dos municípios na Bacia do Piranhas-Açú

RHE1 (PB)			
Água Branca	0.9278	Malta	0.0228
Aguiar	0.9407	Manaíra	0.9679
Boa Ventura	1.0000	Nazarezinho	0.0132
Bonito de Santa Fé	0.1032	Nova Olinda	1.0000
Igaracy	0.9995	Olho d'Água	0.8952
Cajazeirinhas	0.0067	Patos	0.0108
Carrapateira	0.2243	Pedra Branca	0.9223
Catingueira	0.9320	Piancó	0.9070
Conceição	0.9070	Princesa Isabel	0.9688
Condado	0.0589	Santa Inês	0.7554
Coremas	0.5929	Santana de Mangueira	0.9742
Curral Velho	0.9882	Santana dos Garrotes	0.9464
Diamante	0.9046	Santa Teresinha	0.2880
Emas	0.8329	São José da Lagoa Tapada	0.0533
Ibiara	1.0000	São José de Caiana	1.0000
Imaculada	0.5758	São José de Piranhas	0.1157
Itaporanga	0.9839	São José de Princesa	0.9945
Juru	0.8428	Serra Grande	0.7988
Mãe D'Água	0.0184	Tavares	0.9594
RHE 2' (PB)			
Aguiar	0.0002	Nazarezinho	0.9832
São João do Rio do Peixe	0.9015	Nova Palmeira	0.9661
Aparecida	0.9923	Oliveiros	0.0003
Areia de Baraúnas	0.9801	Passagem	0.9782
Assunção	0.0646	Patos	0.8860
Baraúna	0.1685	Paulista	0.9582
Barra de Santa Rosa	0.0010	Pedra Lavrada	0.8823
Belém do Brejo do Cruz	0.9271	Picuí	0.8469
Bernardino Batista	0.9988	Poço Dantas	0.6910
Bom Jesus	0.9859	Poço de José de Moura	0.9833
Bom Sucesso	0.9454	Pombal	0.9296
Bonito de Santa Fé	0.8891	Quixabá	1.0000
Brejo do Cruz	0.9805	Riacho dos Cavalos	0.9680
Brejo dos Santos	0.7412	Salgadinho	0.7593
Cachoeira dos Índios	0.6077	Santa Cruz	0.8331
Cacimba de Areia	0.9852	Santa Helena	0.9488
Cacimbas	0.3149	Santa Luzia	0.9553
Cajazeiras	0.9461	Joca Claudino	0.8330
Cajazeirinhas	0.9854	Santa Teresinha	0.5675



Carrapateira	0.2376	Santarém	
Catingueira	0.0119	São Bento	0.7698
Catolé do Rocha	0.8772	São Bentinho	0.8409
Conceição	0.0095	São Domingos de Pombal	0.9466
Condado	0.8988	São Francisco	0.9303
Coremas	0.2542	São José da Lagoa Tapada	0.9043
Cubati	0.8541	São José de Espinharas	0.9781
Desterro	0.0348	São José de Piranhas	0.8230
Vista Serrana	1.0000	São José do Bonfim	0.9455
Emas	0.0165	São José do Brejo do Cruz	0.9239
Frei Martinho	0.8732	São José do Sabugi	1.0000
Imaculada	0.2053	São Mamede	0.9794
Jericó	0.9448	Seridó	0.7433
Juazeirinho	0.2693	Serra Grande	0.2012
Junco do Seridó	0.3460	Sossêgo	0.0667
Lagoa	1.0000	Sousa	0.9529
Lastro	0.9779	Taperoá	0.0166
Mãe D'Água	0.8857	Teixeira	0.7859
Malta	0.9772	Tenório	0.5284
Marizópolis	0.8963	Triunfo	0.9497
Mato Grosso	0.9944	Uiraúna	0.9662
Maturéia	0.9742	Várzea	0.8603
Monte Horebe	0.9563	Vieirópolis	0.9295
RHE 2" (RN)			
Acari	0.9885	Jucurutu	0.9350
Açu	0.0323	Lagoa Nova	0.8767
Alexandria	0.0523	Luís Gomes	0.0440
Almino Afonso	0.0361	Messias Targino	0.3862
Augusto Severo	0.0146	Ouro Branco	0.9007
Baraúna	0.1685	Paraná	0.0391
Bodó	0.9086	Paraú	0.0091
Bom Jesus	0.9859	Parellhas	0.8670
Caicó	0.9436	Passagem	0.9782
Campo Redondo	0.0257	Patu	0.2857
Carnaúba dos Dantas	0.9809	Santa Cruz	0.8331
Cerro Corá	0.1650	Santana do Matos	0.7498
Coronel Ezequiel	0.0097	Santana do Seridó	1.0000
Cruzeta	0.9983	São Fernando	0.8534
Currais Novos	0.9145	São João do Sabugi	0.9541
Equador	0.9598	São José do Seridó	0.9779
Fernando Pedro	0.0000	São Rafael	1.0000
Florânia	0.8589	São Vicente	0.9702

Ipueira	1.0000	Serra Negra do Norte	0.9710
Itajá	0.5016	Tenente Ananias	0.0549
Jaçanã	0.0797	Tenente Laurentino Cruz	1.0000
Jardim de Piranhas	0.9745	Timbaúba dos Batistas	0.9787
Jardim do Seridó	0.9076	Triunfo Potiguar	0.1051
João Dias	0.3278	Venha-Ver	0.0450
RHE3 ( RN)			
Açu	0.8015	Lajes	0.0164
Afonso Bezerra	0.8890	Macau	0.3246
Alto do Rodrigues	0.8715	Paraú	0.8832
Angicos	0.9477	Pedro Avelino	0.5459
Augusto Severo	0.1349	Pendências	0.8615
Carnaubais	0.8772	Porto do Mangue	0.1810
Fernando Pedro	0.9227	Santana do Matos	0.1758
Ipanguaçu	0.9870	Serra do Mel	0.4028
Itajá	0.2043	Triunfo Potiguar	0.7847
Jucurutu	0.0019	Upanema	0.0387

Anexo 4: Proporções dos municípios na Bacia do Jaguaribe

RHE 1 Orós (Alto Jaguaribe)			
Acopiara	0.8754	Jaguaribe	0.0155
Aiuaba	0.8894	Jucás	0.8888
Altaneira	0.5196	Mombaça	0.0316
Antonina do Norte	0.9851	Nova Olinda	0.9855
Araripe	0.7822	Orós	0.8067
Arneiroz	0.8965	Parambu	0.9073
Assaré	0.8769	Pedra Branca	0.0163
Campos Sales	0.8736	Piquet Carneiro	0.0080
Caririaçu	0.1030	Potengi	0.9919
Cariús	0.9388	Quiterianópolis	0.0089
Catarina	0.8772	Quixelô	0.9415
Cedro	0.0079	Saboeiro	0.9703
Crato	0.1096	Salitre	0.7536
Deputado Irapuan Pinheiro	0.0564	Santana do Cariri	0.8416
Farias Brito	0.8964	Solonópole	0.0111
Granjeiro	0.0031	Tarrafas	0.8863
Icó	0.0194	Tauá	0.8846
Iguatu	0.9144	Várzea Alegre	0.1596
Independência	0.0027		
RHE 2 Castanhão (Médio Jaguaribe)			
Acopiara	0.0036	Morada Nova	0.0084
Alto Santo	0.6346	Orós	0.0771
Banabuiú	0.0049	Pereiro	0.8858
Deputado Irapuan Pinheiro	0.7859	Piquet Carneiro	0.0096
Ererê	0.8870	Potiretama	0.8959
Icó	0.3939	Quixelô	0.0171
Iracema	0.9732	Quixeramobim	0.0001
Jaguaretama	0.5201	São João do Jaguaribe	0.7367
Jaguaribara	0.7690	Senador Pompeu	0.0000
Jaguaribe	0.8740	Solonópole	0.9308
Limoeiro do Norte	0.0011	Tabuleiro do Norte	0.0176
Milhã	0.4994		
RHE 3 Banabuiú			
Acopiara	0.0157	Milhã	0.4809
Arneiroz	0.0046	Mombaça	0.9284
Banabuiú	0.9505	Monsenhor Tabosa	0.7411
Boa Viagem	0.9315	Morada Nova	0.4540
Canindé	0.0044	Pedra Branca	0.9183
Choró	0.0090	Piquet Carneiro	0.9234
Deputado Irapuan Pinheiro	0.0604	Quixadá	0.7599

Ibaretama	0.1366	Quixeramobim	0.9534
Ibicuitinga	0.4893	Santa Quitéria	0.0272
Independência	0.0052	São João do Jaguaribe	0.0040
Itatira	0.7957	Senador Pompeu	0.9812
Jaguaretama	0.3862	Solonópole	0.0049
Jaguaribara	0.0344	Tamboril	0.0027
Limoeiro do Norte	<b>0.0103</b>	Tauá	0.0162
Madalena	0.9536		
<b>RHE 4 Baixo Jaguaribe</b>			
Alto Santo	0.2375	Limoeiro do Norte	0.8625
Aracati	0.5295	Morada Nova	0.2587
Fortim	0.3808	Palhano	0.5931
Ibaretama	0.0009	Quixeré	0.5752
Ibicuitinga	0.3641	Russas	0.8580
Itaíçaba	0.9293	São João do Jaguaribe	0.2413
Jaguaruana	0.7519	Tabuleiro do Norte	0.7776