



Revista AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica

Volúmen 1, número 3, año 2007 ISSN 0718-378X
PP

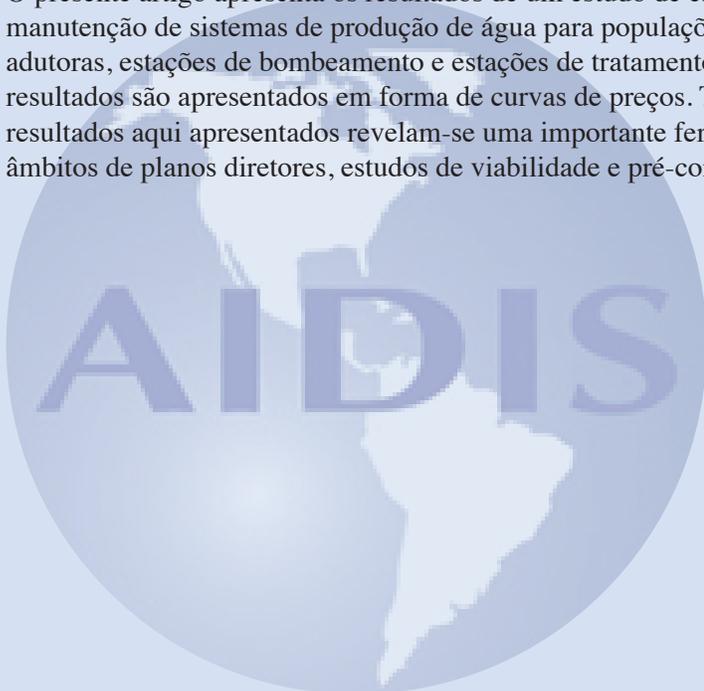
ESTIMATIVAS DE PREÇOS DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE UNIDADES E DE SISTEMAS DE ADUÇÃO, DE BOMBEAMENTO E DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Cost estimation for implementation, operation and maintenance of water production systems including water transmission mains, pumping stations and water treatment plants

Miguel Fernandez y Fernandez
Sérgio R. Ayrimoraes Soares
Carlos Motta Nunes

ABSTRACT

O presente artigo apresenta os resultados de um estudo de estimativas de preços de implantação, operação e manutenção de sistemas de produção de água para populações entre 5.000 e 500.000 habitantes, abrangendo adutoras, estações de bombeamento e estações de tratamento de água por processo físico-químico padrão. Os resultados são apresentados em forma de curvas de preços. Tendo em vista a ausência de estudos na área, os resultados aqui apresentados revelam-se uma importante ferramenta auxiliar nos orçamentos elaborados nos âmbitos de planos diretores, estudos de viabilidade e pré-concepção de sistemas de abastecimento de água.



ESTIMATIVAS DE PREÇOS DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE UNIDADES E DE SISTEMAS DE ADUÇÃO, DE BOMBEAMENTO E DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Miguel Fernandez y Fernandez ⁽¹⁾

Engenheiro Civil (UFRJ). Especialista em Hidráulica e Saneamento. Pós Graduação em Engenharia de Irrigação pelo Instituto de Hidrologia de Madrid. Diretor-Presidente da Aquacon Engenharia e Controle de Qualidade Ltda.

Sérgio R. Ayrimoraes Soares

Engenheiro Civil (UnB), Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília. Especialista em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA).

Carlos Motta Nunes

Engenheiro Civil (UFRJ). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade de Surrey - UK. Especialista em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA).

Endereço (1): Rua Evaristo da Veiga, 55 – 15º Andar, Centro. Rio de Janeiro- RJ. Brasil. CEP: 20.031-040. Tel. +55 (21) 2262-1447 # e-mail: miguel@aquacon.com.br

RESUMO

O presente artigo apresenta os resultados de um estudo de estimativas de preços de implantação, operação e manutenção de sistemas de produção de água para populações entre 5.000 e 500.000 habitantes, abrangendo adutoras, estações de bombeamento e estações de tratamento de água por processo físico-químico padrão. Os resultados são apresentados em forma de curvas de preços. Tendo em vista a ausência de estudos na área, os resultados aqui apresentados revelam-se uma importante ferramenta auxiliar nos orçamentos elaborados nos âmbitos de planos diretores, estudos de viabilidade e pré-concepção de sistemas de abastecimento de água.

PALAVRAS-CHAVE: abastecimento de água, preços, implantação, operação, manutenção.

INTRODUÇÃO

A elaboração de planos diretores, estudos de viabilidade e pré-concepção de sistemas de abastecimento de água potável envolve, dentre outras atividades, a estimativa de custos de implantação, operação e manutenção dos diversos componentes envolvidos. Tais estimativas visam a subsidiar a tomada de decisão sobre o tipo de sistema ou componente a ser adotado, sobre a melhor configuração do sistema sob o ponto de vista econômico-financeiro, ou mesmo, sobre a conveniência ou oportunidade de se implantar determinada obra. Neste trabalho, as palavras *custos*, *orçamentos*, etc. serão sempre entendidas como *preço final* com consultoria, projetos, insumos, mão de obra, impostos, seguros, remuneração do executor, etc.

Em geral são utilizadas curvas de custos, normalmente formadas pela interpolação de poucos pontos obtidos de empreendimentos ditos semelhantes, que, no entanto, nem sempre apresentam similaridades com os empreendimentos a serem analisados. Além disso, não são encontradas curvas de custos para operação e manutenção de sistemas de abastecimento de água, o que reduz a precisão de análises de viabilidade realizadas.

Nesse contexto, torna-se oportuna a definição de referenciais técnicos que permitam, de forma objetiva, avaliar empreendimentos tanto em seus aspectos de implantação, quanto de operação e manutenção, para que se possa avaliar e comparar valores preexistentes. Isso exige o estabelecimento de critérios objetivos para a “formação do preço” e para prever valores (preços) de operação e de manutenção, além da necessidade de se conceituar e, portanto, diferenciar investimento, custeio, manutenção e novos investimentos. Substituição de equipamento, por exemplo, é manutenção ou investimento?

De forma a contribuir para o preenchimento da lacuna existente, o presente trabalho propõe estimativas de preços de implantação, operação e manutenção de sistemas de abastecimento de água, compreendendo estações de bombeamento, adutoras em meio rural e semi-rural e estações de tratamento de água com tratamento físico-químico padrão, para populações entre 5.000 e 500.000 habitantes. Os resultados são apresentados sob a forma de curvas de custos.

METODOLOGIA

A metodologia adotada consistiu na realização de orçamentos básicos para cada um dos componentes do sistema, para pontos fixos da faixa populacional adotada, a partir de parâmetros médios de projeto e utilizando a base de custos unitários da Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro – EMOP e, onde esses custos não estavam disponíveis, de outras bases indicadas para cada componente do sistema considerados: estações de bombeamento, adutoras e estações de tratamento de água.

Como o dimensionamento de cada um dos componentes tem como dado de entrada a vazão de projeto, a mesma foi determinada adotando-se os parâmetros apresentados na **Tabela 1**.

As premissas adotadas para a avaliação do custo de cada componente são descritas a seguir, segundo o tipo de custo: implantação, operação e manutenção.

Custos de implantação

Para determinação dos custos de implantação de **adutoras** foram elaborados orçamentos padrão para uma adutora de 10km de extensão, considerando duas situações, denominadas de “rurais” e “semi-rurais”, em que se distinguem os custos referentes a interferências subterrâneas e sinalização de trânsito e de segurança de transeuntes, e duas distribuições de materiais de escavação de vala, diferenciando-se a categoria do material escavado (1ª, 2ª e 3ª categoria).

Tabela 1 – Parâmetros adotados para a determinação das vazões de dimensionamento

Parâmetro	Unidade	População – hab.	
		5.000 a 50.000	50.001 a 500.000
Consumo <i>per capita</i> médio	ℓ/hab. dia	150	170
Coefficiente do dia de maior consumo – K ₁	%	+20	+15
Cobertura	%	90	85
Perdas físicas admitidas	%	10	10
Demanda <i>per capita</i> média água bruta	ℓ/hab.dia	167	189
Velocidade máxima nas tubulações	m/s	1 a 2	1 a 2
Faixas de pressão	m.c.a.	50 a 300	
Faixas de vazão	ℓ/s	10 a 1.000	
Faixas de diâmetros para tubulações – DN	mm	100 a 800	

Também foram feitas composições para diversos materiais: FFD, Aço, RPVC e PVC. Além do preço do material, foi adotado um “coeficiente” de dificuldade (ou de facilidade) de um material em relação ao outro, durante a instalação, basicamente no assentamento e no reaterro da vala (alguns materiais exigem maiores cuidados que os outros, o que se reflete nos custos).

No caso das **estações de bombeamento**, considerou-se que os preços das bombas variam mais com a vazão do que com a pressão. Os motores variam diretamente com a potência que são capazes de gerar, e inversamente com a velocidade de rotação e com a voltagem. Para simplificação do acesso às estimativas, resolveu-se que a curva de custo de implantação de casa de bombas seria em função da potência instalada. Para fins de orçamento, o arranjo-padrão adotado considerou que para vazões acima de 100 ℓ/s (inclusive) haveria 03 bombas, sendo uma de reserva (diz-se 2+1 bombas), e abaixo de 100 ℓ/s duas bombas, sendo uma de reserva (1+1 bombas).

Considerando que as águas dos mananciais tendem a se deteriorar com o tempo, ou passar por sazonalidades desfavoráveis, e que as estações convencionais são mais confiáveis para fazer frente a essas dificuldades, definiu-se as **Estações de Tratamento de Água – ETAs** como do tipo convencional completa, com floculadores, decantadores de fluxo horizontal e filtros auto-lavantes. Para fins de orçamento das ETAs, o arranjo-padrão adotado considerou que para vazões acima de 120 ℓ/s haveria 04 módulos com 01 decantador e 02 filtros em cada módulo. Para ETAs de vazões menores que 120 ℓ/s foram considerados 03 módulos com 01 decantador e 02 filtros em cada módulo.

Custos de Operação

A formação do “preço” de operação e do de manutenção é parecida e composta por três fatores básicos: (a) mão de obra; (b) insumos, para operação são basicamente energia e produtos químicos e para manutenção são materiais e peças de reposição ou substituição; e (c) despesas diretas tais como veículos, máquinas, ferramentas, mobilização, comunicações, mobiliário, área de trabalho equipada, etc.

Os custos de **mão de obra** para operação e para manutenção de um sistema de abastecimento de água podem ser orçados como sendo um “pacote” e divididos proporcionalmente pelas unidades que compõe o sistema. Essa divisão pode ser feita através de um balanço entre os custos e os tipos de atividades desenvolvidas em cada unidade do sistema: por exemplo, é de se esperar mais operação e mais manutenção para uma estação de bombeamento do que para uma tubulação adutora.

Para tanto, foi montada uma matriz de mão-de-obra para operar e manter um sistema (1.000 ℓ/s) composto por uma captação, uma estação de bombeamento de água bruta, uma estação de tratamento de água, uma estação de bombeamento de água tratada e uma adutora com 10km. O “sistema” assim composto foi simulado nessa matriz para mais 3 capacidades de produção de água: 60 ℓ/s , 250 ℓ/s , 500 ℓ/s .

Além disso, foi feita uma repartição entre mão de obra para operação (constante ao longo do tempo) e manutenção (crescente ao longo do tempo, acompanhando a vida útil das unidades). A vida útil média das unidades (construções, material e equipamento) foi considerada variando entre 15 e 30 anos, por exemplo moto-bombas e equipamentos de ETAs 15 anos e tubulações de FFD 30 anos,

Entendeu-se que só há **insumos** de operação a considerar para as unidades ETA e Estação de Bombeamento. Foi considerado um crescimento vegetativo da produção (para atender um correspondente crescimento da demanda) entre o primeiro ano de implantação e o décimo ano, quando se admitiu que esse crescimento alcança o limite de produção do sistema, conforme descrito anteriormente.

O consumo de insumos é proporcional à vazão produzida, ressaltando-se que a capacidade nominal das unidades corresponde ao dia de maior consumo e que levou-se em consideração a média anual para o cálculo dos insumos considerados – energia e produtos químicos. Para os custos de energia de bombeamento, foram feitas curvas para diversas alturas manométricas (50, 100, 150, 200, 250, 300mca). Para as ETAs considerou-se uma perda de carga de 5mca.

As **despesas diretas** são aquelas que, não sendo de mão de obra, nem sendo insumos, são necessários à consecução dos serviços, quer de operação quer de manutenção. De forma simplificada, fez-se uma estimativa de custo desse item (custos diretos) para um sistema de 1 m^3/s e chegou-se a um valor entre 15 e 20% do valor da mão de obra. Adotou-se 17,5%, valor aplicado sobre a mão-de-obra para todos os sistemas.

Custos de Manutenção

Como visto anteriormente, esses custos também podem ser decompostos em três partes:

- **Mão de obra** – as equipes encarregadas de reparos, e rotinas de conservação, revisão periódica, substituições de partes previstas, pinturas e revestimentos em geral, reparos estruturais, impermeabilizações, etc. Inclui manutenções de emergência sem acidentes, ou seja, pressupõe um custo de plantão (“stand-by”) podendo ser parte do tempo de equipes comuns com a operação.
- **Insumos** – suprimentos de peças de reposição e de substituição, inclusive almoxarifado, etc.
- **Despesas Diretas** – veículos, ferramentas, máquinas, mobilização, comunicações, mobiliário, área de trabalho equipada (oficinas), etc.

O custo de mão de obra de manutenção constitui-se em uma parcela de uma equipe de operação-e-manutenção, estimado para sistemas de vazão nominal 60, 250, 500 e 1.000ℓ/s.

Conceitualmente, propõe-se que existe um limite para os custos de manutenção a partir do qual seria preferível implantar uma nova unidade, quer pelo custo, quer pela confiabilidade operacional que é mister conservar, dada a natureza do serviço. Esse limite de custo seria aquele em que o custo de manutenção supera o valor de “capitalização” do montante necessário para a implantação de uma nova unidade que substitua inteiramente a existente e se volte à manutenção zero do primeiro ano, reiniciando um ciclo.

Esse entendimento se justifica porque, caso assim não fosse, se estaria pagando mais de manutenção do que se pagaria (teria pago) à “capitalização para implantação de unidade nova” o que parece um contra-senso.

RESULTADOS

Na **Figura 1** apresenta-se a curva de estimativa de preços de implantação de adutora semirural (todos os materiais) e na **Figura 2**, a curva para uma adutora rural (todos os materiais), com a seguinte distribuição de material de escavação de vala (D1): 1ª categoria, 85%; 2ª categoria, 10%; e 3ª categoria, 5%. Ao realizar um exercício com uma distribuição diferente (D2 = 60%, 25%, 15%), verificou-se que a relação entre os preços D1/D2 resultou da ordem de 9 a 10%.

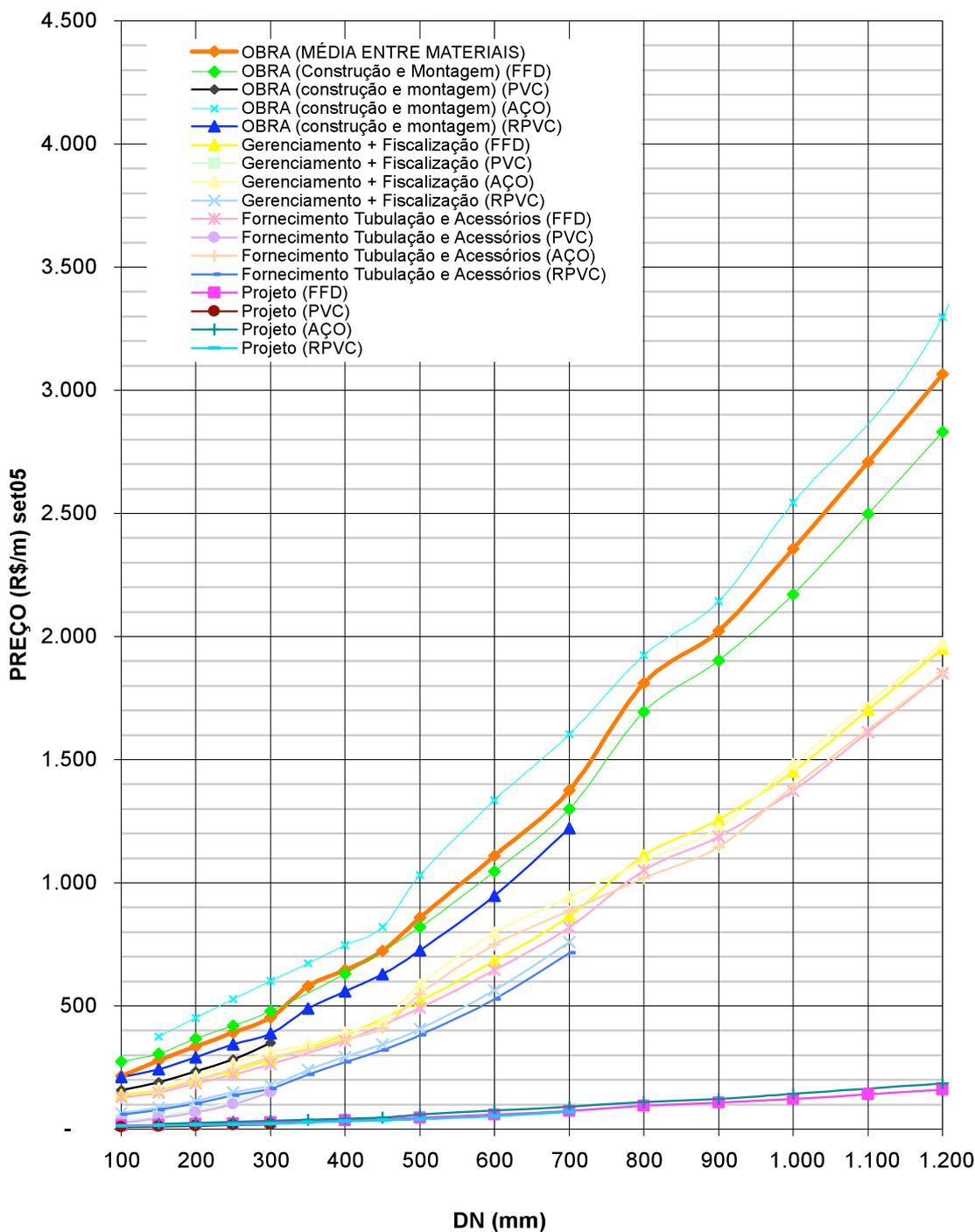
Para facilitar a consulta às Figuras 1 e 2, apresenta-se uma tabela de conversão de vazão para Diâmetro Nominal – DN, adaptada de Azevedo Netto *et al.* (2002) – **Tabela 2**.

Tabela 2 – Relação entre vazão e diâmetro nominal – DN

Vazão ℓ/s	DN adotado mm	Velocidade m/s	Vazão ℓ/s	DN adotado mm	Velocidade m/s
10	100	1,27	450	600	1,59
50	200	1,59	500	600	1,77
100	300	1,41	600	700	1,56
200	400	1,59	700	700	1,82
250	420	1,57	800	800	1,59
300	450	1,89	900	800	1,79
350	500	1,78	1.000	800	1,99
400	550	1,68			

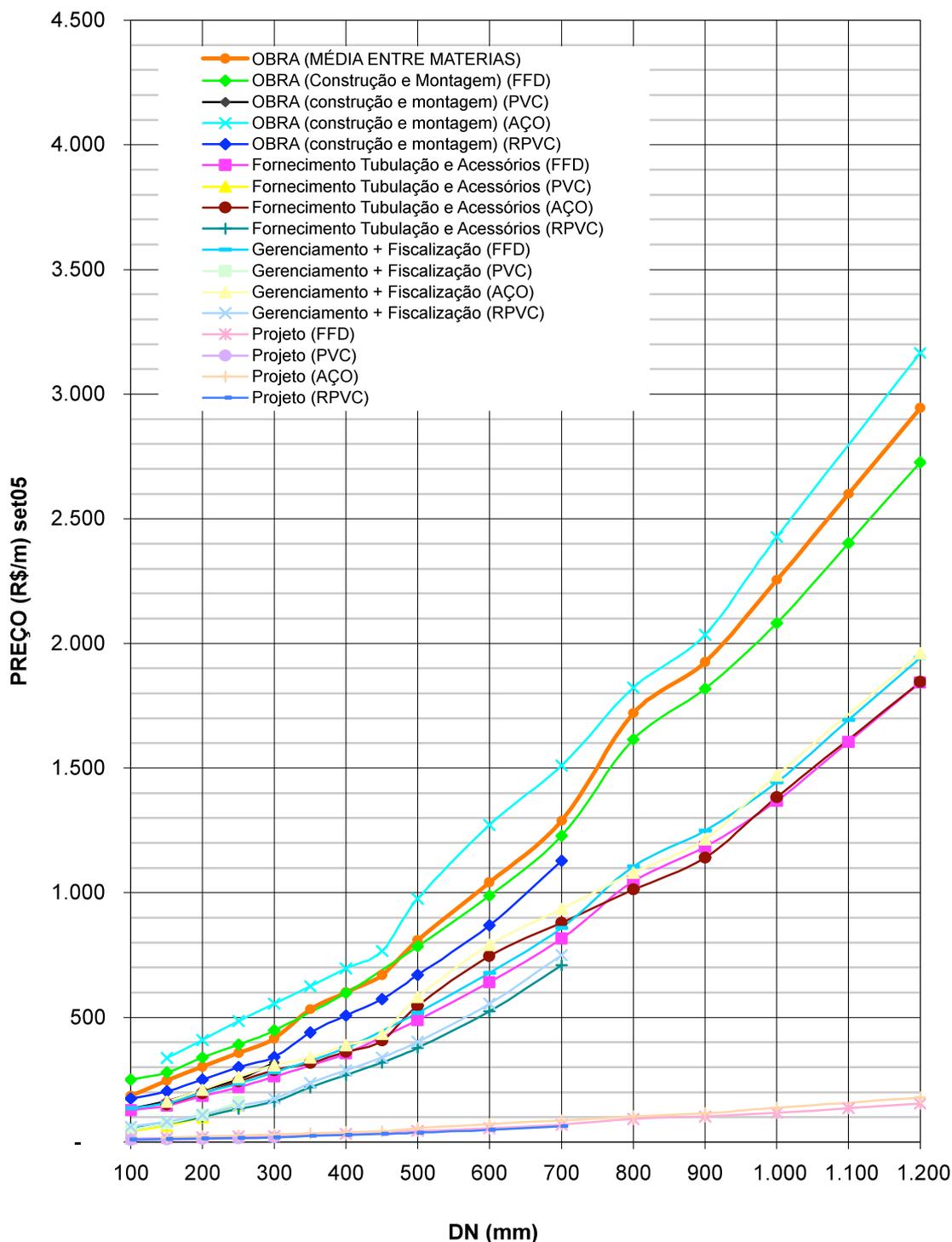
Nota: velocidades entre 1,5 e 2,0 m/s

Observa-se que, para todas as unidades deste trabalho, a vazão nominal é considerada como sendo a do dia de maior consumo (DMAc).



Notas: 1) Os valores destas curvas destinam-se apenas a estimativas e estudos comparativos de soluções, não substituindo, em nenhuma hipótese, orçamentos específicos.
 2) Inclui fornecimento de tubulação (PN10), acessórios, escavação, reaterro, projeto, supervisão, garantias, testes e operação inicial por 15 dias, seguros, custos financeiros, impostos, BDI, etc., considerando um mix de tipo de terreno, lençol d'água, área rural e pavimentada, e material de tubulação que for mais barata naquele diâmetro, em tubos ponta e bolsa normatizados. Todo o fornecimento e serviços de la categoria.
 3) Não inclui custos de desapropriações de terrenos, de aprovações, de licenças, de qualquer taxa, exceto os impostos normais sobre empreiteiros e fornecedores, nem custos de natureza jurídica ou de natureza financeira, inclusive derivados de interrupções durante os testes, ou correlatos a qualquer um destes itens.

Figura 1 – Curva de estimativa de preços de implantação de adutora (todos os materiais) – semi-rural [Escavação 85%, 10%, 5%]



Notas: 1) Os valores destas curvas destinam-se apenas a estimativas e estudos comparativos de soluções, não substituindo, em nenhuma hipótese, orçamentos específicos.

2) Incluí fornecimento de tubulação (PN10), acessórios, escavação, reaterro, projeto, supervisão, garantias, testes e operação inicial por 15 dias, seguros, custos financeiros, impostos, BDI, etc., considerando um mix de tipo de terreno, lençol d'água, área rural e pavimentada, e material de tubulação que for mais barata naquele diâmetro, em tubos ponta e bolsa normatizados. Todo o fornecimento e serviços de 1a categoria.

3) Não inclui custos de desapropriações de terrenos, de aprovações, de licenças, de qualquer taxa, exceto os impostos normais sobre empreiteiros e fornecedores, nem custos de natureza jurídica ou de natureza financeira, inclusive derivados de interrupções durante os testes, ou correlatos a qualquer um destes itens.

**Figura 2 – Curva de estimativa de preços de implantação de adutora (todos os materiais) – rural
 [Escavação 85%, 10%, 5%]**

Para facilitar a consulta às curvas que tratam dos custos de estações de bombeamento, na **Figura 3** apresenta-se uma curva auxiliar para avaliação da potência instalada em função da vazão nominal para diferentes alturas manométricas de recalque, conforme premissas adotadas neste trabalho.

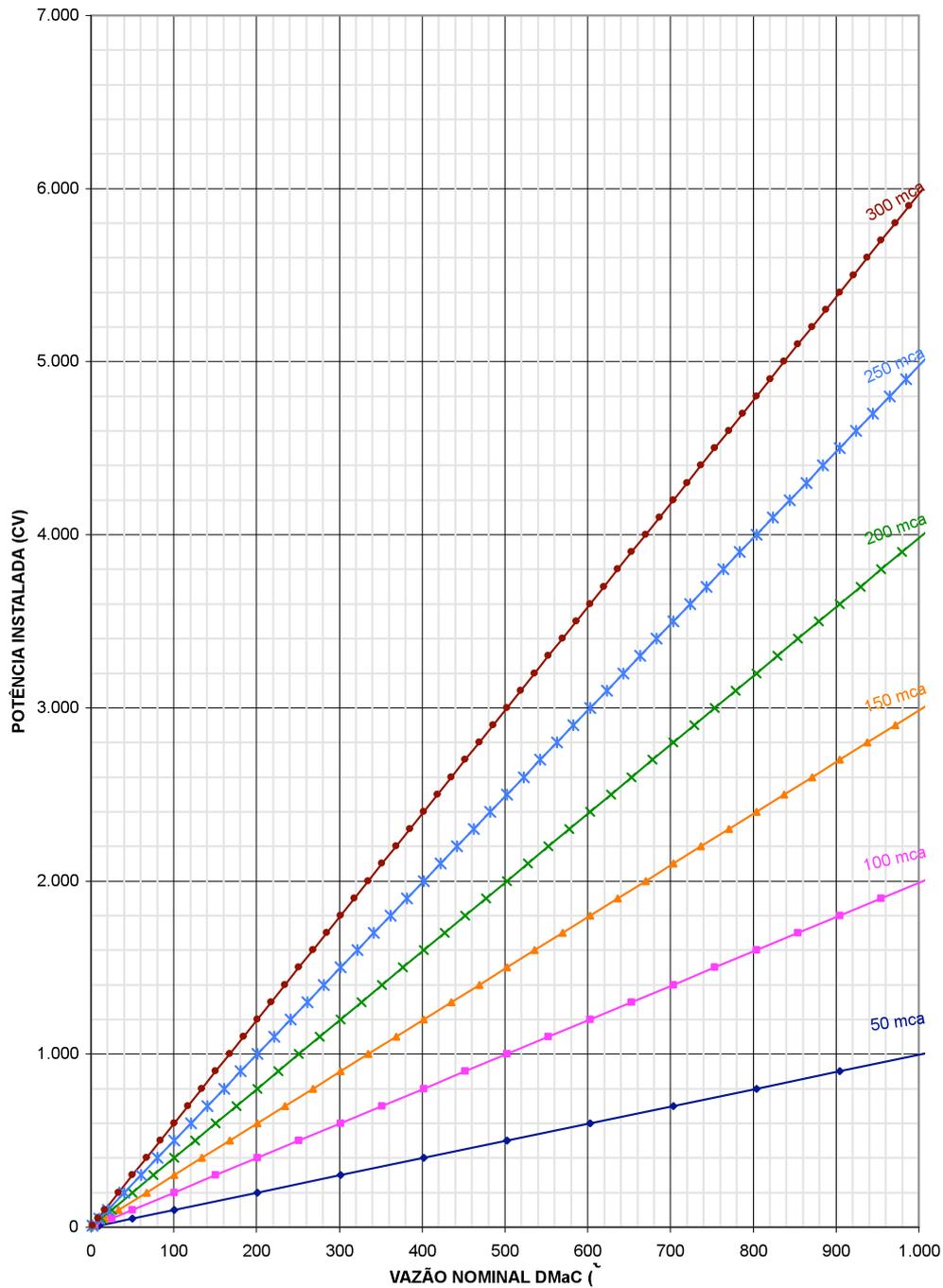


Figura 3 – Curva auxiliar para avaliação da potência instalada em função da vazão nominal (DMaC), para diferentes alturas manométricas de recalque.

Na **Figura 4a** apresenta-se a curva para estimativa de preço de estação de bombeamento padrão “ao tempo” e “coberta”. Para efeitos de orçamento, considerou-se que as bombas seriam do tipo horizontal, com carcaça bipartida. A Figura 4a permite avaliar o custo aproximado de implantação de estações de bombeamento consideradas como “padrão” em função da potência (CV), considerando acesso com aproximadamente 500m, instrumentação, comunicação, proteção anti-golpe, cerca, etc. Não estão incluídos custos de desapropriação de terrenos, de aprovações, de licenças, de qualquer taxa exceto os impostos normais sobre empreiteiros e

fornecedores, nem custos de natureza jurídica ou de natureza financeira, inclusive derivados de interrupções durante os testes, ou correlatos a qualquer um desses itens.

Na **Figura 4b** apresenta-se a curva para estimativa de preço de implantação de ETAs, que permite avaliar o custo aproximado de implantação de ETAs considerada como “padrão” a partir da vazão máxima nominal, considerando serviços preliminares, movimento de terra, urbanização, arruamento, drenagem, paisagismo, cerca, acesso, infra-estrutura, caixa de distribuição, floculadores, casa de química-administração-controle do sistema, depósito de produtos químicos, recuperação de água de lavagem dos filtros e decantadores (lagoa de lodos), instrumentação, comunicação, reservação operacional para a ETA, engenharia, gerência e impostos. Não estão incluídos custos de desapropriação, etc.

Nas **Figura 5 a 7** apresentam-se as curvas com os valores anuais de operação e manutenção para adutoras, estações de bombeamento e ETAs, respectivamente.

No caso das Estações de bombeamento, a energia elétrica representa mais de 99% dos insumos, tendo sido adotado o preço médio de 0,30 R\$/kW.h.

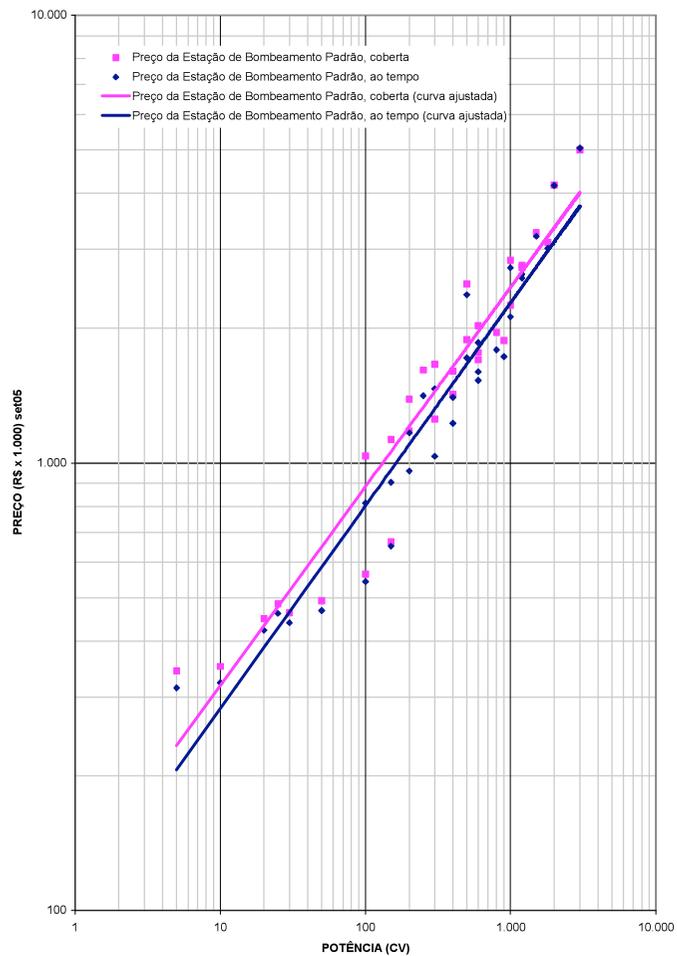
No caso das ETAs, considerou-se um grau de automação atualmente desejável, sem sofisticções desnecessárias, significando operação com taxa declinante, filtros auto-laváveis, decantadores horizontais com retenção de sobrenadantes (flotantes), filtros de dupla camada com lavagem a água e superficial manual a água, perda de carga total na ETA da ordem de 5.mca, e consumo de produtos químicos conforme **Tabela 3**.

Tabela 3 – Insumos para operação de ETA

Produto químico		Dosagem considerada	R\$/kg (set05)
Coagulante	Sulfato Al	60,0 ppm	0,25
Corretor de pH	Cal Hidratada	30,0 ppm	0,31
Desinfetante	Cloro	5,0 ppm	2,06

As ETAs são as unidades de sistemas de abastecimento de água que requerem operação mais intensa, quer por mão de obra, quer por insumos (embora o custo de energia seja normalmente baixo frente às estações de bombeamento), quer por custos diretos. Por esse motivo, é comum centralizar na área física das ETAs a gestão do sistema.

A – Estações de Bombeamento



B – Estações de Tratamento de Água

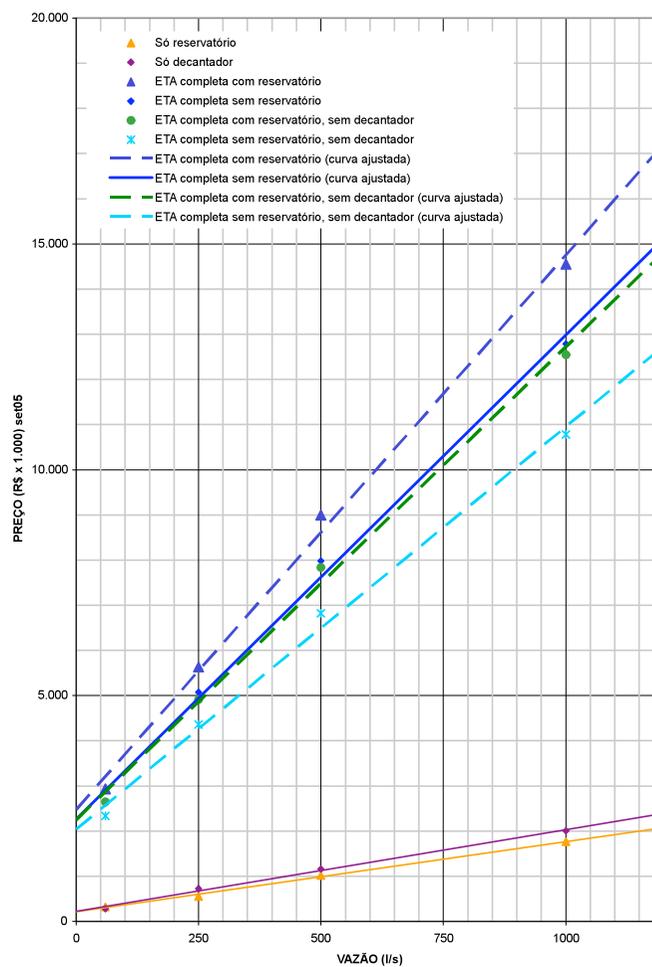
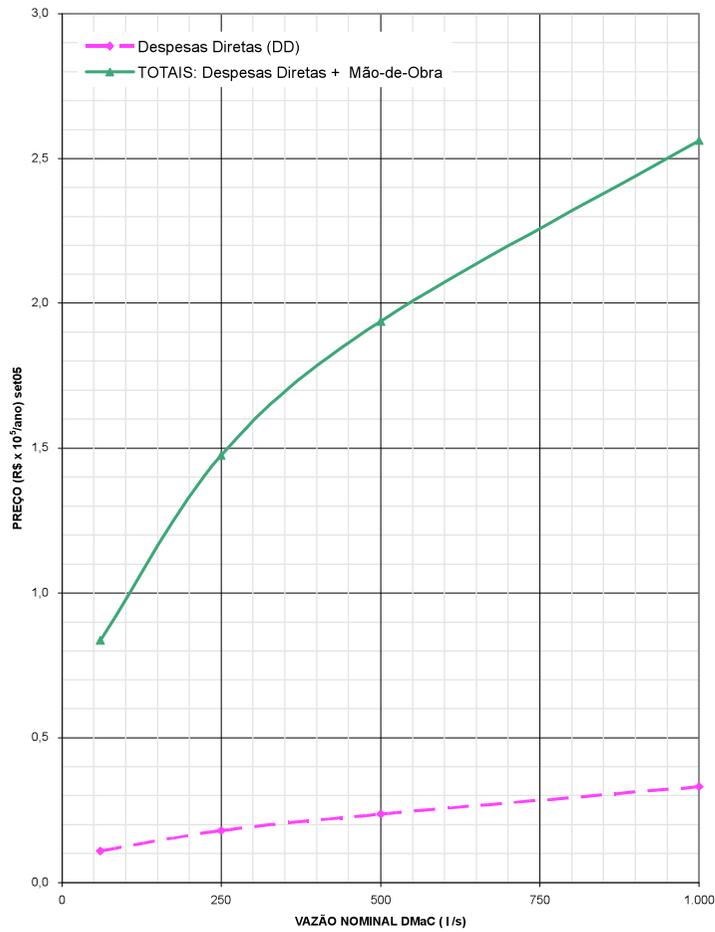


Figura 4 – (a) Curva para estimativa de preço de implantação de estação de bombeamento “ao tempo” x “coberta”, (b) Curva para estimativa de preço de implantação de ETAs

A – Valor anual de operação a partir do 10º ano



B – Valor anual de manutenção (média aritmética no horizonte de 30 anos)

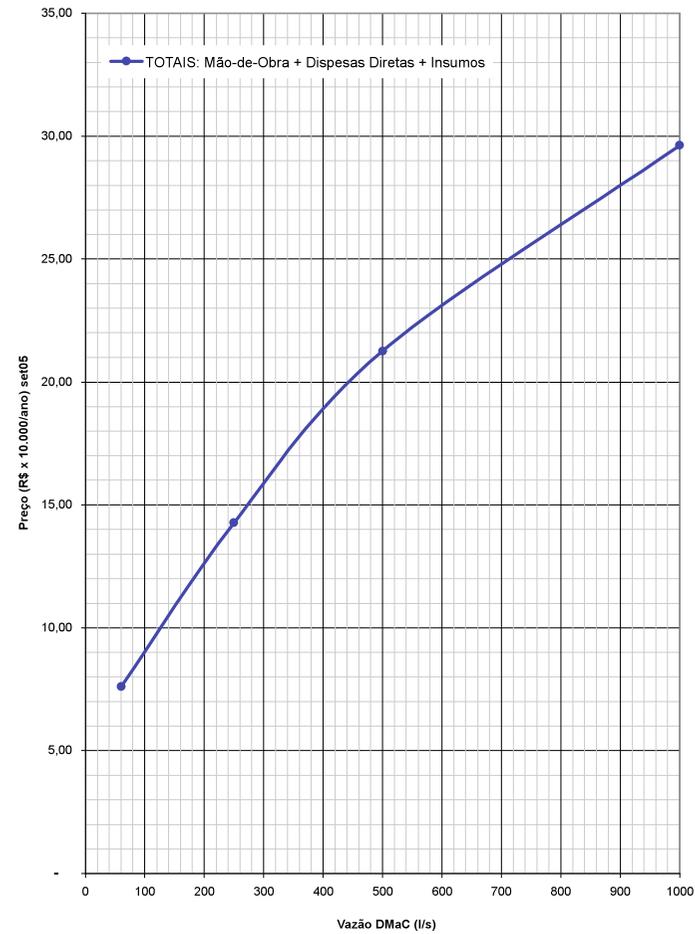


Figura 5 – (a) Valor anual de operação de adutora (10km), (b) Valor anual de manutenção de adutora (10km)

io (média aritmética no

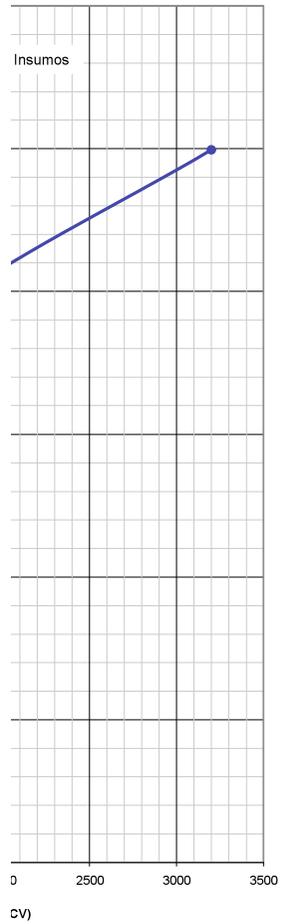
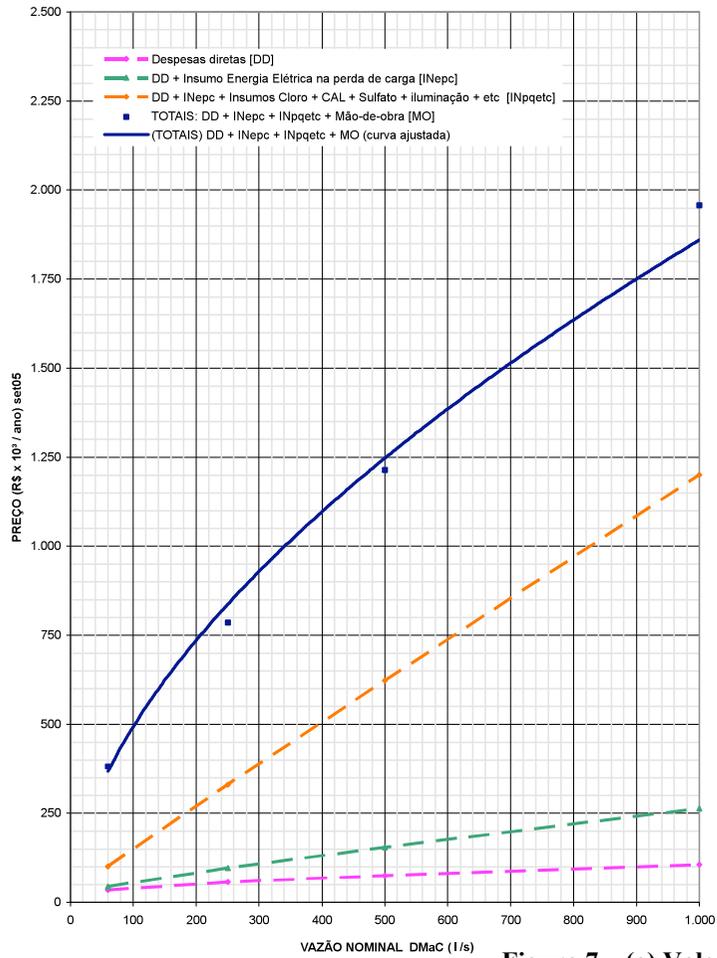


Figura 6 – (a) Valor anual de operação de estação de bombeamento, (b) Valor anual de manutenção de estação de bombeamento

A – Valor anual de operação a partir do 10º ano



B – Valor anual de manutenção (média aritmética no horizonte de 30 anos)

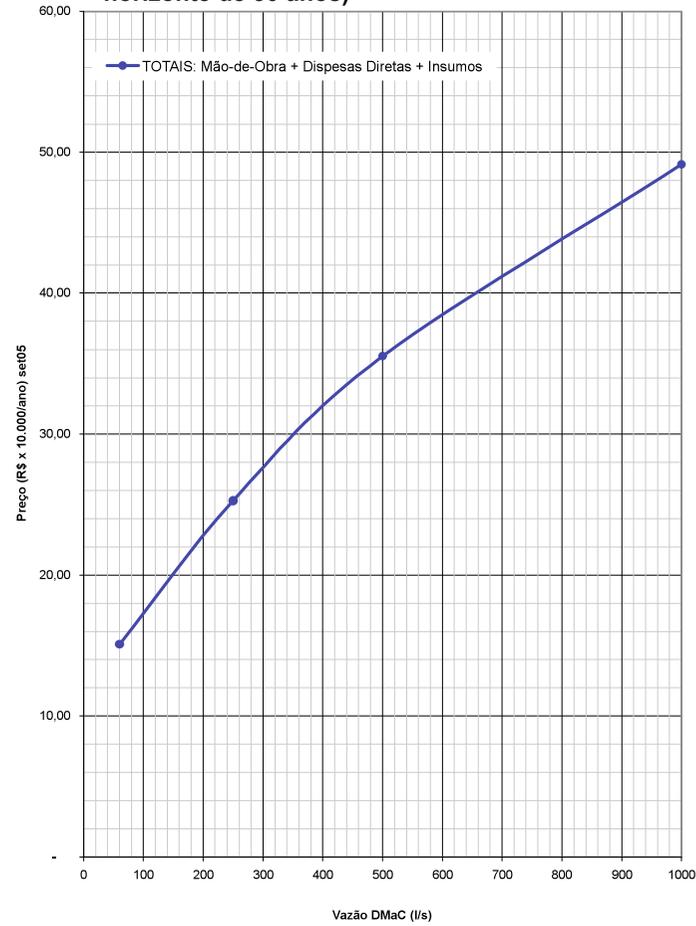


Figura 7 – (a) Valor anual de operação de ETA, (b) Valor anual de manutenção de ETA

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado objetivou estabelecer referências para estimativas de custos de implantação operação e manutenção de sistemas de produção de água. Os resultados obtidos são de extrema utilidade para empresas de saneamento, consultores e órgãos governamentais, podendo ser utilizados como estimativas iniciais para determinação da ordem de grandeza dos preços dos componentes desses sistemas.

Os resultados apresentados, entretanto, são referentes a orçamentos simplificados dos componentes do sistema de abastecimento de água adotados. Não são o valor final de um empreendimento (sistema). Além disso, não foram considerados os custos de desapropriações, levantamentos topográficos e estudos geotécnicos.

A melhor maneira de discutir os resultados é compará-los com os custos reais finais de obras. No entanto, tais informações são escassas e poucas vezes disponibilizadas. É necessário que os responsáveis pela implantação, operação e manutenção conscientizem-se dessa realidade e passem a acompanhar, de fato, o que ocorre em seus empreendimentos, para estabelecer vidas úteis reais e poder comparar materiais, métodos, conceitos, o que hoje é feito sem embasamento técnico.

Recomenda-se que os setores contratantes de unidades e sistemas de manejo de água passem a adotar critérios organizados e objetivos para somar os valores gastos em uma data em suas atividades, e não apenas as informações contábeis históricas, que não refletem a realidade, permitindo assim a divulgação das informações relativas aos preços reais de implantação, operação e manutenção dessas unidades que servirão para melhor aferir o que aqui se tratou.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, J.M. ; FERNANDEZ, M.F.; ARAÚJO, R. e ITO, A.E. Manual de Hidráulica - 8ª edição. SP: Edgard Blucher, 669p, 2002.
2. BALDIN, J. - Análise dos Custos de Implantação na Indústria Petroquímica, Internacional de Engenharia S.A, 1977
3. EMOP – Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro - Caderno de Encargos e Composição de Preços + Lista de preços de setembro de 2005.
4. EPA – Environmental Protection Agency, USA, Estimating Costs and Manpower Requirements for Conventional Wastewater Treatment Facilities (Water Pollution Control Research Series – 17090 DAN 10/71), October 1971.
5. EPA – Environmental Protection Agency, USA, Development and Application of a Water Supply Cost Analysis System (EPA-600/2-80-012b), July, 1980.
6. MARK GRUNDFOS, GEREMIA / WEATHERFORD, SULZER. Catálogos e Tabelas de Preços de Motor-Bombas.
7. Preços de Energia Elétrica – Tarifas Médias por Classe de Consumo Regional e Brasil (<http://www.aneel.gov.br>) em 25/11/2005.
8. SBC – Sistema Boletim de Custos.
9. Tubos, Acessórios de PAM Canalizações (ex Metalúrgica Barbará) e de Tigre - tubos e conexões.