

Custo de Disponibilização e Distribuição da Água por Diversas Fontes no Ceará

José Carlos de Araújo

* *Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará.*

* *Beneficiário CNPq.*

* *Engenheiro Civil (UFC, 1985).*

* *Mestre em Engenharia Civil (Universidade de Hannover, 1989).*

* *Doutor em Hidráulica e Saneamento (Escola de Engenharia de São Carlos (USP)).*

Pedro Antonio Molinas

* *Diretor Técnico de Acquatoool Consultoria.*

* *Engenheiro de Recursos Hídricos (Faculdade de Engenharia e Ciências Hídricas, Universidade Nacional do Litoral, Santa Fé, Argentina).*

* *Mestre em Engenharia Civil – Recursos Hídricos e Saneamento (IPH/UFRGS 1991).*

Elano Lamartine Leão Joca

* *Engenheiro de Acquatoool Consultoria.*

* *Engenheiro Civil (UFC, 1998).*

* *Mestre em Engenharia Civil – Recursos Hídricos (UFC, 2001).*

Cláudio Pacheco Barbosa

* *Engenheiro da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará (COGERH).*

* *Engenheiro Civil (UNIFOR, 1995).*

* *Mestre em Engenharia Civil – Recursos Hídricos (UFC, 2000).*

Carlos Jaime de Souza Bemfeito

* *Engenheiro Civil.*

Paulo Sérgio do Carmo Belo

* *Administrador.*

* *Bolsista do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará.*

Resumo

Relata uma avaliação dos custos dos investimentos necessários para disponibilizar e distribuir a água no Estado do Ceará por meio de diversas fontes, tema fundamental para subsidiar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos. Analisa os custos de disponibilização de água: superficial (regularização de rios por barragens); subterrânea (nos domínios sedimentares e cristalinos); de reúso e de cisterna de placas. Também avalia os custos para melhor distribuição da água disponibilizada por meio de barragens, adutoras e carros-pipas. Do estudo verificam-se os seguintes custos: água superficial 0,091 R\$ por m³ com 90% de garantia; água subterrânea no cristalino 0,118 R\$/m³ e no sedimento 0,101 R\$/m³; água de reúso (para 20.000 habitantes) 0,090 R\$/m³ e água de cisterna 1,240 R\$/m³ (ou apenas 11,25 R\$/hab/ano). A distribuição de água por meio de barragens custa 0,146 R\$/m³, enquanto por meio de adutoras custa 263 R\$/hm³.km.m e por carros-pipas 9,827 R\$/m³ (ou 70,68 R\$/hab/ano). Apresenta bases para política de gestão de recursos hídricos e mostra que alternativas de disponibilização de água como reúso e cisternas devem ser consideradas nas políticas de balanço hídrico e de universalização do acesso à água.

Palavras-chave:

Custos de água; Gestão dos recursos hídricos; Semi-árido; Ceará.

1- INTRODUÇÃO

Planejar, agir e avaliar ações são partes fundamentais do processo de gestão das águas, cujo objetivo é garantir, de forma sustentável, água em quantidade e qualidade suficientes para as necessidades da sociedade e dos ecossistemas. Para planejar de modo conseqüente, portanto, é necessário avaliar corretamente a necessidade de recursos físicos, humanos e financeiros para implementar ações. Neste sentido o presente artigo apresenta metodologia e cálculo dos custos de intervenções capazes de ampliar a oferta e a distribuição da água no Estado do Ceará, ou seja, intervenções capazes de implementar a disponibilização da água bruta.

O Ceará localiza-se quase que inteiramente no polígono das secas, daí sua vulnerabilidade no que se refere à garantia de oferta hídrica. A única saída capaz de ampliar a garantia de água em quantidade e qualidade é o fortalecimento do sistema de gestão. Neste sentido é preciso verificar que o processo envolve três planos: gestão da oferta, gestão da demanda e gestão da qualidade da água. Ampliar a oferta implica cada vez mais novos investimentos e impactos ambientais e sociais, sendo necessário intervir com o mesmo vigor no sentido de administrar melhor a demanda, inclusive reusando a água. Outro aspecto relevante é o fato de que grande parte da oferta encontra-se concentrada no Estado, sendo necessário investir para que a água garantida possa ser ofertada com boa distribuição espacial.

O presente trabalho apresenta avaliação dos custos de disponibilização e distribuição da água no Ceará. Tais informações possibilitam, aos órgãos gestores do Estado, a elaboração de planos de intervenção e facilitam as tomadas de decisões no processo de estruturação de uma política tarifária para o setor de água bruta. O mês de referência para os preços de material e serviços é agosto de 2001, quando US\$ 1,00 valia R\$ 2,55.

1.1 - Cobrança Pelo Uso da Água Como *Instrumento de Gestão*

É necessário compreender a cobrança pelo uso da água como “instrumento” de gestão, como introdu-

zida na lei federal, devendo sempre estar acoplada a um processo democrático de outorga e alocação para que surta os desejáveis efeitos de universalização e uso racional desse recurso tão precioso e limitado.

Neste sentido, Carrera-Fernandez e Garrido (2000) também apresentam a tarifa: os autores analisam os estudos mais relevantes sobre o tema no Brasil e concluem que a metodologia de tarifação com base no custo médio é uma “forma justa de fazer com que os usuários participem do custo de gerenciamento da água”. Observam os autores ainda que os custos marginais são suficientes para financiamento da infraestrutura. Pessoa (2002), após apresentar modelo tarifário em diversos países (França, Alemanha, Inglaterra, País de Gales, Austrália, Chile, México) e em dois estados brasileiros (SP e CE), ressalta que a cobrança não deve ser vista como fonte de recursos, mas como instrumento de gestão. Analisa o caso de Salto Grande, aplicando modelo tarifário sugerido por Souza (1995) para estabelecimento de tarifa pelo uso da água como diluidor de efluentes para cenário de dez anos. Vieira e Shirota (2000), por sua vez, avaliam critérios de tarifa da água para irrigação na bacia do rio Curu, Ceará, através de curvas de demanda de curto prazo. Os autores avaliam que 36,6% da água não são alocados em culturas de maior valor e defendem que

“se o acesso à água fosse limitado apenas àqueles que estivessem dispostos a pagar o preço de equilíbrio, o primeiro impacto no projeto seria a seleção dos irrigantes mais eficientes e aumentaria substancialmente o valor bruto da produção, cresceriam as receitas do governo (com eliminação de subsídios) e cobririam com folga os custos de operação e manutenção do sistema de suprimento”.

A conclusão dos referidos autores é temerária, indicando visão da água como simples mercadoria na perspectiva neoclássica. A tarifa serviria, no caso, não como instrumento de gestão, mas como geradora de exclusão de usuários que não detenham capacidade de pagamento.

Aceita-se, de forma cada vez mais unânime, o princípio dos usos múltiplos da água, não se deven-

do permitir que determinado setor, uma vez sobressaindo-se em relação aos outros no que se refere à capacidade de pagamento, venha a controlar o sistema hídrico. Sobre o tema recomendamos, entre outros, os trabalhos de Silva e Souza (2000) sobre conflitos entre hidroeletricidade e demais usos da água; Carrera-Fernandez (2000) sobre usos múltiplos da água na bacia do rio Formoso, Bahia, no qual indica que a melhor política é a que mantém possibilidades iguais para os diversos setores usuários, com eventual privilégio a setores com alto benefício social; e Dias, Bezerra e Ramos (2000), que discutem a importância das agências reguladoras na resolução de conflitos pelo uso da água.

Outro possível caminho para avaliação de implantação de política tarifária é a avaliação da disposição a pagar (DP). Como exemplos mais recentes de relevantes estudos nessa área podem ser citados Carrera-Fernandez e Menezes (2000), que avaliam a disposição a pagar do setor de abastecimento de água potável (uso consuntivo) e Ferreira (2000), que estima a disposição a pagar pela preservação do manguezal do rio Ceará (uso não consuntivo). Carrera-Fernandez e Menezes (2000) concluem que a DP das concessionárias de água potável é inferior à tarifa considerada necessária, o que torna inevitável a participação do setor público no processo de melhoria dos sistemas de abastecimento. Ferreira (2000) avalia que, ao contrário do que se esperava, a DP é maior entre os habitantes que residem há menos tempo na área de estudo. Devido à impossibilidade de se mensurar valor de não-uso (como as funções ecológicas), Ferreira (op. cit.) sugere o uso de “processos antropomórficos”, através dos quais não se avalia o valor do meio ambiente, mas a preferência das pessoas envolvidas em processos sócioambientais. Por fim, o artigo sugere uso do valor DP como referência em políticas de preservação ambiental.

1.2 - Preço da Água no Mundo

Dinar e Subramanian (1997) estudaram os preços de água praticados em 22 países de todos os continentes. Os autores também chamam a atenção que o objetivo maior da cobrança pelo uso da água

deve ser a melhoria do processo de gestão e conservação da água. Levantamento indica que, nesses países, o aumento tarifário tem sido muitas vezes superior à inflação. Quanto ao modelo de cobrança, avaliam que em 37% dos casos a cobrança é feita por meio de tarifas volumétricas fixas, em 22% dos casos os preços sobem com o consumo, em 38% os preços decrescem com o consumo e em 3% dos casos o modelo utilizado é misto, como em Taiwan, onde a tarifa é crescente até determinado valor de referência, decrescendo a partir daí. Entre as diferentes razões para cobrança identificadas por Dinar e Subramanian, três prevalecem, quais sejam, recuperação de custos, transferência de renda através de subsídios cruzados e melhoria na gestão dos recursos hídricos. Os autores admitem, em vários países, que a tarifação da água para a irrigação gera sério conflito com interesses da política de segurança alimentar. Quanto à base de cálculo da tarifa, afirmam que, para uso agrícola e urbano, “todos os países em desenvolvimento e alguns países desenvolvidos pesquisados cobram com base nos custos médios, não com base nos custos marginais” (p.4). Poucos países tentam recuperar seus custos de capital (investimento) através da tarifação de água. Entre os que têm política para recuperação de pelo menos parte desses custos, estão citados Brasil e Austrália. Países como Índia e Paquistão recuperam, com a cobrança do setor de irrigação, somente de 20% a 30% de seus custos de operação, administração e manutenção (OAM). Madagascar recupera, na irrigação, cerca de 75% de seus custos OAM. Entre as recomendações dos autores encontra-se a de que o Estado transfira a responsabilidade gerencial da água para o setor privado sem que o estudo indique quais as conseqüências de medida desta ordem. No entanto, os autores, citando Gorriz, Subramanian e Simas (1995), limitam-se a arriscar que essa medida garantiria uma sustentabilidade “financeira” (p.9), sem qualquer menção à sustentabilidade social, ambiental ou econômica da política tarifária. Os principais resultados do trabalho de Dinar e Subramanian podem ser vistos na Tabela 1. Os valores são dados em US\$ de 1996.

Segundo IWRA (2001, p.6-8), pesquisa recente em 14 países da América do Norte, África, Euro-

pa e Oceania avalia que o preço cobrado pela água cresceu 3,8% somente no ano de 2000. O valor cobrado pelas companhias de abastecimento é, em média, 0,764 US\$/m³. A tarifa mais elevada é praticada na Alemanha, 1,520 US\$/m³, enquanto a tarifa mais baixa é a da África do Sul, 0,340 US\$/m³.

2 - CUSTOS DE DISPONIBILIZAÇÃO DA ÁGUA

Neste trabalho avaliam-se os “custos médios” dos processos de engenharia, no atual nível tecnológico, necessários à disponibilização de água no Estado do Ceará. A metodologia aqui apresentada, portanto, não corresponde à estimativa de custos através de fronteiras eficientes (ver, por exemplo, Farrell, 1957; Bauer, 1990; Seiford e Thrall, 1990). Um dos empecilhos em se aplicar tal metodologia seria o de avaliar com consistência os complexos processos produtivos reais. Assim, várias hipóteses simplificadoras foram admitidas, tendo por base

valores usualmente praticados na já secular experiência local em engenharia de recursos hídricos. É necessário, portanto, ressaltar-se que os custos aqui avaliados podem conter, na sua composição, práticas ineficientes associadas em nível tecnológico e/ou administrativo da engenharia local. Também é digno de menção o fato de que os prazos de financiamentos aqui adotados e suas respectivas taxas de juros são baseados nos valores praticados pelos órgãos financiadores, em seus diferentes níveis, uma vez que os parâmetros para construção de grandes obras diferem-se substancialmente daqueles para construção de pequenos empreendimentos.

2.1- Disponibilização pela Regularização de Rios por Barragens

A água regularizada dos rios através de barragens responde por cerca de 91% do abastecimento no Estado do Ceará, uma vez que seus rios são intermitentes e seus aquíferos apresentam fortes limita-

Tabela 1- Preços da água no Brasil e no Mundo

País	Custos US\$/m ³ (1996)		
	Agricultura	Abastecimento	Indústria
Argélia	0,019 - 0,22	0,057 - 0,27	4,64
Austrália	0,0195	0,23 - 0,54	7,82
Botsuana	(-)	0,28 - 1,48	(-)
Brasil	0,0042 - 0,032	0,40	(-)
Canadá	0,0017 - 0,0019	0,34 - 1,36	0,17 - 1,52
França	0,11 - 0,39	0,36 - 2,58	0,36 - 2,16
Índia	0,164 - 27,47 ⁽¹⁾	0,0095 - 0,082	0,136 - 0,290
Israel	0,16 - 0,26	0,36	0,26
Itália	20,98 - 78,16 ⁽¹⁾	0,14 - 0,82	(-)
Madagascar	6,25 - 11,25 ⁽¹⁾	0,325 - 1,25	(-)
Namíbia	0,0038 - 0,028	0,22 - 0,45	(-)
Nova Zelândia	6,77 - 16,63 ⁽¹⁾	0,31 - 0,69	(-)
Paquistão	1,49 - 5,80 ⁽¹⁾	0,06 - 0,10	0,38 - 0,97
Portugal	0,0095 - 0,0193	0,1526 - 0,5293	1,19
Espanha	0,0001 - 0,028	0,0004 - 0,0046	0,0004 - 0,0046
Sudão	4,72 - 11,22	0,08 - 0,10	0,08 - 0,10
Taiwan	23,30 - 213,64 ⁽¹⁾	0,25 - 0,42	(-)
Tanzânia	0,260 - 0,398	0,062 - 0,241	0,261 - 0,398
Tunísia	0,020 - 0,078	0,096 - 0,529	0,583
Uganda	(-)	0,38 - 0,59	0,72 - 1,35
Estados Unidos	0,0124 - 0,0438	(-)	(-)
Reino Unido	(-)	0,0095 - 0,0248	(-)

Fonte: Dinar e Subramanian (1997); ⁽¹⁾ US\$/ha/ano

ções. A vazão que se pode extrair de um reservatório (vazão regularizável) está associada a uma garantia de oferta anual. Assim, quanto maior a vazão regularizável, maior a probabilidade de escassez (parcial ou total) e, portanto, menor a garantia de oferta anual. O nível de garantia mais freqüentemente utilizado no planejamento de bacias do semi-árido é o de 90% anual, ou seja, a vazão regularizável apresenta 10% de probabilidade de escassez a cada ano. Para o cálculo do nível de garantia utilizam-se princípios da hidrologia estocástica (CAMPOS, 1996).

2.1.1 - Análise de custo para garantia de oferta de 90%

Uma avaliação do comportamento dos custos para barragens do Ceará foi feita por Araújo (1996a, 1997) e sintetizada em Fontenele e Araújo (2001). Para isso foi utilizada análise de dezessete reservatórios com volume variando entre 5 hm³ e 450 hm³ de acordo com Mota (1995). Este artigo acrescenta, ao estudo de Araújo (1996a, 1997), custos referentes a vinte novas barragens, incluídas despesas com projeto, obra e desapropriações, projetadas e/ou construídas recentemente no Ceará.

A abordagem utilizada para avaliar os custos de capital é a de recuperação dos investimentos: calculadas as anuidades para 50 anos e juros de 8% ao ano. Os custos unitários (R\$/m³) são obtidos dividindo-se a anuidade do investimento (R\$/ano) pela vazão regularizável para a garantia de oferta de 90% (m³/ano). Os valores apresentados a seguir são corrigidos para agosto de 2001 pelo índice nacional da construção civil INCC.

Para a composição dos orçamentos dos projetos que apresentam apenas quantitativos, toma-

ram-se por base os preços dos serviços praticados no projeto da barragem Flor do Campo. Os serviços de administração e fiscalização são orçados através de verbas, definidas como porcentagens do somatório dos valores dos serviços restantes, como apresentado na TABELA 2.

Os principais resultados da análise de custos dos novos barramentos analisados são apresentados na Tabela 3. Considerando-se que o número de barragens analisadas aumentou de 17 (ARAÚJO, 1997; FONTENELE e ARAÚJO, 2001) para 37 (este estudo) e que as construções se dão em diferentes condições cronológicas (rareamento dos boqueirões mais eficientes) e administrativas (anteriormente construídas pelo Dnocs e atualmente terceirizadas pelo governo do Estado), era razoável esperar o aumento da dispersão da amostra, o que de fato ocorreu. A Tabela 4 mostra as diversas equações de regressão obtidas para o cálculo dos custos da disponibilização da água por meio de barragens no Ceará, incluídas variáveis estatísticas. A relação entre custos da água e capacidade de armazenamento das barragens é extremamente frágil, como pode ser observado no Gráfico 1, segundo a qual o coeficiente de correlação da melhor regressão é $r = 0,407$ e erro médio de previsão supera 255%. Melhores relações podem ser obtidas conforme visto nos Gráficos 2 e 3, que mostram os custos em função do rendimento hidrológico e do parâmetro pC1, respectivamente. Observe-se ainda que, de acordo com o Gráfico 3, todos os dados situam-se dentro ou muito próximos das envoltórias de um desvio padrão.

Entre as equações estudadas, a melhor (equação 1) é a que descreve os custos em função do

Tabela 2- Porcentagens utilizadas para a composição dos serviços básicos referente à administração e à fiscalização

Serviços básicos	Percentual utilizado (%)
Instalação e Manutenção do Canteiro de Obra	1,5
Mobilização	1,5
Desmobilização	1,5
Placas Alusivas à Obra	0,1

Fonte: BARBOSA, 2000.

parâmetro de custos pC1 (definido na equação 2), apresentando coeficiente de correlação $r = 0,691$ e erro médio absoluto de 32,8% em relação aos valores efetivos em que RH é o rendimento hidrológico (razão entre vazão regularizável com 90% de garantia Q90 e vazão afluente média Qafl) e α é o fator adimensional de forma do reservatório (CAM-

POS, 1996) dado por $\alpha = \frac{\sum V(h)}{\sum h^3}$, sendo h a altura da coluna d'água no reservatório e V o volume correspondente.

$$C(\text{R\$}/\text{m}^3) = 0,0690 \cdot \text{pC1}^{-0,9389} \quad (1)$$

$$\text{pC1} = \text{RH} \cdot \alpha^{0,10} \quad (2)$$

Tabela 3 - Dados de custos de investimento da disponibilização de água por barragens no Ceará (juros 12% ao ano, prazo 50 anos)

Barragens	Q90 (hm ³ /ano)	Qafl (hm ³ /ano)	Rendim. Hidrol. Q90/Qafl	Capacidade (hm ³)	Custo Total (R\$)	Anuidade (R\$/ano)	Fator Forma α (-)	Custo unitário (R\$/m ³)
Angicos	22,927	66,825	0,343	56,050	7.831.736,30	943.071,55	14.385	0,041
Aracoiaba	58,720	106,781	0,550	170,700	17.362.126,70	2.090.689,37	7.806	0,036
Arrebita	3,810	11,921	0,320	19,600	2.518.604,82	303.281,99	8.585	0,080
Atalho	44,119	192,370	0,229	108,250	57.475.187,52	6.920.970,31	4.389	0,157
Barra Velha	15,768	74,110	0,213	99,500	8.899.770,69	1.071.680,69	75.621	0,068
Bengüê	6,276	42,889	0,146	19,560	4.192.844,04	504.888,29	2.872	0,080
Canafistula	1,823	9,114	0,200	13,110	2.049.230,01	246.761,44	8.055	0,135
Canoas	14,507	26,238	0,553	45,550	12.733.270,45	1.337.570,69	675	0,092
Carão	5,405	30,054	0,180	23,000	7.199.955,03	866.994,56	7.530	0,160
Castanhão	688,746	1.881,816	0,366	4.451,660	520.000.000,00	62.616.665,02	40.875	0,091
Castro	17,345	42,511	0,408	63,900	7.487.798,40	901.655,71	6.535	0,052
Catu	6,717	18,922	0,355	27,130	7.317.671,41	881.169,58	17.297	0,131
Cahuípe	4,857	22,075	0,220	11,000	4.778.617,16	575.425,13	25.379	0,118
Caxitoré	73,164	175,119	0,418	202,000	9.073.000,03	1.092.540,39	7.600	0,015
Cipoada	7,950	27,405	0,290	86,000	7.894.591,88	950.640,41	28.978	0,120
Favelas	31,536	392,339	0,080	30,100	84.001.849,61	10.115.222,46	6.557	0,321
Flor do Campo	11,984	59,414	0,202	111,300	10.312.614,74	1.241.810,66	29.812	0,104
Frios	16,714	75,623	0,221	33,020	9.559.045,91	1.151.068,41	6.575	0,069
Gangorra	6,717	25,576	0,263	43,700	5.755.715,13	693.084,01	13.623	0,103
Itaúna	35,762	208,106	0,172	77,500	4.012.124,54	483.126,65	39.455	0,014
Jerimum	7,594	36,361	0,209	20,500	5.742.272,82	691.465,33	3.181	0,091
Melancia	8,830	16,493	0,535	28,890	7.505.576,88	903.796,53	7.037	0,102
Mons. Tabosa	2,964	7,537	0,393	12,100	1.817.175,45	218.818,21	1.223	0,074
Muquém	10,754	34,090	0,315	47,600	6.486.675,69	781.103,84	3.521	0,073
Patu	23,062	62,315	0,370	71,830	26.076.964,66	3.140.101,08	2.447	0,136
Paulo	12,299	40,429	0,304	27,260	5.516.787,41	664.313,13	2.063	0,054
Pedras Brancas	69,978	125,009	0,560	434,050	19.621.927,33	2.362.807,02	16.549	0,034
Pentecoste	134,028	421,100	0,318	395,640	14.216.008,21	1.711.844,28	39.058	0,013
Premuoca	1,000	4,352	0,230	5,200	2.014.945,81	242.633,05	3.996	0,243
Realejo	4,816	24,062	0,200	31,550	9.788.764,67	1.178.730,38	5.111	0,245
Riacho dos Carneiros	15,349	54,810	0,280	37,180	16.125.279,38	1.941.752,34	840	0,127
Sítios Novos	34,374	94,608	0,363	123,200	15.054.495,68	1.812.812,14	23.698	0,053
Souza	9,461	28,477	0,332	30,840	5.329.614,47	641.774,39	4.461	0,068
Tejuquoca	12,416	33,554	0,370	40,660	11.845.176,11	1.426.356,59	1.948	0,115
Trapiá	2,981	9,019	0,331	18,190	2.229.572,60	268.477,69	1.300	0,090
Trussu	32,482	94,608	0,343	326,800	43.567.715,34	5.246.278,92	13.419	0,162
Ubalzinho	7,884	15,831	0,498	32,000	5.734.115,60	690.483,07	24.503	0,088

Fonte: Dados da pesquisa

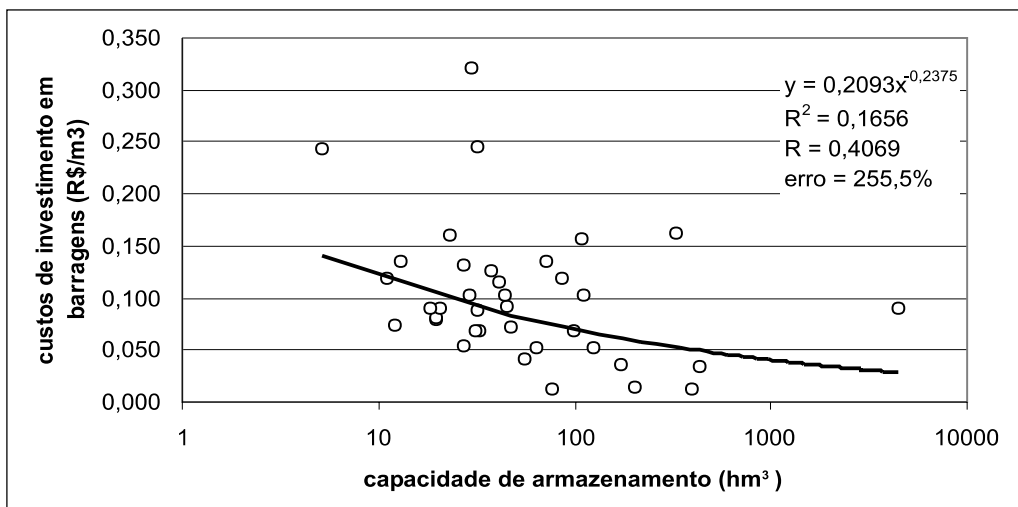


Gráfico 1 – Custo de investimento para disponibilização da água por meio de barragens no Ceará em função da capacidade de armazenamento.

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 4 - Equacionamento dos custos de investimento no Ceará

Variável independente	Equações	r ²	r	Erro médio	Nº de dados Rejeitados
Rendimento hidrológico	$C = 0,0273 * RH^{-0,987}$	0,3972	0,6302	42,10%	4 (10,8%)
RH= Q90/QafI	$C = 0,2588 * \exp(-3,3008 * RH)$	0,3695	0,6079	43,60%	4 (10,8%)
Parâmetro	$C = 0,0690 * pC1^{-0,9389}$	0,4774	0,6909	32,80%	5 (13,5%)
pC1= RH*a ^{0,10}	$C = 0,2483 * \exp(-1,2572 * pc1)$	0,4372	0,6612	34,60%	5 (13,5%)
Parâmetro	$C = 0,0993 * pC2^{-1,2548}$	0,4589	0,6771	33,80%	5 (13,5%)
pC2= RH ^{0,70} *a ^{0,10}	$C = 0,3427 * \exp(-1,1917 * pC2)$	0,4292	0,6551	35,10%	5 (13,5%)

C = custo de investimento (R\$/m³, agosto de 2001)

Fonte: Dados da pesquisa

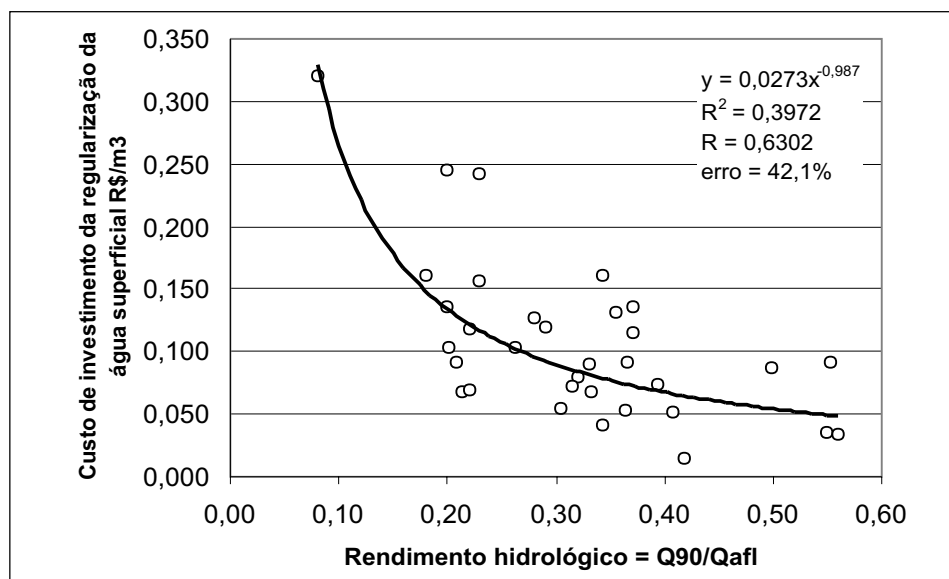


Gráfico 2 – Custo de Investimento para disponibilização da água por meio de barragens no Ceará em função do rendimento hidrológico

Fonte: Dados da pesquisa

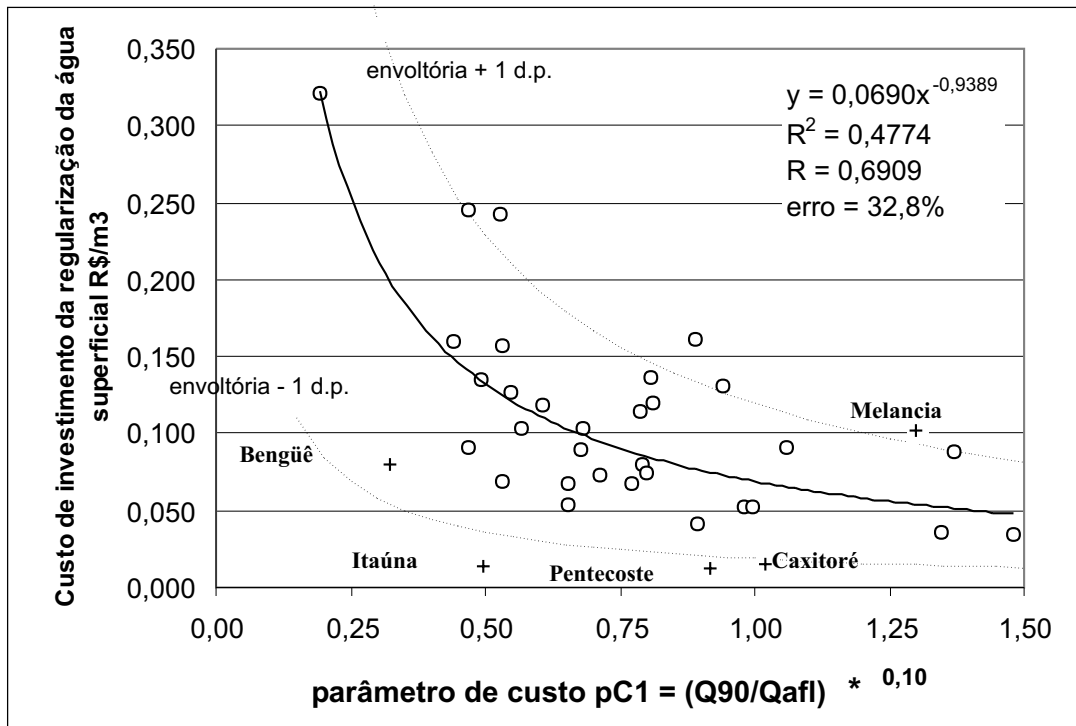


Gráfico 3 – Custo de investimento para disponibilização da água por meio de barragens no Ceará em função do parâmetro pC1

Fonte: Dados da pesquisa

O Gráfico 4 apresenta o histograma de custos unitários de disponibilização da água por meio de barragens, sendo Pentecoste a que oferta água mais barata (0,013 R\$/m³) e Favelas a que oferta água a mais alto custo (0,321 R\$/m³). De acordo com o Gráfico 4, pode-se concluir que a faixa em que os custos são mais freqüentes é entre 0,052 e 0,091 R\$/m³, com 12 casos, o que corresponde a quase um terço dos açudes estudados. Agrupando-se as classes é possível ainda avaliar que ¾ dos casos têm custos entre 0,013 e 0,130 R\$/m³. O custo médio de investimento (dado pela razão entre a soma das anuidades e a soma das vazões Q90 para as 37 barragens estudadas) é 0,081 R\$/m³; a média dos custos individuais é 0,101 R\$/m³ e a mediana é 0,088 R\$/m³.

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que a região que apresenta menores custos é o Curu (0,033 R\$/m³), sendo a região das bacias Litorâneas a de maior custo (0,118 R\$/m³). Araújo et al. (2003) mostram também que, exceto para situações especiais (bombeamento e estruturas com

alto custo de manutenção), os custos de operação, administração e manutenção da infra-estrutura hídrica superficial totalizam cerca de 8% dos custos de investimento correspondentes.

2.1.2 - Variação do custo em função da garantia de oferta

Ao se regularizar a vazão de um rio, o reservatório pode disponibilizar a água em diversas taxas. A cada taxa, ou vazão regularizável, corresponde uma garantia associada. A garantia de oferta hídrica deverá ser fundamental tanto no planejamento quanto na definição da política tarifária, uma vez que a vazão liberada anualmente pelo reservatório depende do nível da água no início da estação seca que, por sua vez, guarda estreita relação com a garantia de oferta.

Por essa razão, é necessário avaliar os custos da produção de água bruta não só para 90% de garantia, como usualmente, mas para uma faixa de garantias. Wendell Carneiro de Araújo (2000) estudou o sistema hídrico da bacia do rio Paraíba

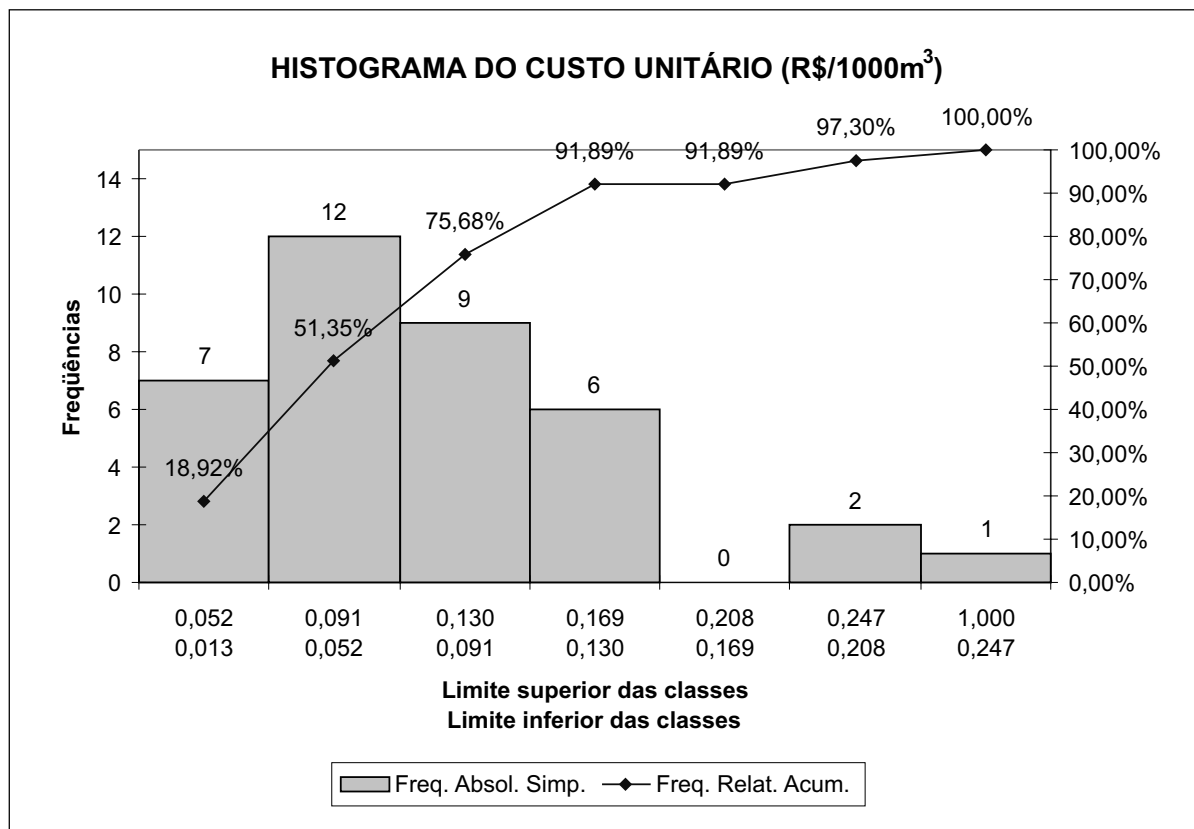


Gráfico 4 – Histograma do Custo Unitário

Fonte: Dados da pesquisa

com este propósito. Nesse sentido o autor identificou os reservatórios de porte médio e grande do sistema, totalizando quinze obras, e modelou a série de vazões afluentes. A seguir realizou-se simulação estocástica da operação conjunta dos quinze reservatórios de acordo com metodologia indicada por Campos (1996). Os reservatórios de primeira ordem (de montante) eram simulados até que se encontrasse a vazão regularizável com a garantia desejada. Em seguida eram simulados os reservatórios de segunda ordem (aqueles que tinham um ou mais reservatórios de primeira ordem a montante) considerando-se operação simultânea do sub-sistema, até que se calculasse a vazão regularizável com a garantia de estudo. Ao final simulavam-se os reservatórios de terceira ordem (a jusante de pelo menos um de segunda ordem) para avaliar a vazão associada à garantia desejada. Esse processo foi avaliado, para a bacia do rio Paraíba, para garantias anuais de 70%, 80%, 90% e 99%. A seguir avaliaram-se os custos de investimento e OAM de cada reservatório. Anualizando-se esses

dados e dividindo-os pela vazão regularizável associada a determinada garantia, calcula-se o valor do custo unitário da produção de água, na bacia, para esta mesma garantia. Por ser a bacia do rio Paraíba representativa do semi-árido brasileiro e por utilizar metodologia semelhante à proposta neste trabalho, serão utilizados seus resultados para fins de avaliação dos custos associados a diferentes garantias para o Ceará. Os custos foram orçados por W. C. Araújo (2000) de acordo com preços de dezembro de 1998 e atualizados para agosto de 2001 com base no índice nacional da construção civil (INCC). Para o cálculo das anuidades admitiu-se (LANNA, 1994) prazo de 50 anos e juros de 8% ao ano. O Gráfico 5 mostra a evolução dos custos unitários de produção com a garantia associada.

A Tabela 5 apresenta a variação dos custos de investimento, para cinco importantes reservatórios do Ceará, para garantias de regularização entre 70% e 99%.

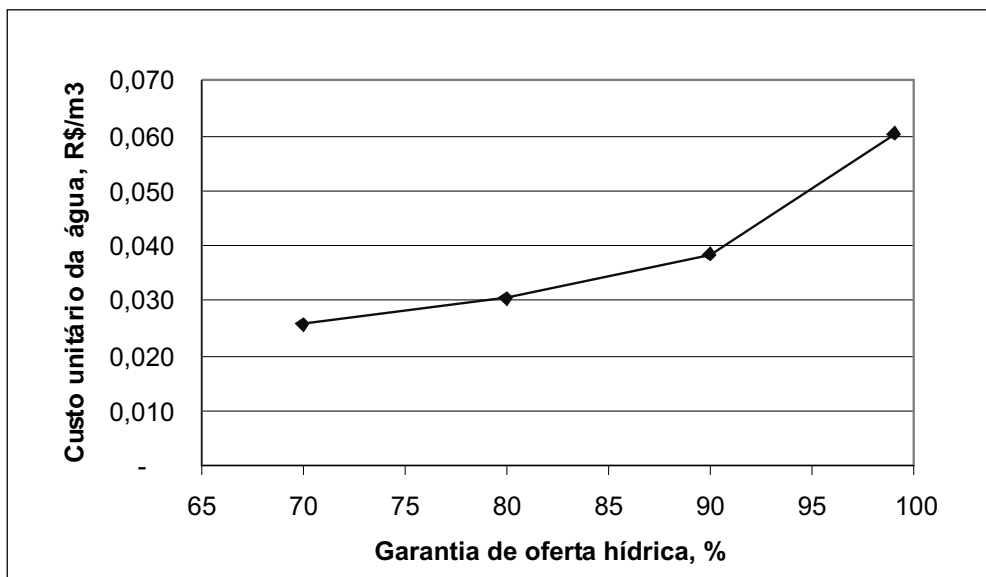


Gráfico 5 - Custos de investimento para disponibilização da água superficial na bacia do rio Paraíba
 Fonte: (Araújo, 2000)

Tabela 5 - Variação do custo de investimento em barragens no Ceará em função de diversas garantias de oferta

Barragem	Custo (R\$/m³), referência agosto de 2001, para garantia de...				
	70%	80%	90%	95%	99%
Orós	0,074	0,088	0,111	0,139	0,175
Castanhão	0,061	0,072	0,091	0,114	0,143
Lima Campos	0,033	0,039	0,049	0,062	0,077
Banabuiú	0,050	0,058	0,074	0,093	0,116
Pedras Brancas	0,031	0,036	0,046	0,058	0,072
Média	0,060	0,070	0,089	0,111	0,140

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 6 - Estimativa de vazão de água subterrânea explorada no Ceará

Região Hidrográfica	Vazão Q (hm³/ano)		Total	
	Cristalino	Sedimento	Q (hm³/ano)	Fração
Alto Jaguaribe	2,5	7,3	9,8	5,2%
Médio Jaguaribe	1,0	0,0	1,0	0,5%
Baixo Jaguaribe	1,8	6,2	8,0	4,2%
Salgado	1,7	58,4	60,1	31,6%
Banabuiú	3,1	0,0	3,1	1,6%
Metropolitana	19,3	60,3	79,6	1,6%
Curu	2,8	0,5	3,3	41,9%
Litorânea	0,4	2,8	3,2	1,7%
Acaraú	6,3	4,6	10,9	5,7%
Coreaú	1,8	2,3	4,1	2,2%
Parnaíba	3,4	3,7	7,1	3,7%
Total	44,1	146,1	190,2	100%

Fonte: Barbosa, 2000.

2.2 - Disponibilização da Água Subterrânea

Os aquíferos são atualmente responsáveis por quase 10% do abastecimento da água garantida no Ceará. Seu potencial, ainda pouco conhecido, é fundamental para qualquer política de recursos hídricos no Estado. Nesse sentido, Barbosa (2000) analisou dados referentes a cerca de 13.000 poços no Ceará com vistas ao cálculo dos custos de disponibilização da água subterrânea tanto no domínio cristalino quanto no domínio sedimentar.

O autor estima vazão efetivamente explorada a partir dos dados de vazão potencial, admitindo bombeamento de 12 horas por dia somente nos poços atualmente em operação, de acordo com informações dos bancos de dados consultados. Para cada região hidrográfica do Estado foram compostos, então, dois poços de referência (um para o cristalino e um para o sedimento), para os quais os custos foram avaliados. A Tabela 6 indica as vazões calculadas para cada estratigrafia e para cada região hidrográfica do Ceará. Observe-se que a vazão total explorada no Ceará é estimada em 190hm³/ano sendo 77% desse valor proveniente de poços no sedimento. A concentração espacial da disponibilidade hídrica subterrânea também fica evidente, uma vez

que 74% provêm da bacia do rio Salgado e das bacias Metropolitanas, enquanto o médio Jaguaribe e a bacia do rio Banabuiú oferecem somente cerca de 2% da vazão total.

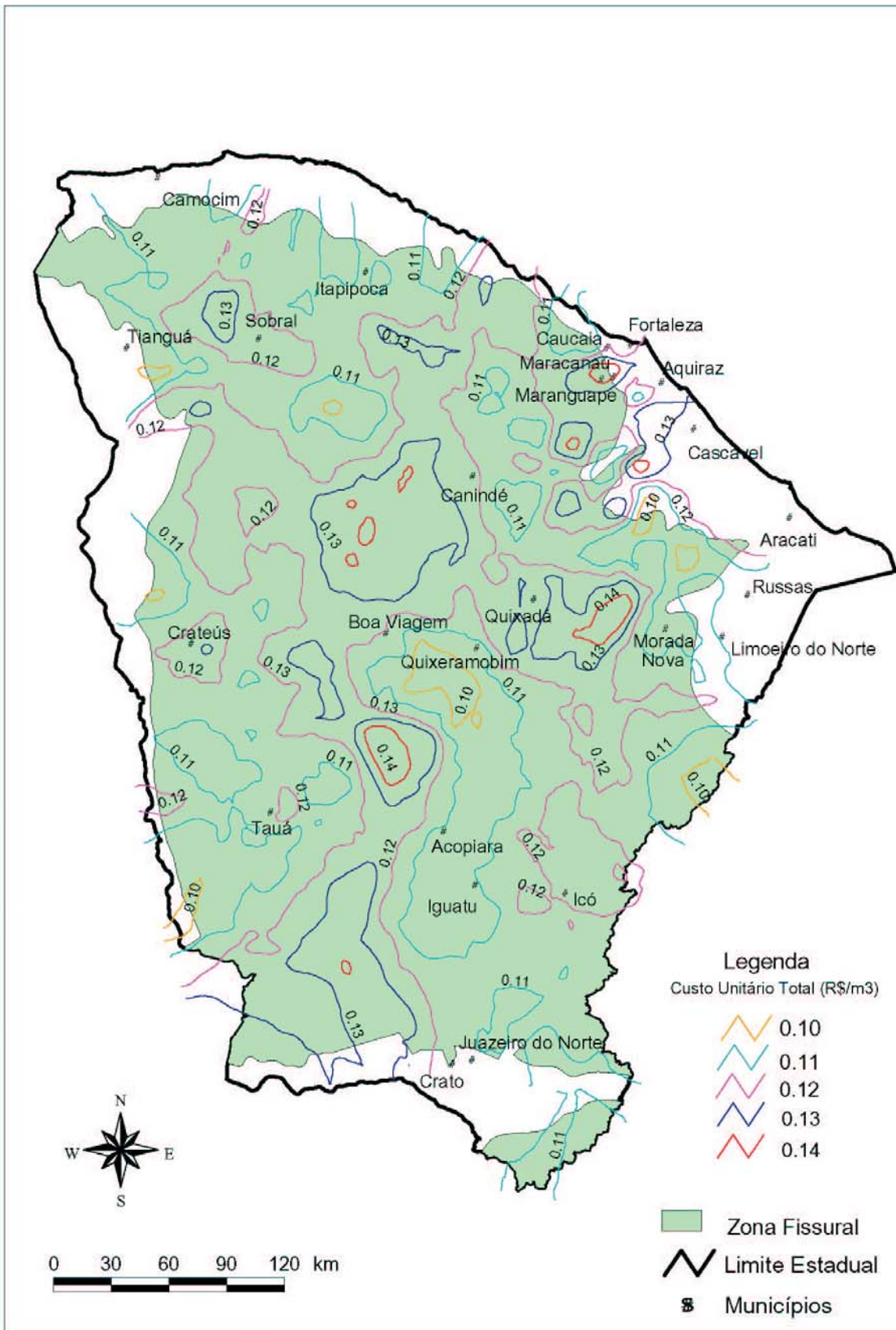
Quanto aos custos de disponibilização da água subterrânea, foram avaliados tanto os de investimento quanto os de OAM. Para isso Barbosa (2000) utiliza preços de mercado de peças e serviços, devidamente atualizados para preços de agosto de 2001 pela correção do índice nacional da construção civil (INCC). Os custos de capital foram anualizados para taxa de juros de 8% ao ano e prazo de 30 anos para os poços e seis anos para estações de bombeamento. Os custos OAM incluem despesas com energia, gerências de bacias, administração e manutenção (admitida como 5% dos custos de investimento correspondentes). Despesas de gestão e administração foram quantificadas para cada bacia e divididas pela soma das vazões superficial e subterrânea disponibilizadas.

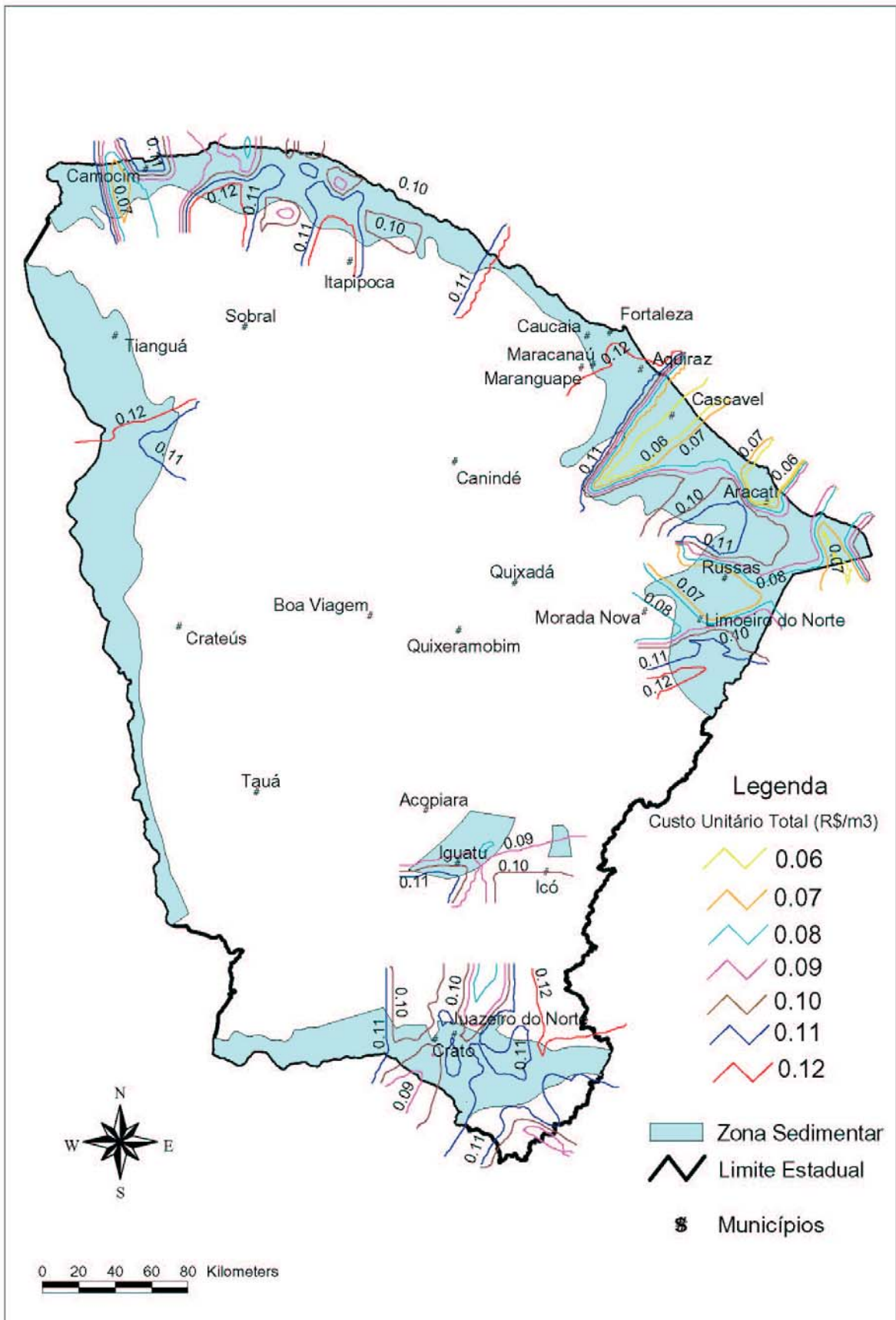
A Tabela 7 apresenta os valores de custo de disponibilização da água subterrânea no Ceará. Observe que o custo médio no cristalino é de 0,118 R\$/m³, 17% superior ao custo da água no sedimento, que é de 0,101 R\$/m³. Da composição dos cus-

Tabela 7 - Avaliação dos custos médios de disponibilização da água subterrânea no Ceará

Região Hidrográfica	Cristalino			Sedimento		
	Invest	OAM	Total	Invest	OAM	Total
Alto Jaguaribe	0,084	0,043	0,128	0,038	0,044	0,082
Médio Jaguaribe	0,103	0,046	0,149	(-)	(-)	(-)
Baixo Jaguaribe	0,069	0,041	0,110	0,068	0,037	0,101
Salgado	0,061	0,041	0,102	0,029	0,036	0,065
Banabuiú	0,076	0,043	0,120	(-)	(-)	(-)
Metropolitana	0,055	0,043	0,099	0,068	0,034	0,102
Curu	0,069	0,041	0,110	0,091	0,032	0,122
Litorânea	0,117	0,047	0,164	0,059	0,025	0,084
Acaraú	0,065	0,040	0,105	0,076	0,036	0,113
Coreaú	0,061	0,039	0,100	0,067	0,035	0,103
Parnaíba	0,074	0,043	0,117	0,093	0,045	0,137
Média	0,076	0,042	0,118	0,065	0,036	0,101

Fonte: Modificado de Barbosa, 2000.





Mapa 2 – Custos de disponibilização da água subterrânea em aquíferos sedimentares no Ceará
Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 8 - Custos de dessalinização da água subterrânea no Ceará

Variável	Valor	Unidade
informações gerais		
número médio de famílias por dessalinizador	90	(-)
consumo <i>per capita</i> admitido	20	L / hab / dia
número médio de habitantes por família	5,5	hab / família
Custos de operação e manutenção (OAM)		
peças de reposição	244,41	R\$ / ano
funcionários	293,30	R\$ / ano
motor e bomba do dessalinizador (Diesel)	879,89	R\$ / ano
troca de membranas	1.500,00	R\$ / ano
total	2.917,60	R\$ / ano
custo <i>per capita</i>	5,89	R\$ / hab / ano
custo volumétrico	0,81	R\$ / m ³
Custos de investimento		
dessalinizador (1 m ³ /h)	14.000,00	R\$
(juros de 12% a.a. e 15 anos)	7.396,32	R\$ / ano
motor e bomba do dessalinizador (Diesel)	3.055,18	R\$
(juros de 12% a.a. e 6 anos)	1.632,03	R\$ / ano
total	9.028,35	R\$ / ano
custo <i>per capita</i>	18,24	R\$ / hab / ano
custo volumétrico	2,50	R\$ / m ³

Fonte: Dados da pesquisa

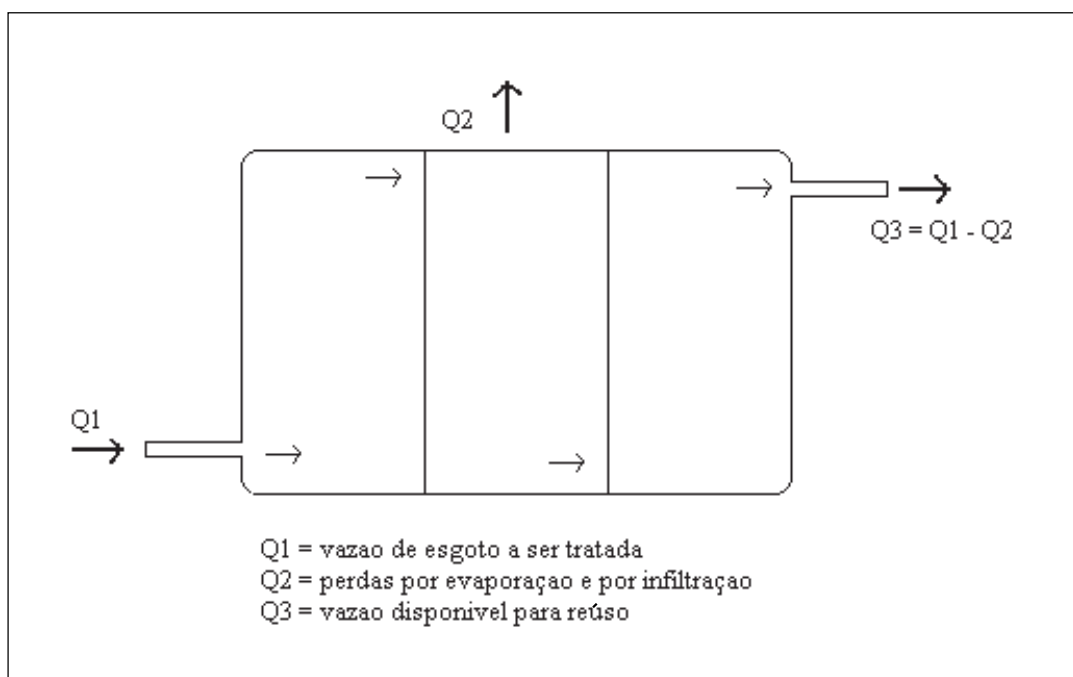
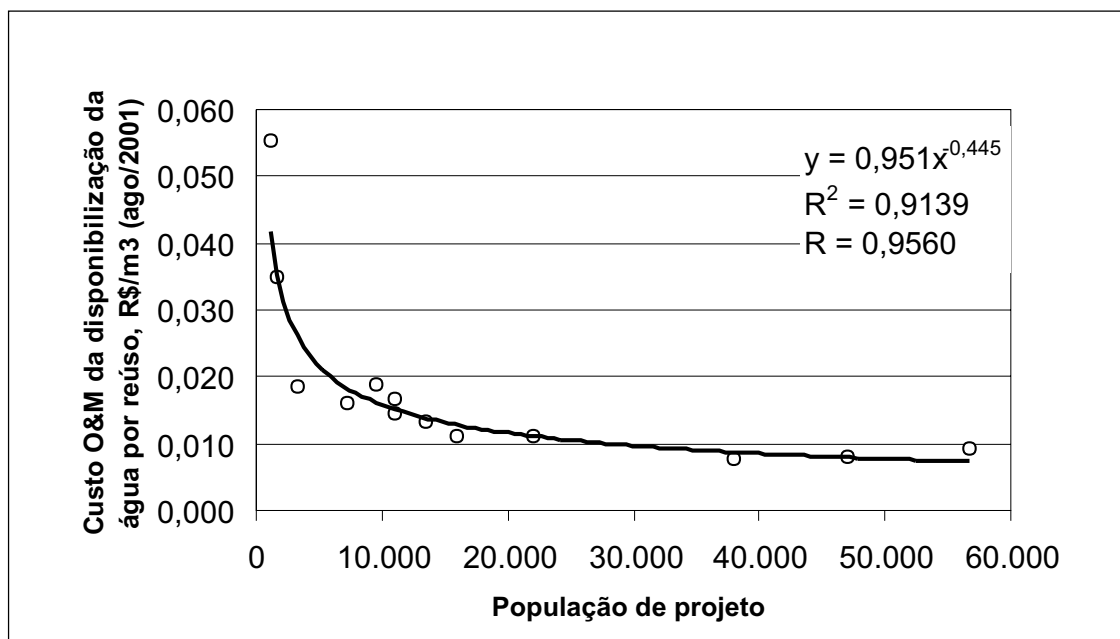
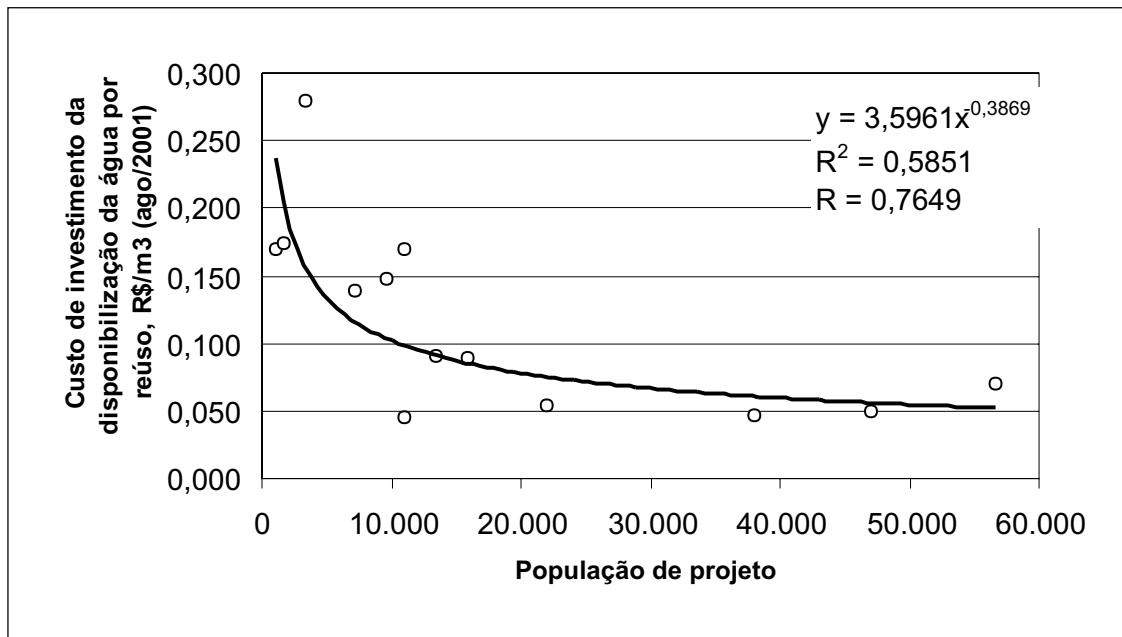


Gráfico 6 – Esquema de ETE (lagos de estabilização) e das vazões

Fonte: Barbosa, 2000



tos da água tanto no cristalino quanto no sedimento verifica-se que 64% são de investimento e 36% de operação e manutenção. É possível ainda identificar que a região do baixo Jaguaribe é a mais representativa do Ceará, uma vez que apresenta custos mais próximos da média estadual. Em termos absolutos, a bacia do Salgado disponibiliza a água mais

barata: 0,065 R\$/m³ para o sedimento; enquanto que a região Litorânea tem a água mais cara: 0,164 R\$/m³ para o cristalino.

Neste artigo apresenta-se, também, avaliação da distribuição espacial dos custos de água subterrânea no Ceará. Foram selecionados cerca de 1.500 po-

ços, a partir dos bancos de dados utilizados por Barbosa (2000), especialmente bem distribuídos. O critério para a seleção dos poços foi a consistência dos dados construtivos e de vazão. Separados em poços sobre o embasamento sedimentar e cristalino, calcularam-se os custos individuais de investimento e OAM. Os resultados da análise encontram-se nos mapas 1 (para poços no cristalino) e 2 (para poços no sedimentar). Verifica-se, no mapa 1, que a água mais cara de aquíferos fissurais (cristalino) encontra-se no Sertão Central, na região de Quixadá e Morada Nova, e na região Centro Sul, entre os municípios de Mombaça e Catarina, onde os custos superam 0,140 R\$/m³. Nas demais regiões do Estado os custos situam-se, a menos de exceções pontuais, entre 0,110 e 0,130 R\$/m³. Quanto aos custos da água explorada de aquíferos sedimentares (Mapa 2), observam-se baixos valores (entre 0,06 e 0,08 R\$/m³) no Litoral Leste do Estado (aquífero Barreira) e no baixo Jaguaribe (Formação Jandaíra), entre as cidades de Limoeiro do Norte e Russas.

Um dos problemas centrais para implantação de política de águas subterrâneas no Ceará é a ocorrência freqüente de poços salinizados, isto é, cujas águas apresentam teor de sais superior aos de potabilidade. Nesse sentido a solução apontada pelo Estado tem sido a instalação de dessalinizadores. Abreu et al. (2001) avaliam, para o Município de Tauá, dados de investimento, operação e manutenção de poços com dessalinizadores que abastecem seis comunidades, a saber, Bom Jesus (150 famílias), Marrecas (50 famílias), Inhamuns (200 famílias), Joaquim Moreira (120 famílias), assim como Joel Marques e Santo Antônio (estas últimas sem informação do número de famílias atendidas).

De acordo com informação fornecida pela Prefeitura Municipal de Tauá (atualizando-se os valores de março de 1999 para agosto de 2001 através do INCC) e de dados de comercialização de dessalinizadores em Fortaleza, é possível analisar os custos do processo. A Tabela 8 mostra que o gasto médio com OAM para cada dessalinizador é da ordem de 2.900 R\$/ano, atendendo em média 90 famílias cada. Isto significa um custo médio de 5,89 R\$/hab/ano com

OAM do dessalinizador. Considerando-se juros de 12% ao ano e prazos de quinze anos para a amortização dos investimentos do dessalinizador e seis anos para a do conjunto motor bomba, os custos de investimento por habitante são equivalentes a 18,24 R\$/hab/ano. Admitindo-se demanda de 20 L/hab/dia, os custos volumétricos são: custos OAM 0,81 R\$/m³; custos de investimento 2,50 R\$/m³.

Apesar de aparentemente caro (3,31 R\$/m³), o processo de dessalinização mostra-se extremamente necessário e viável. Pesquisa de campo realizada nos municípios de Tauá, Aiuaba e Canindé indicam consumo de água de bom nível (dessalinizada, por exemplo) não encanada de apenas 13 L/hab/dia. De fato, dado o consumo racional da água dessalinizada pela população rural e o benefício de oferta de água com garantia e qualidade, os custos, vistos sob a ótica de seguridade hídrica social, são plenamente factíveis (24,13 R\$/hab/ano).

2.3 - Disponibilização da Água para Réuso

Uma das mais importantes fontes hídricas do futuro próximo é o efluente de estações de tratamento de esgotos (ETE). De fato, ao se tratar o esgoto e ao se reusar esta água, alivia-se o estresse hídrico de um sistema em dois ramos, pois aumenta-se a oferta hídrica e reduz-se a emissão de poluente sobre os corpos d'água (reduzindo-se, portanto, a demanda por vazão de diluição).

Uma das mais importantes formas de tratamento de esgotos no Brasil tem sido as lagoas de estabilização. Por exemplo, somente na Região Metropolitana de Fortaleza, atualmente, são dezessete, todas com alto potencial de réuso (F. P.; ARAÚJO, 2000). De acordo com a experiência da Universidade Federal do Ceará (MOTA, 2000) a qualidade do esgoto tratado pelas lagoas atende às exigências da Organização Mundial da Saúde para uso na irrigação praticamente irrestrito, assim como na piscicultura, uma vez que normalmente não se observam no efluente das ETES ovos de helmintos e o número mais provável de coliformes fecais é muitas vezes inferior a cem por 100 mL.

Com vistas à utilização desse recurso, Barbosa (2000), avalia os custos da disponibilização da água de reúso (esgoto tratado proveniente de lagoas de estabilização) com base em análise de treze sistemas de lagoas de estabilização no Ceará ver também Barbosa e Araújo apud Mota (2000). Metodologicamente, o autor levanta dados de custo de investimento e de operação e manutenção (OAM) de cada uma das estações, assim como de diversas variáveis que pudessem estabelecer relações consistentes com os custos. Após criteriosa investigação, chega-se à conclusão que a variável que me-

lhor explica os custos unitários é a população servida pela estação de tratamento.

Observe-se que, nessa perspectiva (ver Gráfico 6), uma ETE beneficia simultaneamente dois sub-sistemas: o de saneamento e o de gestão de água bruta. Assim, os custos globais da ETE devem ser partilhados entre os dois sub-sistemas, ou seja, o custo da disponibilização de água para reúso (C_R), dado pela equação (3), consiste na divisão dos custos anuais (C_a) pela soma da vazão de esgoto a ser tratado (Q_1) e da vazão disponível para reúso (Q_3).

Tabela 9 - Custos de disponibilização do efluente de ETE (lagoas de estabilização) para reúso no Ceará

Projeto	1997	2017	Vazão inicial 1000 m ³ /ano		Vazão final 1000 m ³ /ano		Custos	
	pop inicial	pop projeto	Qtrat ⁽¹⁾	Qreúso ⁽²⁾	Qtrat	Qreúso	investim.	OAM
Jaguaretama	7.730	13.400	256,79	240,89	489,33	464,43	0,091	0,013
Mons. Tabosa	5.990	11.050	218,83	182,66	403,36	367,19	0,170	0,017
Cariré	4.250	7.170	155,14	140,03	261,67	248,56	0,139	0,016
Martinópolis	7.500	11.000	273,9	266,15	401,72	393,97	0,045	0,015
Barbalha	28.320	56.680	1.034,36	902,28	2.070,10	1.938,02	0,071	0,009
Marinheiro	510	1.120	18,7	17,66	40,98	39,94	0,170	0,055
Tauá	23.470	46.970	856,98	732,92	1.715,16	1.591,10	0,049	0,008
Aquiraz	18.980	37.980	693,00	692,49	1.386,96	1.386,45	0,046	0,008
São Gonçalo	5.290	9.550	193,19	167,03	348,91	322,75	0,148	0,019
Baleia	960	1.660	35,13	32,63	60,44	57,94	0,174	0,035
Guaiúba	7.970	15.950	291,03	284,57	582,46	576,00	0,089	0,011
Lagoinha	1.540	3.310	56,17	53,66	120,74	118,23	0,279	0,019
Novo Oriente	12.000	22.000	438,24	360,39	803,44	725,59	0,054	0,011

Fonte: adaptado de Barbosa (2000); ⁽¹⁾ Vazão afluente à ETE, destinada ao tratamento;

⁽²⁾ Vazão efluente da ETE, disponível para reúso

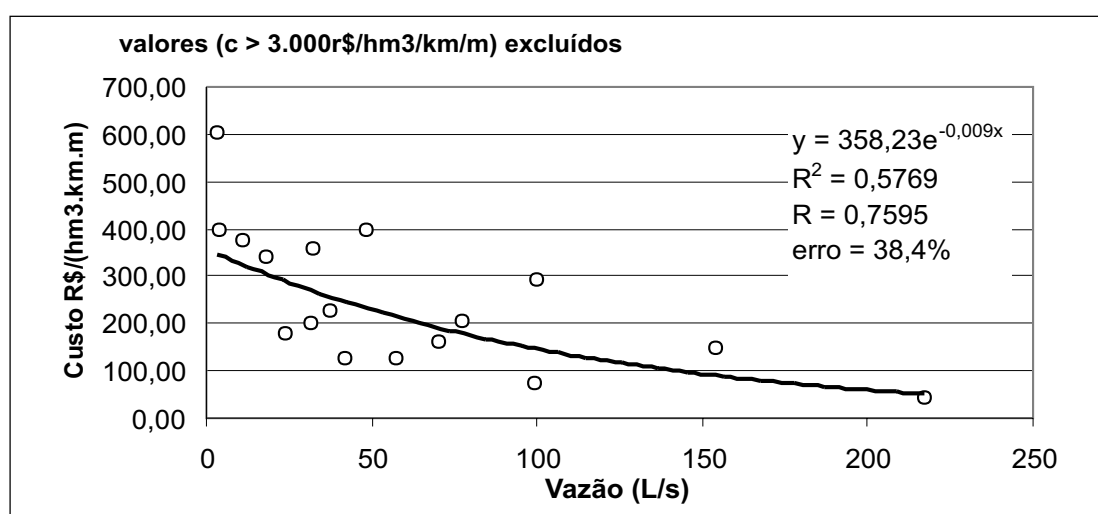


Gráfico 9 – Regressão dos custos de investimento em adutoras no Ceará (Restrição: custos inferiores a 3.000 R\$⁻³ Km⁻¹.m⁻¹)

Fonte: Dados da pesquisa

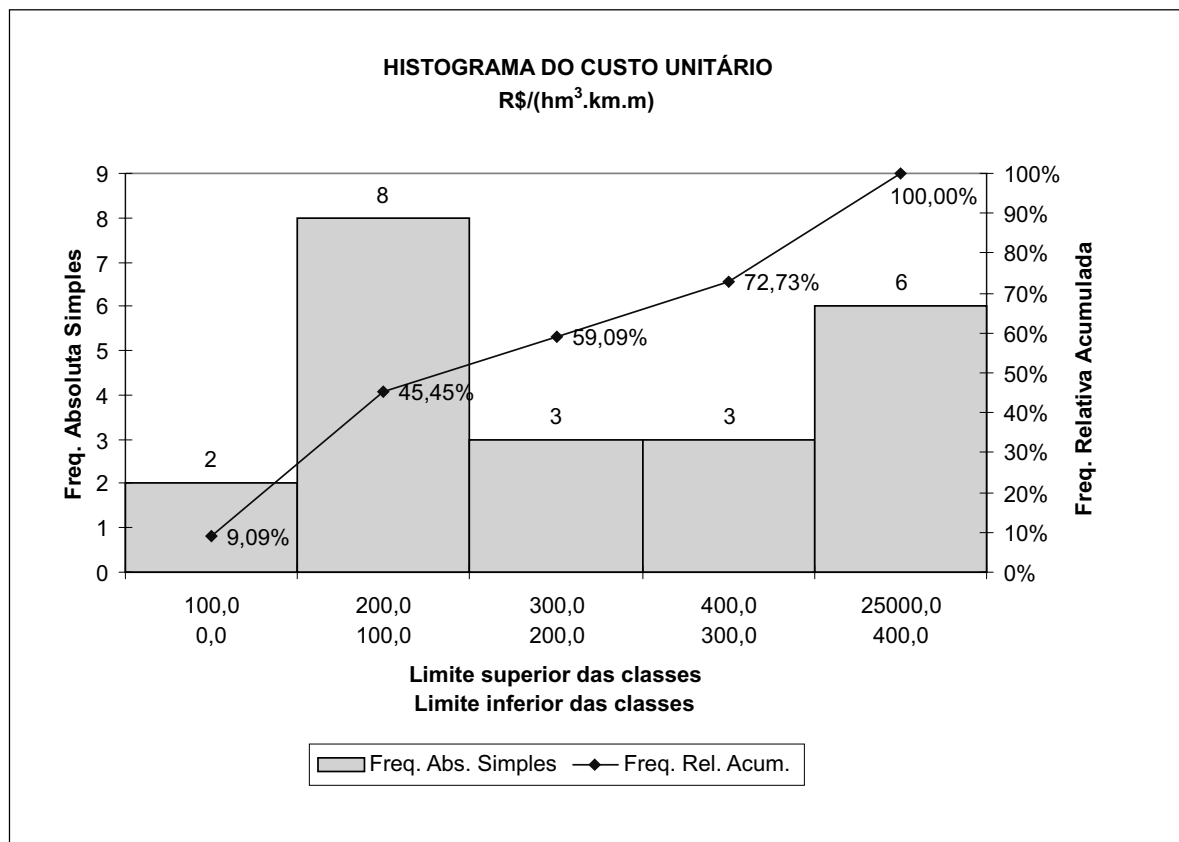


Gráfico 10 – Histograma dos custos de adutoras (R\$.hm⁻³.km⁻¹.m⁻¹) no Ceará

Fonte: Dados da pesquisa

Ou seja, pressupõe-se um sistema em que os usuários de esgoto pagariam para tratá-lo e os usuários da água reusada pagariam para tê-la disponível. Admite-se, portanto, que os custos unitários (R\$/m³) de “tratar” e de “disponibilizar para reúso” sejam iguais.

$$C_R = C_a / (Q_1 + Q_3) \quad (3)$$

Os resultados da análise de Barbosa (2000) dos treze projetos, especialmente distribuídos no Estado e com população servida de projeto variando de 1.000 a 57.000 habitantes, indicam clara redução dos custos com o aumento da população servida, ou seja, reduzem-se os custos por efeito de escala. Para avaliação dos custos de investimento foram consideradas a aquisição do terreno, a construção das lagoas e instalações auxiliares, assim como a eventual estação de bombeamento. Custos de OAM incluem serviços e pessoal para manutenção e supervisão. De acordo com Nogueira apud Mota (2000), é razoável admitir contribuição *per capita* média de esgoto de

100 L/dia para comunidades urbanas no Ceará. De acordo com dados climáticos e de infiltração (BARBOSA, 2000; F. P. ARAÚJO, 2000), as perdas (Q₂) nos sistemas de lagoas de estabilização são da ordem de 8% da vazão afluente à ETE, ou seja, a disponibilidade *per capita* de água para reúso no Estado é de aproximadamente 92 L/dia. Os custos foram orçados com base em valores de dezembro de 1998 e atualizados para agosto de 2001 pelo índice nacional da construção civil (INCC). Para o cálculo das anuidades admitiu-se prazo de 20 anos e juros de 8% ao ano. Os principais resultados são apresentados na Tabela 9 e as curvas de regressão entre custos e população servida podem ser visualizadas nos Gráficos 7 e 8.

Observe que os custos decrescem intensamente para população de projeto que aumenta de 1.000 para 20.000 habitantes. Esse decréscimo é decorrente do efeito de escala das instalações mínimas necessárias ao pleno funcionamento das ETEs. No entanto, a partir de 20.000 habitantes servidos, o

efeito de escala, embora permaneça, dilui-se sensivelmente de modo que é preciso triplicar a população para se obter redução de custo específico da ordem de 50%. Outro aspecto digno de registro é a semelhança entre o custo total (investimento + OAM) de produção de água de reúso para população servida de 20.000 habitantes, 0,090 R\$/m³, com o custo médio de investimento em barragens no Ceará, 0,091 R\$/m³, o que aponta para a viabilidade inclusive financeira de reúso.

2.4 - Disponibilização da Água por Meio de Cisternas

O setor social cearense mais vulnerável à escassez de água é a população rural, cujas habitações se encontram distantes dos serviços de saneamento e dos equipamentos de infra-estrutura básica. No Estado do Ceará, a principal fonte de abastecimento das comunidades rurais ainda são os “barreiros”, pequenos barramentos construídos com recursos próprios, sem técnica e, geralmente, superdimensionados, ou os carros-pipas, que distribuem água de qualidade questionável a preços altos (ver discussão abaixo). Nos “barreiros”, que apresentam baixíssima eficiência hidrológica, as perdas por evaporação são elevadas e a qualidade da água incompatível com as mínimas exigências de potabilidade. Essas fontes hídricas servem igualmente para dessedentação de animais, lavagem de roupas e, não raramente, também para despejo de esgotos. Araújo (2000) estudou vários pequenos reservatórios do semi-árido, rurais e urbanos, tendo indicado que quase sua totalidade apresenta sintomas de eutrofização ao final da estação seca.

Organizações de caráter social, articuladas através do “Forum Cearense pela Vida no Semi-Árido”, têm realizado encontros em que propõem, como ponto de partida de seguridade hídrica, a construção de cisternas de placas. Por iniciativa do “Fórum”, já foram construídos, em regime de mutirão, cerca de mil cisternas no Ceará. Com base neste trabalho e nos resultados obtidos, o Ministério do Meio Ambiente elaborou um programa (PIMC) no qual se propõe a construir um milhão de cisternas em todo o semi-árido nordestino em cinco anos. Estima-se que haja necessidade de

aproximadamente 350.000 cisternas para o Ceará. O programa PIMC deverá disponibilizar recursos para a construção, no Estado, de metade desta demanda, cerca de 175.000 cisternas.

Se, por um lado, a construção de cisternas não responde a grandes demandas nem ao incremento de garantia de oferta dos grandes usos, como irrigação, aglomerados urbanos ou pólos industriais, por outro lado representa um importante recurso para demandas dispersas.

A maioria das cisternas pode armazenar cerca de 15 m³ de água de boa qualidade para o consumo humano fundamental (dessedentação e cozimento de alimentos). Considerando-se, por exemplo, uma casa com 100 m² de cobertura, rendimento de 300 mm de chuva armazenada por ano (cerca de 50% da precipitação média das regiões mais secas do Estado) e sabendo-se que o consumo humano fundamental no Sertão cearense é de 13 L/hab/dia, como mencionado anteriormente, pode-se concluir que esta cisterna poderia abastecer com água de boa qualidade cerca de seis pessoas. Em outras palavras, cada 15 m² de área coberta ligada a uma cisterna é capaz de atender a um habitante.

De acordo com Macedo (2001), o custo médio de uma cisterna de 15 m³ é R\$ 550 em valores de agosto de 2001, já que a construção tem sido feita em regime de mutirão. Considerando-se taxa de juros de 6% ao ano e 12 anos de pagamento (cifras usadas no programas de financiamento de infra-estrutura rural do Banco do Brasil) e 20 anos de vida útil da cisterna, o custo da água é de 1,24 R\$/m³. O custo, aparentemente alto, não deve ser comparado diretamente aos custos de barragens, por exemplo, uma vez que a cisterna pressupõe potabilidade da água e proximidade do usuário final, ao contrário das barragens. Para se ter noção comparativa, seria necessário somar-se, aos custos de investimento da barragem, custos com adutoras e com tratamento primário. Outra alternativa é comparar esse custo com o de abastecimento por carro-pipa (ainda que este último nem sempre garanta água de qualidade). Enfim, o valor do investimento corresponde a 5,88 R\$/hab/ano, valor certamente

Tabela 10 - Custo de disponibilização da água por meio de cisternas no Ceará para diferentes taxas de juros e subsídios para construção de 175.000 cisternas

Juros ao ano	Subsídio %	Subsídio R\$/cisterna	Custo Governo milhões R\$	Custo Governo R\$/hab/ano	Custo Usuário R\$/m ³
6%	0%	(-)	(-)	(-)	1,24
6%	76%	416,63	72,91	8,52	0,30(*)
6%	100%	550,00	96,25	11,25	(-)
4%	0%	(-)	(-)	(-)	1,22
4%	75%	412,50	72,19	8,30	0,30
4%	100%	550,00	96,25	11,06	(-)
2%	0%	(-)	(-)	(-)	1,20
2%	75%	412,50	72,19	8,16	0,30
2%	100%	550,00	96,25	10,87	(-)
0%	0%	(-)	(-)	(-)	0,92
0%	67%	370,00	64,75	5,61	0,30
0%	100%	550,00	96,25	8,33	(-)

(*) O valor estimado da capacidade de pagamento dos usuários rurais é de 0,30 R\$/m³

Fonte: Esta pesquisa.

acessível, já que apenas o custo de OAM para des-salinização de água subterrânea é de 5,89 R\$/hab/ano (ver discussão anterior) e o custo de fornecimento de água por carro-pipa é de 5,89 R\$/hab/mês ou 70,68 R\$/hab/ano.

De acordo com dados do Sistema de Saneamento Rural (SISAR), o custo de abastecimento de comunidades rurais na bacia do rio Acaraú, Ceará, é de aproximadamente 0,70 R\$/m³ a preço de agosto de 2001. Este valor é compatível com o custo da água de cisternas, sendo a diferença explicada pela diferente escala, já que o SISAR atende comunidades com pelo menos cem casas, enquanto a cisterna se aplica a unidades domiciliares. Ainda de acordo com dados do SISAR, a disposição a pagar das famílias rurais atendidas pelo sistema é da ordem de 4,70 R\$/mês para consumo médio de 10 m³/mês, ou seja, 0,47 R\$/m³. A capacidade de pagamento das famílias rurais beneficiárias do programa de cisternas, no entanto, é inferior à dos beneficiários do SISAR, cerca de 0,30 R\$/m³. Para que o usuário pudesse pagar pela cisterna, portanto, seria necessário que o financiamento (6% de juros e 12 anos) fosse subsidiado em pelo menos 75%. A Tabela 10 apresenta diferentes planos de financiamento para um eventual programa de cisternas no Ceará.

3 - CUSTOS DE DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA

3.1 - Distribuição da Água por Meio de Barramentos

À medida em que o número de barragens vai aumentando no semi-árido (estimam-se mais de vinte mil somente no Ceará), torna-se inevitável que cada novo barramento cause impactos hidrológicos sensíveis nos demais barramentos localizados a jusante. Araújo (1996b) estuda casos em que isso ocorre, citando como exemplo nítido a barragem de Jerimum, construída em 1996 e que apresenta vazão regularizável (com garantia anual de 90%) de 7,6 hm³/ano. No entanto, com a construção do novo barramento, a vazão de regularização do açude Caxitoré, localizado a jusante, decai 6,0 hm³/ano, o que permite concluir que apenas 1,6 hm³/ano são acrescentados ao sistema com a construção do açude Jerimum. Os 6,0 hm³/ano restantes representam a “vazão de distribuição”, ou seja, é a vazão disponibilizada a montante devido à construção do açude Jerimum, que passa a funcionar como uma espécie de “bomba e adutora naturais”, uma vez que distribui espacialmente uma vazão já disponível no sistema.

A questão metodológica que se coloca é, então, como avaliar distintamente os custos de “incremento” e de “distribuição” da água nesses casos?

Araújo (1996b) aponta, como solução para esta pergunta, a equação (4), sendo Q_{90} = vazão regularizável com 90% de garantia em m^3/ano ($Q_{90} = Q_{dist} + Q_{incr}$); Q_{dist} = vazão de distribuição da oferta hídrica em m^3/ano ; Q_{incr} = vazão de incremento da oferta hídrica em m^3/ano ; C_t = custo total em R\$; C_{dist} = custo unitário de distribuição em R\$/ m^3 ; C_{incr} = custo unitário de incremento em R\$/ m^3 ; e FRC = fator de recuperação de capital em ano^{-1} .

$$C_t = (C_{dist} \cdot Q_{dist} + C_{incr} \cdot Q_{incr}) / FRC \quad (4)$$

A equação (4) apresenta, para cada barragem, duas incógnitas, quais sejam, os custos unitários de incremento e de distribuição. Assim, para se calcular o valor exato do custo de distribuição seria necessário ter o valor do custo de incremento. Para isso dever-se-ia proceder análise para diversos níveis de acumulação da barragem: através de simulação estocástica seria possível calcular a vazão regularizável e seu impacto hidrológico na(s) barragem(ns) a jusante. Assim, determinando-se que nível de acumulação para o qual

$$Q_{90} \cong Q_{incr} \Rightarrow Q_{dist} \cong 0$$

e fazendo-se orçamento para tal obra hipotética, seria possível calcular com precisão o custo unitário de incremento. Com os dados da obra real e substituindo-se os valores encontrados na equação (4), chega-se ao valor exato do custo unitário de distribuição.

Dada a dificuldade de informações consistentes disponíveis, tanto hidrológicas quanto orçamentárias, o método acima descrito passa a ser desvantajoso. Isso não somente devido ao enorme esforço que se

deve realizar, como também por aumentar o número de variáveis, aumentando as incertezas associadas a estas. Por essa razão, Araújo (1996b) admite que o custo unitário de incremento seja igual ao custo médio das barragens da amostra de seu estudo.

Propõe-se, aqui, método diferente. Admite-se que o valor de custo calculado pela regressão apresentada no Gráfico 3 e nas equações (1 e 2), segundo as quais $C(R\$/m^3) = 0,0690 \cdot pC1^{-0,9389}$ e $pC1 = RH \cdot \alpha^{0,10}$.

Seja “C” interpretado como a “esperança matemática” dos custos incrementais, dada em função do parâmetro de custo $pC1$ descrito em termos do rendimento hidrológico RH e do fator de forma α . Assim, uma vez estimando-se RH calcula-se C e admite-se que $C_{incr} \cong C(pC1)$. Utilizando-se os dados hidrológicos e orçamentários (corrigidos pelo INCC para valores de agosto de 2001), assim como FRC para juros de 12% ao ano e prazo de cinquenta anos, é possível calcular o custo de distribuição para cinco barragens no Ceará (Tabela 11).

Observe-se que os valores de custo unitário de distribuição para os açudes Apertado, Cachoeira, Castro e Jerimum são da mesma ordem de grandeza dos valores de custo de incremento da oferta. No entanto, o custo de distribuição para o açude Ubaldinho é aparentemente muito alto. Esse valor, no entanto, pode estar distorcido, pois o alto rendimento hidrológico gera baixos valores de custo de incremento (não necessariamente reais), “onerando” o custo de distribuição. O custo médio de distribuição das cinco barragens é de 0,101 R\$/ m^3 , sendo a média dos custos individuais 0,291 R\$/ m^3 e a mediana 0,146 R\$/ m^3 .

Tabela 11 - Exemplo de custos de incremento e distribuição da oferta hídrica por barragens no Ceará

Barragem	Q90 hm ³ /a	Qafl hm ³ /a	pC1 (-)	Custo total R\$	Cincr R\$/m ³	Qincr hm ³ /a	Custo inrem R\$	Custo distri R\$	Qdist hm ³ /a	Cdist R\$/m ³
Apertado	2,39	18,28	0,231	4.367.005	0,273	1,76	3.558.416	808.589	0,63	0,173
Cachoeira	5,74	15,20	0,817	4.002.878	0,083	4,76	2.944.345	1.058.533	0,98	0,146
Castro	17,34	42,21	0,982	7.695.404	0,070	11,88	6.180.998	1.514.406	5,46	0,037
Jerimum	7,60	36,36	0,460	5.742.273	0,143	1,60	1.695.432	4.046.841	6,00	0,091
Ubaldinho	7,88	15,83	1,270	5.734.116	0,055	7,53	3.075.559	2.658.557	0,36	1,010

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 12 - Avaliação dos parâmetros e custos de adutoras do Ceará

Adutora	Vazão Q (hm ³ /ano)	Altura H (m)	L . H (Km.m)	Custo R\$/(hm ³ .Km.m)
Pedra Branca	6,858	174,83	1.640,30	36,2
Aracoiaba / Baturité	3,085	263,51	953,54	61,40
Cascavel	1,816	60,93	453,32	105,90
Aquiraz	2,441	69,36	142,49	171,30
Pindoretama	4,865	110,70	774,90	124,00
Ipu	2,221	260,02	251,36	133,60
Barra Velha	0,753	45,39	162,63	150,40
Canindé	3,154	45,00	328,50	242,90
Ubalzinho	0,993	105,30	618,32	167,30
Caponga	1,179	86,59	185,05	188,00
Novo Oriente	1,521	61,27	406,09	330,30
Assaré	1,048	200,04	151,78	298,00
Angicos	0,562	113,78	2.290,39	283,80
Aiuaba	0,342	61,62	97,10	314,30
Palmatória	0,132	85,97	1.036,80	330,00
S. Rosa / Jacurutu	0,140	76,73	152,431	503,00
Barroquinha	0,937	33,00	431,345	105,60
Catolé dos Timóteos	0,030	100,00	665,400	1.839,70
Cariús / Jucás	0,905	149,34	12,085	1.767,50
Baixio Arerê	0,050	51,00	23,705	6.948,50
Agr. Tamboril	0,020	50,00	23,885	17.128,90
Olho d'água	0,033	25,27	5,054	24.440,90

Fonte: Dados da pesquisa

3.2 - Distribuição da Água por Meio de Adutoras

Através de pesquisa realizada junto à Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), são levantadas características técnicas e quantitativas de 22 (vinte e dois) projetos de adutoras no Estado do Ceará com vistas à análise de seus custos. A maioria dos quantitativos obtidos possui o orçamento dos serviços executados e a data base dos preços desses serviços, com exceção do projeto da adutora de Catolé dos Timóteos. Nesse caso optou-se por realizar uma composição de preços através de serviços de outros projetos tomados como referência.

Compilados e consistidos os dados, os custos são anualizados (R\$/ano) para juros de 12% ao ano e prazo de pagamento de 30 anos. Os custos anualizados são relacionados a três variáveis, a saber: vazão de projeto, comprimento de adução e altura manométrica. Ao final os custos são apresentados

no formato específico, sendo sua unidade Reais por hm³ aduzido por km de comprimento por metro de altura manométrica a vencer. Com a exclusão das adutoras com custo acima de 3.000 R\$/(hm³.km.m) da amostra inicial, a melhor curva de regressão é a equação exponencial (5), para a qual se verifica bom coeficiente de correlação linear entre valores medidos e calculados, $r = 0,760$ e boa previsibilidade, com erro médio da ordem de 38% (Gráfico 9).

$$Ca(R\$/(\text{hm}^3 \cdot \text{km} \cdot \text{m})) = 358,23 \cdot e^{-0,009 \cdot Q(L/s)} \quad (5)$$

Os custos de adutoras mostram claramente o “efeito de escala”, uma vez que decrescem notadamente com o aumento da vazão de projeto. Análise mais completa pode ser realizada com base na Tabela 12 e no histograma do Gráfico 10. Resultados indicam que mais de um terço (36%) das adutoras estudadas têm custos específicos entre 100 e 200 R\$.hm⁻³.km⁻¹.m⁻¹, e que cerca de 27% têm custos

superiores a $400 \text{ R}\$. \text{hm}^{-3} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, sendo a adutora mais cara a de Olho D'água, cujo custo específico supera $24.000 \text{ R}\$. \text{hm}^{-3} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$. A adutora mais barata é a de Pedra Branca, com custo de $36 \text{ R}\$. \text{hm}^{-3} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, sendo a mediana da série o valor $178 \text{ R}\$. \text{hm}^{-3} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ e a média $102 \text{ R}\$. \text{hm}^{-3} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

3.3 - Custos de Distribuição da Água por Meio de Carros-Pipa

A realidade cearense indica a forte presença do elemento “carro-pipa” como distribuidor de água. Atualmente, em anos secos, cerca de $\frac{3}{4}$ dos municípios cearenses ainda abastecem sua população rural e parte da população urbana com água dos carros-pipa. Em muitas cidades (particularmente nos Inhamuns e no Sertão Central) é hábito a manutenção de pequenos reservatórios à frente das casas à espera dos carros-pipas, inclusive em anos hidrológicamente normais. Um dos mais sérios problemas da distribuição da água por meio de carros-pipas é a qualidade da água. Devido à inexistência de fiscalização das fontes hídricas, do Estado de conservação dos tanques ou da manipulação da água em sua distribuição, o padrão de qualidade da água é geralmente muito inferior ao recomendável para consumo humano.

Campos et al (1997) estimaram os custos da água distribuída por meio de carros-pipa para a seca de 1993. Naquele ano foram identificadas 787 rotas que visavam atender a 143 municípios, ou seja, 78% de todos os municípios do estado. Análise realizada indica distância média percorrida de 118.201 km por dia, atendendo a população de 302.850 habitantes com consumo médio de $6.050 \text{ m}^3/\text{dia}$, ou seja, consumo *per capita* médio de 20 litros diários. As fontes de água eram 82 barragens, 47 poços e 14 rios regularizados. Os autores avaliam os custos em US\$, de modo que os valores foram corrigidos pelo INCC entre janeiro de 1996 (quando $1 \text{ R}\$ \cong 1 \text{ US}\$$) e agosto de 2001. O custo mais baixo, $1,345 \text{ R}\$/\text{m}^3$, ocorreu no município de Tejuçuoca, enquanto que os custos mais altos, até $16,463 \text{ R}\$/\text{m}^3$, foram praticados no município de Sobral. Em média, no Ceará, a distribuição por meio de carros-pipas custa $9,827 \text{ R}\$/\text{m}^3$, o que corresponde a $5,890 \text{ R}\$/\text{hab}/\text{mês}$.

Considerando-se os altos custos de distribuição da água por carro-pipa; seu baixo padrão de qualidade; a constante prática de clientelismo e poder político com base na distribuição da água; e o fato de boa parcela da população usuária deste serviço ser rural, recomenda-se o estabelecimento de política que possa substituir, tanto quanto possível, o seu uso. Assim, quando estes se fizerem necessários, que sejam operados sob controle do Estado, de modo a garantir acesso universal a água de qualidade. Entre as medidas de uma *política de substituição*, deve-se mencionar: (i) política de perfuração de poços complementada, quando necessário, por dessalinizadores; (ii) estações de tratamento de água em pontos estratégicos de coleta; e (iii) disseminação de cisternas de placa em áreas rurais.

4 - CONCLUSÃO

O presente artigo apresenta e analisa custos de disponibilização e de distribuição da água no Estado do Ceará. Entre os custos de disponibilização são apresentados aqueles referentes à regularização de rios por 37 barragens; referentes à água subterrânea no cristalino e sedimento (inclusive com análise espacial de 1.500 poços); referentes ao reúso para 13 estações de tratamento de esgotos; e referentes a cisternas de placa. Quanto aos custos de distribuição da água no Estado, estudam-se três situações: (i) distribuição por meio de barramentos; (ii) distribuição por adutoras, considerando-se 22 obras atuais, e (iii) distribuição por carros-pipa.

Da análise dos custos de investimento para disponibilização da água por meio de barragens é possível concluir que a equação (1) descreve os custos em função do rendimento hidrológico e do fator de forma do reservatório com boa correlação com dados medidos. Os custos OAM de regularização de rios por meio de barragens são, em média, 8% dos custos de investimento. A disponibilização de água subterrânea no Ceará é cerca de 17% mais cara em poços no cristalino que em poços no sedimento. Em média, 64% dos custos totais são referentes ao investimento e 36% a OAM. O custo de dessalinização de poços no cristalino no Ceará é, em média, $2,50 \text{ R}\$/\text{m}^3$ ou $18,24 \text{ R}\$/\text{hab}/\text{ano}$. Disponibilizar

Tabela 13- Síntese de custos de referência da água no Ceará (R\$ agosto de 2001)

Descrição	Unidade	Valor
Custo médio de investimento da disponibilização da água por barragens, vazão regularizável 90% de garantia	R\$/m ³	0,072
Idem, vazão outorgável 90% garantia	R\$/m ³	0,142
Custo mediano de investimento da disponibilização da água por barragens, vazão regularizável 90% garantia	R\$/m ³	0,091
Custo médio de disponibilização de água subterrânea no cristalino	R\$/m ³	0,118
Idem, no sedimento	R\$/m ³	0,101
Custo de disponibilização da água para reúso, população de projeto 20.000 habitantes	R\$/m ³	0,090
Custo médio de disponibilização da água por cisternas de placas	R\$/m ³ R\$/hab/ano	1,240 11,25
Custo mediano de distribuição da água por meio de barragens, vazão regularizável 90% garantia	R\$/m ³	0,146
Custo mediano de distribuição da água por meio de adutoras	R\$/hm ³	263,35
Custo médio de distribuição da água por meio de carro-pipa	R\$/m ³ R\$/hab/mês	9,827 5,89

Fonte:Dados da pesquisa.

água de reúso a partir de efluentes de lagoas de estabilização, para população atendida superior a 20.000 habitantes, custa menos que disponibilizar o mesmo volume de água por meio de barragem, em média. A análise aqui procedida indica o método de cálculo, assim como equações de previsão de custos (Gráficos 7 e 8) em função da população de projeto. A disponibilização de água por meio de cisternas de placa, viável e necessária às populações rurais difusas, demonstrou custo médio de 5,88 R\$/hab/ano. Avalia-se, também, que cada 15m² de área coberta, no sertão cearense, é capaz de suprir água para um habitante.

A intensificação da construção de barramentos no Estado já responde, atualmente, pelo impacto hidrológico sobre barragens anteriormente construídas. Por isso é possível falar em distribuição espacial da água por meio de barragens. Após análise de cinco casos no Ceará, avalia-se o custo media-

no de distribuição da água por barramento em 0,146 R\$/m³. O meio clássico de distribuição da água tem sido as adutoras. Após estudo de 22 adutoras do Ceará foi possível traçar curva bem ajustada que relaciona custo específico (em R\$.hm⁻³.km⁻¹.m⁻¹) com a vazão aduzida. A moda da amostra é de 150 R\$.hm⁻³.km⁻¹.m⁻¹. A Tabela 13 mostra os principais valores médios de custo da água no Ceará tendo como referência R\$ de agosto de 2001.

Por fim, sugere-se que, para trabalhos futuros, os custos sejam avaliados também com base na teoria econômica, contribuindo para sanar limitações metodológicas presentes na abordagem utilizada neste artigo.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a um dos revisores por suas relevantes sugestões, necessárias ao enriquecimento do texto.

Abstract

Costs needed to make water available and to distribute it in the State of Ceará, Brazil, are presented in this paper. Costs of surface reservoir yield (for several reliability levels); groundwater (in both crystalline and sedimentary bedrock); domestic sewage reuse systems; and rainfall collection tanks (*cisternas*) are assessed. Evaluation of costs for better spatial water distribution by means of dams, pipelines and trucks is also performed. Results show that average costs (August 2001, 1,00 US\$ = 2,55 R\$) are: for reservoir yield with 90% yearly reliability 0,091 R\$/m³; for groundwater in crystalline bedrock 0,118 R\$/m³ and in sedimentary bedrock 0,101 R\$/m³; for a 20,000 inhabitant-reuse water system 0,090 R\$/m³ and for rainfall collection tanks 1,240 R\$/m³ (11,25 R\$/year per capita). Reservoir yield with 99% reliability is approximately 60% higher than with 90%. Water distribution by building dams costs 0,146 R\$/m³; whereas by means of pipeline it costs 263 R\$.hm-3.km-.m; and, by means of trucks it costs 9,827 R\$/m³ (70,68 R\$/year per capita). The paper presents primary data to help water resources management institutions and shows costs of alternative water sources, such as treated sewage reuse and rainfall collection tanks, which should be considered in water policy in Ceará.

Key words:

Water cost, water resources management, semi-arid, Ceará, Brazil.

REFERÊNCIAS

ABREU, C.B.R., ARAÚJO, J. C. de e BARBOSA, C. P. Avaliação in situ da qualidade das águas da bacia do rio Jaguaribe, Ceará. In: **CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 21, *Anais...* ABES, João Pessoa, setembro, CD-Rom, 2001.

ARAÚJO, L.F.P. **Reúso com lagoas de estabilização**: potencialidade no Ceará.

Fortaleza: Superintendência Estadual do Meio Ambiente -SEMACE, 2000. 136 p.

ARAÚJO, J.C. de **Estudos de tarifa água e hidrológicos**. Relatório Técnico. Fortaleza: CNPq/COGERH, 1996a

ARAÚJO, J.C. de Custos de incremento e distribuição da oferta hídrica no Ceará. In: **SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**, 3, ABRH, Salvador, p.457-464, 1996b.

ARAÚJO, J.C. de **Aspectos de gestão e do uso econômico dos recursos hídricos no estado do Ceará**. Relatório Técnico. Fortaleza: CNPq/COGERH, 1997

ARAÚJO, J.C. de **Avaliação do processo de eutrofização em pequenos reservatórios do semi-árido**. In: **SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**, 5, *Anais...* ABRH, Natal, 2000

ARAÚJO, J.C. de, ABREU, C.R.B., BARBOSA, C.P. e JOCA, E.L.L. Assessment of water costs in Brazilian Semi-arid. In: GAISER, T., KROL, M., FRISCHKORN, H. et al. **Global change and regional impacts**: water availability and vulnerability of ecosystems and society in Northeast Brazil. Berlin: Springer-Verlag, 2003

ARAÚJO, J.C. de **Proposta de modelo tarifário para os vales dos rios Jaguaribe e Banabuiú**. Relatório Técnico. Fortaleza: COGERH, 2002

ARAÚJO, W. C. **Avaliação dos custos de água bruta associados a diversas garantias na bacia do rio Paraíba**. Fortaleza: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental/UFC, 2000. (Dissertação de Mestrado).

BARBOSA, C. P. **Avaliação dos custos de água subterrânea e de reúso de efluentes no estado do Ceará**. Fortaleza: Departamento de

Engenharia Hidráulica e Ambiental/UFC, 2000. (Dissertação de Mestrado).

BAUER, P.W. Recent developments in the econometric estimation of frontiers. **Journal of Econometrics**, Elsevier Holanda, v.46, p.39-56, 1990

CAMPOS, N. **Dimensionamento de reservatórios**: o método do diagrama triangular de regularização. Fortaleza: Edições UFC, 1996

CAMPOS, N., OLIVEIRA, J.B., VIEIRA, V., CAMPOS, V.R. Custo do fornecimento da distribuição de água através de carro pipa. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 12, *Anais...* ABRH, v.1, Vitória, 1997.

CARRERA-FERNANDEZ, J. e MENEZES, W.F. A avaliação contingente e a estimativa da função de demanda por água potável. **Revista Econômica do Nordeste**, v.31, n. 1, jan. mar. 2000, p.8-35

CARRERA-FERNANDEZ, J. e GARRIDO, R. S. O instrumento de cobrança pelo uso da água em bacias hidrográficas: uma análise dos estudos no Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, v.31, número especial, p.604-629, nov. 2000

CARRERA-FERNANDEZ, J. O princípio dos usos múltiplos dos recursos hídricos: uma análise a partir da bacia do rio Formoso no oeste baiano. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 31, número especial, p. 810-835, nov. 2000

DIAS, F. M., BEZERRA, D. R. C. e RAMOS, F. S. Conflito no uso da água: a importância da ação coordenada das agências reguladoras. **Revista Econômica do Nordeste**, v.31, número especial, p.798-809, nov. 2000

DINAR, A. e SUBRAMANIAN, A. Water pricing experiences: an international perspective. **World Bank Technical Paper**, Washington, n. 386, 1997, 164 p.

FARRELL, M.J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Statistical Society**, Londres, v. 120, n.3, p.253-281, 1957

FERREIRA, A. M. R. Análise da disposição a pagar pela preservação do manguezal do rio Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, v.31, n.4, p.1034-1049, out. dez. 2000

FONTENELE, E. e ARAÚJO, J.C. de. Tarifa de água como instrumento de planejamento dos recursos hídricos da bacia do Jaguaribe – Ce. **Revista Econômica do Nordeste**, v.32, n.2, p. 234-251, abr.jun. 2001.

GORRIZ, C., SUBRAMANIAN, A. e SIMAS, J. Irrigation management transfer in Mexico: process and progress. **World Bank Technical Paper**, Washington, D.C., n. 292, 1995

IWRA - International Water Resources Association. World-wide increases in cost of water supply. **IWRA Update Newsletter**, v.1, n.3, jul. 2001.

LANNA, A.E.L. **Estudos para cobrança pelo uso da água bruta no estado do Ceará**: simulação tarifária para a bacia do rio Curu. Relatório técnico. Fortaleza: COGERH, 1994.

MACEDO, F. Malvignier. **Comunicação pessoal**. Fortaleza: ESPLAR, 2001

MOTA, F.A. **Análise dos custos do volume regularizado e da eficiência hídrica de reservatórios**. Fortaleza: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental/ UFC, 1995. (Dissertação de Mestrado).

MOTA, S. (Org.). **Reuso de água**: a experiência da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: Edições UFC, 2000

PESSOA, C. A. P. **Cobrança sobre usos da água como instrumento econômico de gestão: o caso do reservatório de Salto Grande (Americana, SP)**. São Carlos: Escola de

Engenharia de São Carlos/USP, 2002.
(Dissertação de Mestrado).

PINHEIRO, J.C.V. e SHIROTA, R.
Determinação do preço eficiente da água para
irrigação do projeto Curu-Paraipaba. **Revista
Econômica do Nordeste**, v.31,1, p.36-47, Jan.
Mar., 2000.

SEIFORD, L.M. e THRALL, R.M. Recent
developments in DEA: the mathematical
programming approach to frontier analysis.
Journal of Econometrics, Elsevier/Holanda, v.
46, p.7-38, 1990

SILVA, A. S. e SOUZA, F. M. C. Um modelo
dinâmico de recursos exauríveis: a interação
econômica entre água e energia. **Revista
Econômica do Nordeste**, v.31, número especial,
p. 778-797, nov., 2000

SOUZA, M. P. A cobrança e a água como bem
comum. **Revista Brasileira de Engenharia**,
Porto Alegre, Caderno de Recursos Hídricos,
v.13, n.1, p.25-55, Jun., 1995

Recebido para publicação em 26.NOV.2002.