
PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA

DTA **B1**

DTA - Documento Técnico de Apoio n.º B1
ELEMENTOS DE ANÁLISE ECONÔMICA RELATIVOS AO CONSUMO PREDIAL

Paulo de Tarso Afonso André
Eli Roberto Pelin

MINISTRO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO
Paulo Paiva

SECRETÁRIO EXECUTIVO DO MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO
Martus Tavares

SECRETÁRIA DE POLÍTICA URBANA
Maria Emilia Rocha Mello de Azevedo

DIRETORA DO DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO DA SECRETARIA DE POLÍTICA URBANA
Dilma Seli Pena Pereira

COORDENAÇÃO TÉCNICA DOS TRABALHOS
Pela FUPAM: Ricardo Toledo Silva
Pela SEPURB: Rodrigo Flecha Ferreira Alves

ENTIDADES PARTICIPANTES DO PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA-PNCDA
PROTOCOLOS DE COOPERAÇÃO FIRMADOS COM A SEPURB/MPO

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL - MMA
Secretaria de Recursos Hídricos – SRH
Secretaria de Meio Ambiente – SMA

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME
Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético
Eletrobrás/Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica - PROCEL

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABIMAQ – Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos
ABNT/COBRACON – Associação Brasileira de Normas Técnicas/Comitê Brasileiro da Construção Civil
AESBE – Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais
ASFAMAS – Associação Brasileira de Fabricantes de Materiais e Equipamentos para Saneamento
ASSEMAE – Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento
EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
FUPAM – Fundação para a Pesquisa Ambiental
FUSP – Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo
INFURB-USP – Núcleo de Pesquisa em Informações Urbanas da Universidade de São Paulo
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA
Esplanada dos Ministérios, Bloco A, 3º Andar, sala 305
Brasília, DF - CEP 70.054-900
Fone: (061) 315-1778, Fax: (061) 322-2024

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água é financiado pela União, através de recursos do Orçamento Geral da União - O.G.U., e está sendo desenvolvido pelo Departamento de Saneamento da Secretaria de Política Urbana do Ministério do Planejamento e Orçamento - DESAN/SEPURB/MPO, por intermédio de Convênio firmado com a Fundação para a Pesquisa Ambiental - FUPAM da Universidade de São Paulo.

Os Documentos Técnicos de Apoio, após uma versão preliminar, foram apresentados às diversas entidades e prestadores de serviços do Setor Saneamento, além de técnicos especialistas, participantes ou não do Programa, e somente concluídos graças aos comentários, críticas e sugestões enviados ao PNCDA ou discutidos em reuniões técnicas com a equipe da FUPAM e SEPURB.

A Coordenação do PNCDA agradece as diversas contribuições recebidas.

Participaram da elaboração deste Documento técnicos da FIPE-USP.

André, Paulo de Tarso Afonso.

Elementos de análise econômica relativas ao consumo predial/Paulo de Tarso Afonso André, Eli Roberto Pelin. - Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana, 1998.

46 p. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documentos Técnicos de Apoio; B1)

1. Água. 2. Consumo de água. I. André, Paulo de Tarso Afonso. II. Pelin, Eli Roberto III. Ministério do Planejamento e Orçamento - Secretaria de Política Urbana. IV. Título V. Série.

CDD 363.61

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA	7
INTRODUÇÃO	13
1. INSTRUMENTOS ECONÔMICOS DE CONTROLE DA DEMANDA DOMICILIAR	15
1.1 O Mercado de Água Potável	15
1.2 O Comportamento da Demanda Residencial de Água Potável e a Política Tarifária	16
1.3 Implicações Teóricas na Estimação do Modelo	19
1.4 Requisitos de Dados para a Estimação do Modelo Empírico	21
2. INSTRUMENTO DE ANÁLISE ECONÔMICA APLICÁVEL ÀS PERDAS E/OU DESPERDÍCIOS DE ÁGUA	23
2.1 Introdução	23
2.2 Breve Resumo das Possibilidades de Perdas e Desperdícios de Água	23
2.3 A Escolha da Ótica de Análise	24
2.4 Escolha das Modalidades de Perdas e/ou Desperdícios	26
2.5 Aspectos Teóricos e Metodológicos da Avaliação	28
2.6 Bases para a Avaliação Econômica das Alternativas de Redução do Consumo de Água Residencial para Fins de Higiene Pessoal	30
2.7 Resultados Obtidos	34
2.8 Resumo dos Resultados	45
2.9 Conclusões	45

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCD

A criação do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCD -, na esfera federal, vem ao encontro de uma antiga demanda do Setor Saneamento, delineada desde início da década de 1980 e sistematizada no “Seminário Internacional sobre Economia de Água de Abastecimento Público” (anais publicados em 1986). O evento foi promovido pela então Secretaria de Saneamento do MDU, em articulação com o BNH e executado pelo IPT em colaboração com a USP, apoiados pela ABES, pela ASFAMAS e outras entidades do Setor. O objetivo de articulação em âmbito nacional foi na época frustrado pelo fechamento do BNH, associado a um profundo desgaste da organização institucional do saneamento básico no nível federal. No entanto, algumas iniciativas associadas àquele esforço permaneceram, especialmente na linha de pesquisa em componentes de baixo consumo de água, mediante parcerias entre instituições de pesquisa e fabricantes de aparelhos e equipamentos sanitários.

Em 1994, os estudos que deram origem à série “Modernização do Setor Saneamento” (MPO/IPEA, 1995 a 1998 - 15 volumes) apontaram enfaticamente para a necessidade de se incorporar - no âmbito federal - a coordenação de políticas e programas voltados à conservação e ao uso racional da água de abastecimento público. Em abril de 1997, em articulação com o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal e com o Ministério das Minas e Energia, o Ministério do Planejamento e Orçamento - por meio do Departamento de Saneamento da SEPURB - finalmente instituía na esfera federal um programa de conservação e uso racional da água de abastecimento público. Trata-se, portanto, de um projeto de longa maturação, que sofreu os percalços de prolongado período de abandono e que merece ser implementado com todo o cuidado, evitando a saída fácil da adoção irrefletida de soluções isoladas como se fossem respostas universais, por mais eficientes que estas possam se ter mostrado em casos específicos.

Na ocasião foram firmados protocolos de cooperação com entidades civis alinhadas com os objetivos do Programa e, em setembro do mesmo ano, foi celebrado um primeiro convênio com a Fundação para Pesquisa Ambiental - FUPAM -, vinculada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. O convênio teve como escopo a realização de estudos especializados e a organização de um conjunto de Documentos Técnicos de Apoio - DTA - às atividades do Programa, nas áreas de planejamento das ações de conservação, de tecnologia dos sistemas públicos de abastecimento de água e de tecnologia dos sistemas prediais de água e esgoto.

O Programa tem por objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas. Tem por objetivos específicos definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas.

Os 16 DTA - postos em discussão após a primeira rodada de consulta que se seguiu à Fase I do PNCD - refletem a retomada de estudos abrangentes na área e não devem ser vistos como peças acabadas de um programa burocrático. A inclusão do componente “Tecnologia dos Sistemas Públicos” incorpora parte do conteúdo de programas passados de melhoria operacional em controle de perdas no âmbito da conservação urbana de água. Esses conteúdos são agora associados a uma visão mais ampla de combate ao desperdício, segundo a qual o objetivo de maior eficiência no uso da água é buscado em todas as fases de seu ciclo de utilização, desde a captação até o consumo final.

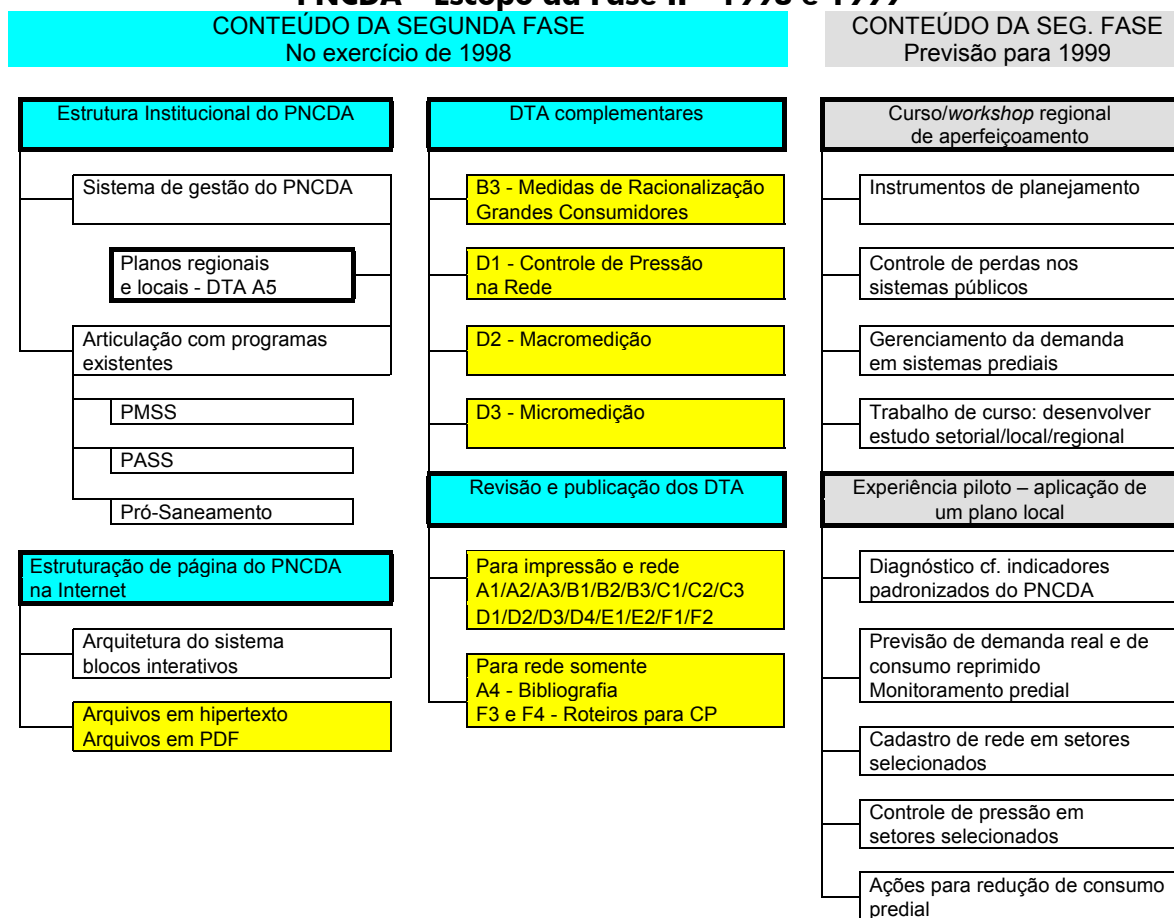
A Fase II do Programa, em 1998, inclui a produção de mais 4 DTA, sua publicação e a implantação de um sistema de acesso via Internet. Os escopos das fases até agora definidas como objetos de convênio são esquematizados nas figuras I e II, a seguir.

FIGURA I
PNCDA - Escopo da Fase I - 1997
CONTEÚDO DA PRIMEIRA FASE
Documentos Técnicos de Apoio – DTA

Planejamento e Gestão Gerenciamento da Demanda	Conservação nos Sistemas Públicos	Conservação nos Sistemas Prediais
A1 - Apresentação do Programa	C1 - Recomendações Gerais e Normas de Referência	E1 - Caracterização/Monitor. do Consumo
A2 - Indicadores de Perdas nos SAA	C2 - Panorama dos Sistemas no País	E2 - Normalização/Qualidade
A3 - Caracterização da Demanda Urbana de Água	C3 - Elementos para Planejamento	F1 - Tecnologias Poupadoras
A4 - Bibliografia Anotada	D1 - Controle de Pressão na Rede	F2 - Produtos Poupadores: Fichas Técnicas
B1 - Elementos de Análise Econômica (Predial)	D2 - Macromedição	F3* - Códigos Prática (roteiro) Instalações AF/AQ
B2 - Campanhas de Educação Pública	D3 - Micromedição	F4* - Códigos Prática (roteiro) Ramais Prediais
B3 - Medidas de Racionalização Grandes Consumidores	D4 - Redução de Perdas e Trat. de Lodo em ETA	(*) Depois consolidados em DTA único para CP.

Obs.: Na Fase I os DTA B3, D1, D2 e D3 foram apenas conceituados, sem emissão de texto base.

FIGURA II

PNCDA - Escopo da Fase II - 1998 e 1999**Maria Emilia Rocha Mello de Azevedo**

Secretária de Política Urbana do MPO

Dilma Seli Pena Pereira

Diretora de Saneamento da SEPURB/MPO

DTA – DOCUMENTO TÉCNICO DE APOIO B1
ELEMENTOS DE ANÁLISE ECONÔMICA
RELATIVOS AO CONSUMO PREDIAL

INTRODUÇÃO

Este DTA compõe-se basicamente de dois estudos: um que aborda os limites e as potencialidades da tarifa como instrumento de controle da demanda e outro que analisa a viabilidade econômica de medidas de contenção do consumo interno, do ponto de vista do usuário.

O primeiro estudo problematiza a relação entre tarifa, renda e consumo, tendo em vista detectar a resposta da demanda residencial de água potável a mudanças na estrutura de preços da água. Questiona os modelos fundados no conhecimento da demanda atual das famílias e propõe um conjunto de dados cujo conhecimento constitui requisito prévio para a estimação do modelo empírico.

O segundo estudo, relativo à viabilidade do ponto de vista do usuário, correlaciona linearmente conta de água e investimento. São estudados os casos de restritores de vazão para chuveiros, de dispositivos de diminuição de vazão de lavatórios e de emprego bacia sanitária com descarga reduzida (em contraposição a descarga convencional) para casas/sobrados e apartamentos, com base em dados empíricos válidos para a RMSP. A partir de regressões são determinadas relações específicas entre vazões consumidas, tarifas e custos de serviços que determinam a viabilidade ou não das substituições ou adaptações de aparelhos convencionais com vistas à redução de consumo.

A apresentação desses estudos é feita com o intuito de orientar possíveis análises específicas quanto à metodologia a empregar. Eles não devem ser diretamente transpostos para outros contextos e, mesmo para o caso da RMSP, deveriam ter - para fins de aplicação prática - seus dados atualizados.

1. INSTRUMENTOS ECONÔMICOS DE CONTROLE DA DEMANDA DOMICILIAR

1.1 O Mercado de Água Potável

○ mercado de água potável fornecida em rede geral - e, em decorrência, do serviço de esgotamento sanitário em rede geral - tem certas características que o distingue daquele dos bens habitualmente encontrados na cesta de consumo das famílias.

No Brasil e em alguns outros países, por razões não discutidas neste estudo, a estrutura de preços ou “tarifária” é dada por uma coleção de preços marginais, sucintamente expressa pelas relações abaixo:

se o consumo for Q ($m^3/mês$) e	aplique-se o
até Q_0 (q/q. q. seja Q)	valor fixo Z_0 (R\$)
se $Q > Q_0$, ao $\min(Q - Q_0; Q_1 - Q_0)$	preço unitário π_1 (R\$/ m^3)
se $Q > Q_1$, ao $\min(Q - Q_1; Q_2 - Q_1)$	preço unitário π_2 (R\$/ m^3)
se $Q > Q_2$, a $Q - Q_2$	preço unitário π_3 (R\$/ m^3)

onde os Q_i são os limites dos intervalos de consumo (em $m^3/mês$), Z_0 é um valor fixo em reais, pago pelo consumidor pelos primeiros Q_0 m^3 de água consumidos (ou não) no mês, e os π_i são os preços em R\$/ m^3 cobrados pelo volume consumido na correspondente “faixa” de preço unitário ou “marginal”.

Assim, se a família consumir Q $m^3/mês$ (Q entre Q_1 e Q_2), a sua “conta de água” $D_a(Q)$ será:

$$D_a(Q) = Z_0 + (Q_1 - Q_0) \cdot \pi_1 + (Q - Q_1) \cdot \pi_2$$

Se essa família utilizar a rede geral de esgotos também, a sua “conta de água e esgoto” $D_{ae}(Q)$ será:

$$D_{ae}(Q) = Z_0 \cdot (1 + E) + (Q_1 - Q_0) \cdot \pi_1 \cdot (1 + E) + (Q - Q_1) \cdot \pi_2 \cdot (1 + E) = (1 + E) \cdot D_a(Q)$$

onde E é o fator de esgoto ($0 \leq E \leq 1$) aplicado à “conta de água”.

Como se sabe, há poucos bens cuja estrutura de preços se assemelhe à exposta. Um exemplo de bem apreçado semelhantemente a água & esgoto é a energia elétrica.

A distinção que o mercado de água potável tem com relação ao de outros bens é *exclusivamente* trazida por essa estrutura de preços praticada pelas empresas fornecedoras desse bem.

Não fora essa característica, a demanda residencial por água poderia ser estudada como a de qualquer outro bem da cesta do consumidor. Nem mesmo o fato de o bem ser ofertado por um monopólio – quantos outros não há? -, ou ser bem “de necessidade social básica” - a companhia de outros é grande -, traria qualquer novidade ao arsenal usual de ferramentas analíticas da microeconomia.

Vista sob a ótica imposta pela estrutura tarifária (i.e., de preços incrementais ou marginais), a demanda das famílias fornece certas evidências quanto ao seu comportamento aparentemente surpreendente.

Analise-se o quadro a seguir, referente a uma amostra de famílias do estado de São Paulo:

Preços	$\$/m^3$	Z_o^*		π_1	π_2	π_3
Consumo	$m^3/mês$	$Q < Q_o$	$Q = Q_o$	$Q_o < Q \leq Q_1$	$Q_1 < Q \leq Q_2$	$Q > Q_2$
Renda da família	min	64	59	49	64	556
US\$ de Junho/92	max	1.437	796	2.267	2.075	2.429

* em \$ p/ qlq. $Q \leq Q_o$

O quadro indica claramente que sabendo-se a renda de uma família *não é possível* estabelecer, de forma não-ambígua, a qual faixa de consumo de água a família está associada, pois qualquer que seja a renda familiar que se tome, haverá famílias com essa renda consumindo água em (quase) todas as faixas.

Para a análise dessas evidências, note-se, preliminarmente, que o bem aqui tratado - água potável - não é discriminável por distintos consumidores.

À primeira vista, esses dados empíricos podem sugerir a conjectura de que a análise dos determinantes da demanda por água venha a indicar que a renda familiar se mostre irrelevante na decisão de consumir esse produto.

Porém, é também admissível conjecturar que essa falta de autodiscriminação do consumidor no mercado, sob o ponto de vista da sua renda, seja aparente. Pode haver outros atributos do consumidor (mas não do bem, que é indiscriminável) que, levados em consideração, impliquem superar essa apontada ambigüidade de comportamento do consumidor à vista de sua renda. Como é óbvio, quaisquer que sejam esses atributos adicionais da família, não podem ter a renda dentre os seus determinantes, pois esta já os explicaria.

É possível também que a natureza do comportamento do consumidor, induzida pelos preços marginais diferenciados, exija reconhecer características ou aspectos da tomada de decisões como próprias ou específicas desse tipo de mercado.

1.2 O Comportamento da Demanda Residencial de Água Potável e a Política Tarifária

A análise do impacto da mudança de preços da água potável sobre a demanda das famílias por água potável requer, evidentemente, que se resolvam as questões teóricas aqui abordadas.

De sua solução emergirá um modelo teórico, empiricamente estimável, que permitirá responder à questão relevante, implicitamente proposta: *qual a resposta da demanda residencial de água potável a mudanças na estrutura de preços da água?*

Para responder à questão é necessário formalizar teoricamente o comportamento do consumidor no mercado de água potável.

No que se segue, será omitida referência aos serviços de esgotamento, pois, como indicado, podem estes ser englobados à água por meio da mera redefinição dos preços marginais da água potável.

A família decide a quantidade de água Q (m^3) que consumirá no mês maximizando a sua função de utilidade, determinada por Q e pelo gasto M em todos os demais bens de sua cesta de consumo, e exaurindo sua renda y porque esses bens trazem-lhe despesa aos preços positivos em que são ofertados.

Formalmente, isso se expressa por:

$$\text{Max } U(Q, M) \text{ sujeita à restrição } y = D(Q) + M \quad (1)$$

onde $U(Q, M)$ é a função de utilidade da família, $D(Q)$ é a despesa com água potável (e, eventualmente, esgotamento sanitário) e $M = y - D(Q)$ é o gasto com todos os demais bens da cesta do consumidor.

A simplicidade de (1) é ilusória.

Se a família com renda y consumir $Q \text{ m}^3/\text{mês}$ (Q entre Q_1 e Q_2), a sua “conta de água” $D(Q)$ será:

$$\begin{aligned} D(Q) &= Z_o + (Q_1 - Q_o) \cdot \pi_1 + (Q - Q_1) \cdot \pi_2 \\ &= Z_o + (Q_1 - Q_o) \cdot \pi_1 - Q_1 \cdot \pi_2 + Q \cdot \pi_2 = H_2 + Q \cdot \pi_2 \end{aligned}$$

Evidentemente, $H_2 < 0$, pois, $Q_1 > 0$ e $Z_o / Q_o < \pi_1 < \pi_2$

A restrição orçamentária em (1) pode então ser reescrita como:

$$y - H_2 = Q \cdot \pi_2 + M \text{ ou } y^* = Q \cdot \pi_2 + M > y$$

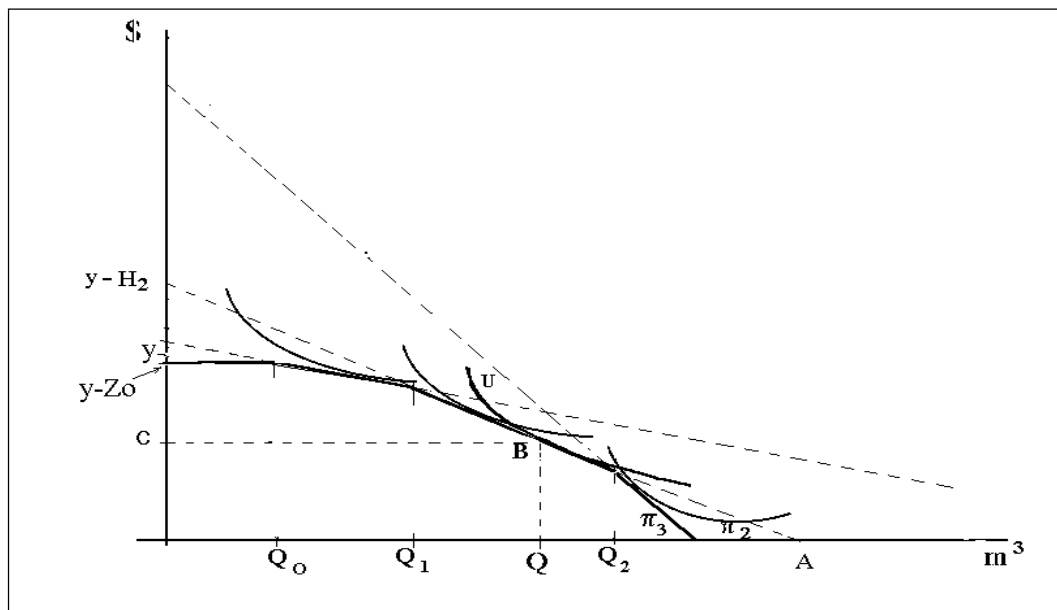
Logo, $-H_2 (>0)$ é um subsídio dado ao consumidor pelo prestador de serviços, dependente da “faixa” tarifária do consumo familiar, $y^* (> y)$ pode ser visto como uma “super-renda” familiar, e a decisão do consumidor pode ser redefinida como:

$$\text{Max } U(Q, M) \text{ sujeito às restrições } Q_1 < Q < Q_2 \text{ e } y^* = Q \cdot \pi_2 + M \quad (1')$$

Similarmente podem ser formuladas as decisões da família nos casos em que $Q \text{ (m}^3/\text{mês)}$ se situe em cada um dos demais intervalos impostos pela política tarifária do prestador de serviços de água e esgotos.

A figura 1 ilustra o problema e as soluções do consumidor para famílias com dada renda y , e expressa mais claramente as dificuldades teóricas envolvidas.

Figura 1



Fica evidente que as soluções como o ponto B dependem das preferências U do consumidor, de sua renda y e dos preços marginais estabelecidos pela “política tarifária” do prestador de serviços (os Q_i , Z_o e os π_i).

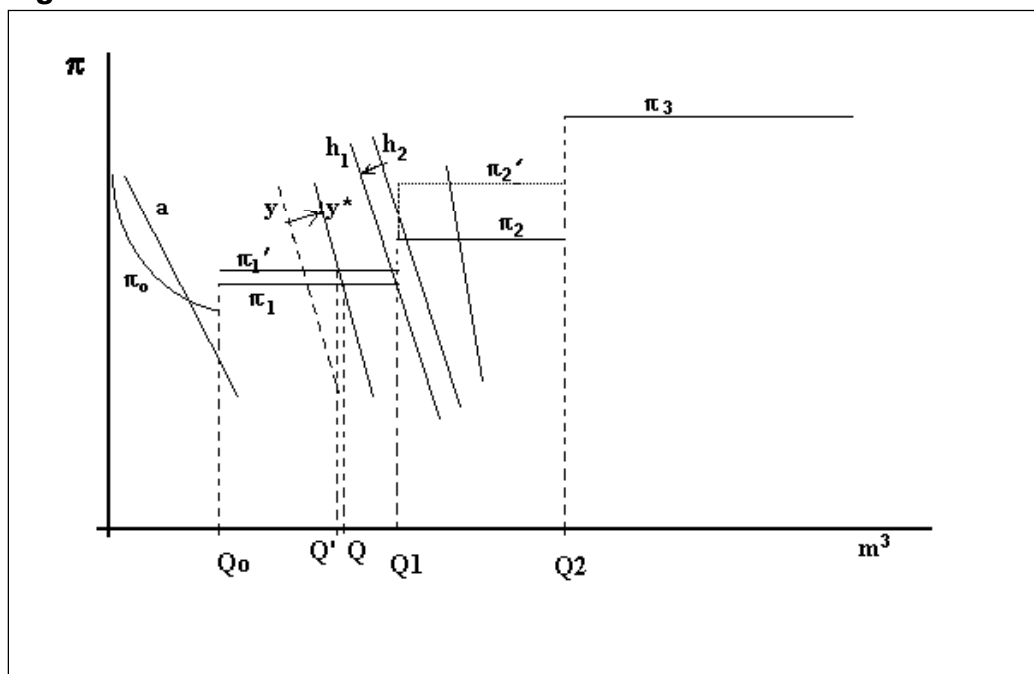
Fica também evidente que não é surpreendente que duas distintas famílias possam consumir distintos níveis de água, embora tenham a mesma renda (y).

Também fica claro que a renda não é irrelevante na solução do consumidor.

Finalmente, fica claro que a peculiaridade das soluções do consumidor é determinada pela estrutura de preços para um bem homogêneo e indiscriminável (água potável), definida pelo prestador de serviços.

Analisando a questão no mercado de água potável, a figura 2 abaixo esclarece os aspectos adicionais do problema em discussão.

Figura 2



Na figura 2, os significados geométricos e de notação são os seguintes:

- a curva π_o ($= Z_o/Q$) é a oferta do prestador de serviços para fornecimentos inferiores ou iguais a Q_o ;
- os π_i ($i > 0$) são os preços marginais de oferta em cada intervalo Q_i da estrutura tarifária;
- os π_i' são os novos preços marginais, superiores aos π_i iniciais;
- a é a demanda familiar atendida pela oferta π_o ;
- y é a demanda da família com renda y que ocorreria se não houvesse o subsídio $|H_1|$;
- y^* é a demanda efetiva da família com renda y pois a família recebe o subsídio $|H_1|$;
- aumento no preço marginal de π_1 para π_1' causa a redução no consumo da família y^* de Q para Q' ;

- h_2 é a demanda da família atendida pela oferta π_2 ; e
- h_1 é a nova - e inferior - demanda da família h_2 como resultado do aumento do preço marginal π_2 para π_2' , levando a família a ser atendida pela oferta $\pi_1 < \pi_2'$ (ou por $\pi_1' < \pi_2'$), recebendo menor subsídio ($|H_1| < |H_2|$), causa do deslocamento de h_2 para a esquerda h_1 .

A primeira conclusão importante, indicada na figura 2, é que as demandas de água dependem crucialmente de Z_o , dos preços marginais π_i e dos intervalos Q_i estabelecidos pelo prestador de serviços. Exemplificando: h_1 e h_2 são a demanda da *mesma família*, ditada, porém, por distintos preços (tarifas).

Essa peculiaridade da demanda de água é claramente introduzida pela segmentação (Z_o , π_i) e subsídios ($-H_i$) da oferta no mercado, ditados ambos pela política tarifária do prestador de serviços.

Também se os limites dos intervalos de consumo Q_i forem alterados pelo prestador de serviços (casos não apresentados nas figuras), haverá: famílias cuja demanda e consumo não se modificarão, famílias que mudarão sua demanda e consumo mas não o segmento de inserção no mercado, e famílias que mudarão sua demanda, seu consumo e o segmento de inserção no mercado.

Outra implicação é a de que há famílias de baixa renda com demandas como as que são atendidas a preços unitários π_o significativamente *maiores* do que π_1 , o que contradiz o argumento de que a política tarifária deva adotar uma tarifa mínima Z_o , pois assim subsidia (logo, beneficia) as famílias de baixa renda.

Também se conclui com a figura 2 (ou com a figura 1) que não basta conhecer a demanda atual das famílias (como por exemplo h_2) para se inferir o impacto que sobre ela terá um aumento no preço marginal da água nessa “faixa” tarifária, pois a família não necessariamente continuará atendida no novo segmento π_2' da oferta.

A função de demanda de água não é, pois, nem trivial, tampouco única, e nem discriminada pela renda, embora dependa dela.

É desnecessário demonstrar que a formulação da política tarifária dos prestadores de serviços para a água potável não tem levado em conta estas peculiaridades do mercado - ditadas por essa política - , tampouco alguns de seus efeitos socialmente perversos/indesejáveis/injustos.

Também fica patente que a política tarifária dos prestadores de serviços pode ser aperfeiçoada, habilitada e instrumentalizada a atender a seus objetivos sociais e empresariais, se os prestadores de serviços dispuserem de um modelo empírico (estimado com dados da realidade observada), teoricamente correto, das demandas das famílias que atendem.

1.3 Implicações Teóricas na Estimação do Modelo

A estimação da demanda residencial de água potável não pode, evidentemente, desconhecer as peculiaridades teóricas desse mercado, discutidas anteriormente. Essa cautela, infelizmente, não tem sido adotada na literatura econômica e econométrica, do que no país é exemplo estudo recente do IPEA¹, e os resultados são, pois, incorretos.

As principais implicações teóricas para a estimação de um modelo da demanda residencial de água potável estão grandemente contidas nas discussões anteriores. São elas:

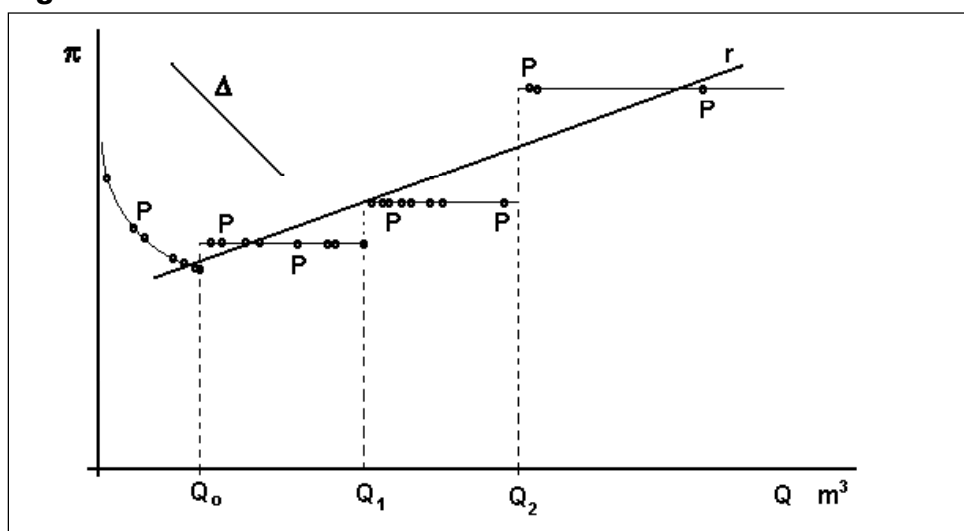
¹ Andrade, T. A. et alii, “Estudo da Função Demanda por Serviços de Saneamento e Estudo da Tarificação do Consumo Residencial”, Texto para Discussão nº 415, IPEA, maio de 1996.

- modelo econométrico para a estimação da demanda de água deve respeitar a segmentação do mercado imposta pela estrutura de preços; há, pois, tantas funções de demanda quanto os segmentos ("faixas") de preços marginais + 1 (Z_o); e
- será imprescindível terem sido submetidas as famílias a uma gama de políticas tarifárias distintas para assegurar a identificação econométrica das funções de demanda.

Para evidenciar as questões econométricas, analise-se a figura 3, na qual se supôs que a renda familiar y é idêntica para todas as famílias P e tal que, em qualquer segmento de mercado ("faixas" Z_o , π_i), sempre é possível observar uma família com essa renda consumindo água nesse segmento. É o caso de famílias paulistas com renda de R\$ 550,00 a R\$ 800,00.

A situação ilustrada tem a virtude de conter toda a variedade de situações da realidade úteis à discussão.

Figura 3



Na figura 3:

- os P são os pontos observados de interseção das demandas (como a , y^* e h_2 da figura 2) com as ofertas π_i . Ou seja, os P são os dados da realidade residencial observada, plotados no plano (Q, π) ;
- a direção Δ , com coeficiente angular negativo, exemplifica a direção teoricamente esperada das demandas residenciais (como são a , y^* e h_2 da figura 2) estimadas; e
- a reta r é a reta de regressão linear, obtida pelo método de mínimos quadrados ou pelo de máxima verossimilhança, determinada pelos pontos (dados) P .

É evidente que os dados P , tratados sem atenção às peculiaridades de mercado discutidas, implicariam a estimação de uma reta de regressão como r , com coeficiente angular positivo, o que é um absurdo teórico (demanda de água crescente com preços).

O erro está em considerar que os P correspondam a uma curva de demanda, quando na verdade para esta renda haverá tantas funções de demanda quantas "faixas" ou segmentos de mercado houver na estrutura tarifária. Contudo, estimar uma função de demanda para os dados P e obter r com

coeficiente angular teoricamente correto (negativo) é impossível - donde a dificuldade com textos como o do IPEA.

1.4 Requisitos de Dados para a Estimação do Modelo Empírico

Os requisitos de dados para a estimação das demandas residenciais de água (e serviços de esgotamento) não são estridentes, mas podem ser eventualmente de obtenção trabalhosa se já não estiver disponível uma base de dados amostrais dos principais atributos das famílias com hidrômetro na região atendida pelo prestador de serviços de água e esgoto.

Os principais dados de uma amostra probabilística de famílias atendidas pelo prestador de serviços e que tenham hidrômetro são:

- temporais: datas de referência precisas dos dados da família entrevistada;
- locais: endereço domiciliar completo da família, ou nº de sua “conta de água e esgoto” estritamente preciso - para permitir a recuperação das contas da família nos arquivos do prestador de serviços;
- domiciliares: atributos físicos do domicílio quanto ao acesso à rede geral de água e esgoto e de eventual vinculação a outras residências no consumo de água;
- eventual complemento de informações domiciliares - dados de instalações consumidoras de água no domicílio (número e tipos de vasos sanitários, de válvulas ou caixas de descarga, número de torneiras por tipo de cômodo, número de chuveiros), máquinas de lavar (roupa e pratos), etc.;
- demográficas: estrutura familiar – parentesco, idade, sexo e grau de educação formal de cada membro da família; empregados domésticos moradores e ocasionais;
- rendimentos e ocupações de cada membro economicamente ativo da família, em trabalhos formais ou informais; e
- registros sobre eventual utilização de água residencial para prestação de serviços a terceiros (lavagem de roupas, de carros, etc.).

Os principais dados do prestador de serviços são:

- estrutura tarifária residencial em cada período e região abrangidos pelos dados amostrais das famílias;
- estrita identificação e disponibilidade das “contas de água e esgoto” pagas por cada família da amostra em cada período amostral, com a discriminação de volumes (m^3) fornecidos e valores, e eventuais critérios de imputação de volumes consumidos e de apuração.

O tamanho e outras características gerais da amostra probabilística de famílias necessários à estimação dos modelos de demanda residencial de água (e esgotamento) dependerão do grau de

heterogeneidade das populações atendidas pelo prestador de serviços, que são em geral avaliadas com base nas estatísticas populacionais habitualmente disponíveis no país.

2. INSTRUMENTO DE ANÁLISE ECONÔMICA APLICÁVEL ÀS PERDAS E/OU DESPÉRDÍCIOS DE ÁGUA

2.1 Introdução

Esta seção tem como objetivo central responder a seguinte pergunta: *até que ponto é economicamente viável aplicar soluções técnicas com vistas à diminuição de perdas e/ou desperdícios de água?*

Assim colocada, a pergunta soa notoriamente vaga, haja visto o grande número de causas das perdas e/ou desperdícios de água, bem como a possibilidade de se conduzir a análise econômica sob diferentes óticas ou enfoques. Assim, levando-se em conta o escopo deste trabalho, é necessário reduzir-se o leque de opções de modo que seja possível responder aquela questão para um número aceitável de situações. Portanto, definir qual ótica a adotar ou, em outros termos, “a redução é viável para quem?”, e quais tipos de perdas e/ou desperdícios vale mais a pena considerar é a tarefa inicial desta seção do trabalho.

Uma vez fechado o leque de opções de análise, a tarefa seguinte é a apresentação, ainda que breve, dos aspectos teóricos e metodológicos mais importantes da avaliação econômica das opções escolhidas. Uma vez definida a metodologia de avaliação das opções de diminuição de perdas e/ou desperdícios selecionadas, buscar-se-á estabelecer as bases de dados e critérios lógicos sob os quais serão feitas as avaliações. Finalmente, serão apresentados e comentados os resultados encontrados, do ponto de vista da questão em pauta.

Convém, por fim, enfatizar o caráter educativo desta seção do trabalho. Adicionalmente ao fato que seus resultados podem ser imediatamente aplicados aos casos escolhidos, outro mérito desta seção é o de mostrar ser possível aplicar o mesmo método a outras situações e/ou localidades, bastando, para isso, prover as informações e o conjunto de dados necessários à respectiva análise. Sempre será possível aplicar a mesma metodologia ao novo conjunto de dados e situações.

2.2 Breve Resumo das Possibilidades de Perdas e Desperdícios de Água

É sabido que aproximadamente metade das perdas e/ou desperdícios de água constitui-se nas chamadas “perdas físicas”, das quais mais de 80% ocorrem entre a saída da rede e o hidrômetro (ramais prediais). A outra metade corresponde às chamadas “perdas não físicas”. Não incluídas nestas duas categorias de perdas há outras possibilidades de desperdícios de água que podem ocorrer entre o medidor e os pontos de consumo.

As perdas físicas são derivadas de vazamentos. Neste caso, **não há consumo** de água. As causas de tais perdas são de caráter eminentemente técnico, ligadas à qualidade do material empregado e às condições de implantação destas ligações, dentre outros fatores. Como tal, exigem soluções técnicas específicas a elas.

As perdas não físicas caracterizam-se por serem perdas decorrentes de problemas associados à medição ou da ausência dela, dentre outros. As perdas não físicas diferenciam-se das físicas pelo fato de **resultarem em volumes consumidos** mas que, por variadas razões, não são medidos e, portanto, não são faturados, gerando diminuição da receita do prestador de serviços. Podem ser perdas deliberadas - ou seja, provocadas pelos próprios consumidores, com ou sem auxílio técnico, acarretando sangrias ilegais no sistema de distribuição (fraudes) - ou não deliberadas, isto é,

decorrentes de ineficiências ou políticas do próprio sistema, mas que de alguma maneira podem ser corrigidas ou amenizadas.

Dentre as causas não deliberadas, pode-se destacar:

- políticas de aumentos reais de tarifas colocadas em prática pelo prestador de serviços, gerando alguma redução no volume consumido, pela ampliação do fenômeno das fraudes, notadamente por parte de alguns consumidores industriais e comerciais - tal poderia ocorrer à medida que as empresas em lugar de reduzirem a produção e/ou encerrarem as suas atividades, passassem a correr o risco de fraudar os registros de consumo, procurando reduzir o custo a pagar pelo uso da água e diminuir o custo total de produção da empresa;
- existência de caixas d'água em economias cuja fase final de enchimento, geralmente por ser feita a fio d'água, provoca uma submedição pelos hidrômetros;
- economias com consumo medido por hidrômetros com vida útil vencida e, portanto, com precisão prejudicada;
- economias com consumo medido por hidrômetros avariados, como cúpulas perfuradas e outros problemas;
- economias com consumo medido por hidrômetros com capacidade de medição inadequada; e
- política tarifária seletiva a determinados grupos sociais (favelas, por exemplo) que provocam desvios de água.

Dentre as causas deliberadas pode-se destacar:

- economias com hidrômetros inclinados - para pequenas vazões, a inclinação dos hidrômetros provoca submedição;
- economias com hidrômetros temporariamente invertidos;
- economias com ligações irregulares e/ou clandestinas;
- economias com violação do selo dos hidrômetros; e
- economias com hidrômetros reativados clandestinamente.

Além das possibilidades parcialmente descritas aqui, podem ocorrer consideráveis graus de desperdício de água entre o hidrômetro e os pontos de consumo. As causas podem ser as perdas físicas nos sistemas hidráulicos internos à economia, caracterizados por vazamentos decorrentes da idade ou da qualidade dos materiais utilizados no sistema, ou ainda das condições em que tais sistemas foram construídos. Outra causa de elevado grau de desperdício é o superdimensionamento dos pontos de consumo, como, por exemplo, caixas de descarga com volumes excessivos. Fator importante ainda são os hábitos do consumidor (elevado tempo de banho, deixar torneira aberta ao fazer a barba ou ao escovar os dentes, etc.).

2.3 A Escolha da Ótica de Análise

Do exposto até aqui, observa-se que as perdas e/ou desperdícios de água estão afetos diretamente a dois agentes econômicos: os prestadores de serviços e os consumidores. Por se tratarem de agentes privados e agindo como tal, o enfoque primariamente relevante da avaliação econômica é o enfoque privado. Assim, as vertentes de análise mais apropriadas são a ótica do concessionário e a ótica do consumidor.

Contudo, há uma outra possibilidade: o enfoque social. Neste caso a análise deslocar-se-ia da ótica privada para a ótica da sociedade como um todo. O emprego desta ótica, ainda que pudesse ser aplicado aos casos que aqui serão analisados, pela sua complexidade, demandaria tempo.

Há uma diferença econômica notável entre as perdas e/ou desperdícios à montante e/ou no hidrômetro e àquelas à jusante. Uma diminuição das perdas e/ou desperdícios à montante e/ou no hidrômetro geram receitas extras para os prestadores de serviços, o que, em princípio, deveria ser um enorme incentivo para que eles estudassem a viabilidade econômica destas reduções. As vantagens de assim proceder são notórias.

Contrariamente, a diminuição de perdas e/ou desperdícios à jusante do medidor gera decréscimo de receitas para a prestadora de serviço. Assim, elas terão pouco incentivo econômico para realizar estudos com vistas a reduzir o consumo de água pelos seus consumidores. Esta é uma ótima razão, além das limitações impostas pelo escopo deste trabalho, para que esta seção do estudo aponte suas baterias para a avaliação econômica da redução das perdas e desperdícios à jusante do hidrômetro. Isto equivale a conduzir a análise econômica da redução segundo a *ótica do consumidor*.

Há, entretanto, situações nas quais seria interessante ao prestador de serviços empenhar-se na redução de perdas e/ou desperdícios à jusante do medidor.

Uma destas situações ocorreria quando houvesse escassez de oferta de água em sua jurisdição, e quando a prestadora de serviço já estivesse obtendo sucesso pelo desencadeamento de programas internos de redução das suas perdas físicas (aquelas que não redundam em consumo). Assim, ao se empenhar na redução de perdas à jusante do hidrômetro, após ou em conjunto com suas próprias iniciativas de redução de perdas à montante do medidor, a empresa tende a ganhar um "bônus" público a mais longo prazo. Isto ocorreria na medida em que transmite uma imagem não só de estar buscando uma maior eficiência junto ao consumidor final mas, também, por transmitir a imagem de estar de fato fazendo sua parte para eliminar ou diminuir a escassez de oferta, e não apenas transferindo a outrem esta tarefa.

Outra situação, esta ligada à saúde pública, poderia justificar aquele empenho do prestador de serviços, quando há escassez de oferta. Como se sabe, o tratamento da água é responsável pela diminuição de doenças de veiculação hídrica. Desse modo, ao permitir que parcelas maiores da população passem a consumir água tratada, haverá um benefício social representado pela diminuição daquelas doenças. Contudo, a empresa não consegue internalizar financeiramente este benefício, embora incorra em custos representados por um programa de redução de desperdícios e perdas à jusante do medidor. Quando este é o caso, pode ser interessante que o setor público subsidie a empresa neste programa, tendo em vista aquele benefício social. Este é um caso típico onde a avaliação segundo a ótica social seria recomendável.

Há, ainda, uma terceira situação onde poderia ser interessante ao prestador de serviços comandar ela própria um programa de incentivo monetário à redução do consumo domiciliar de água. Como é sabido, um menor consumo doméstico de água implica menor quantidade de esgoto a ser coletado e tratado. Sendo assim, um programa do tipo mencionado poderia valer a pena nos casos em que o custo do incentivo monetário - que também pode ser a cessão gratuita dos dispositivos economizadores e da mão-de-obra de instalação -, mais o valor da receita líquida sacrificada, fosse menor que a redução nos custos variáveis de coleta e tratamento de esgoto doméstico decorrentes de menores quantidades consumidas de água. Isto pode ser particularmente interessante naqueles sistemas de esgotos já saturados. Quando este é o caso, interessaria ao prestador de serviços promover um programa de redução do consumo domiciliar de água sempre que o custo marginal de

ampliação do sistema de coleta e tratamento de esgotos fosse superior ao custo marginal do programa de redução do consumo de água.

2.4 Escolha das Modalidades de Perdas e/ou Desperdícios

A definição da ótica de análise constitui-se no primeiro passo para resolver a questão "do que avaliar". Isto ocorre porque o termo genérico consumidor de água aplica-se tanto ao consumidor domiciliar como ao industrial, comercial ou público. Pelas mesmas razões já apontadas, aqui também é preciso fazer escolhas. Neste caso, o critério de escolha mais sensato é o de optar pela categoria de consumidores na qual o potencial de redução de perdas e/ou desperdícios seja o maior de todos.

A tabela 1 a seguir mostra alguns dados de consumo de água por categoria de consumidor da SABESP nas suas concessões no estado de São Paulo nos 12 meses compreendidos entre março de 1996 e fevereiro de 1997.

Tabela 1

Consumidor	Participação %
Residencial	80,3
Comercial	12,3
Industrial	3,6
Público	3,8
Total	100

Fonte: SABESP, 1997.

Grosso modo, cerca de 80% do consumo de água da SABESP é domiciliar, pouco mais de 12% é comercial, ficando o consumo industrial e o público com pouco menos de 4% cada um.

No entanto, convém observar que a distribuição de consumo por categoria de consumidor da SABESP não é representativa da situação apresentada pelo estado de São Paulo como um todo, tampouco daquela apresentada pelo Brasil. Isto porque sua área de atendimento compreende regiões de alta densidade industrial e comercial como, por exemplo, a Região Metropolitana de São Paulo.

Assim, se considerarmos as outras localidades do estado não atendidas pela empresa ou mesmo o país como um todo, bem como população de consumidores industriais e comerciais mais rarefeita, a tendência é a de que a participação dos domicílios no total do consumo de água se aproxime dos 90%. Sendo assim, não há de dúvida de que a modalidade a ser escolhida para análise é o *consumidor domiciliar*.

Todavia, como já mencionado, são inúmeras as possibilidades quantitativas de redução de perdas e/ou desperdícios dentro de um único domicílio e para cada ponto de consumo. Os montantes passíveis de redução são influenciados pelas diversas situações de instalações domiciliares – casas térreas, sobrados, edifícios, pelos hábitos de consumo, número de habitantes no domicílio, e pelo número e características técnicas dos aparelhos e peças existentes nos pontos de consumo.

A diversidade de pontos de consumo dentro de um domicílio e, como salientado, as inúmeras possibilidades de redução quantitativa de perdas e/ou desperdício em cada um destes pontos em função das demais variáveis impõe uma outra escolha: quais pontos de consumo analisar.

Com base em experimentos em alguns países selecionados, Gonçalves² **chega à estimativa da distribuição de consumo domiciliar por ponto de consumo** (ver tabela 2).

Tabela 2
Distribuição % do Consumo Domiciliar de Água por Ponto de Consumo em Países Selecionados

Pontos de consumo	% em relação ao total
Bacia sanitária	38
Banho/chuveiro	29
Lavatório	5
Lavagem de roupa	17
Lavagem de louça	6
Beber/cozinhar	5
Total	100

Estimativas para a Região Metropolitana de São Paulo mostram quadro semelhante, conforme se vê na tabela 3.

Tabela 3
Distribuição % do Consumo Domiciliar de Água por Ponto de Consumo na RMSP

Pontos de consumo	% em relação ao total	
	Em casas e sobrados	Em apartamentos
Bacia sanitária	29	30
Chuveiro	28	29
Lavatório	6	6
Pia	17	18
Lava-louça	5	4
Tanque	6	5
Lava-roupa	9	8
Total	100	100

Fonte: Dados gentilmente cedidos pela engenheira Lúcia Helena de Oliveira - Doutoranda em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

É notória a concentração do consumo domiciliar de água para fins de higiene pessoal (as três primeiras linhas de ambas as tabelas). Consome-se, nesta atividade e dependendo da fonte, algo entre 2/3 e 3/4 do total de água consumido no domicílio. Adicionalmente, e possivelmente em razão desta concentração, os experimentos disponíveis de redução de desperdícios de água em domicílios concentram-se nos pontos de consumo destinadas àquela atividade. Como não podia deixar de ser, esta seção do estudo será dedicada à análise econômica das reduções naqueles três primeiros pontos de consumo.

Mesmo fixados estes três pontos, ainda é grande a diversidade de possibilidades de reduções quantitativas de desperdício domiciliar de água. Tome-se, como exemplo, um chuveiro. As possibilidades de redução de desperdícios são uma função

² Gonçalves, P. M. "Bases Metodológicas para a Racionalização do Uso de Água e Energia no Abastecimento Público de Água em São Paulo". Mimeo, 1995. Dissertação de Mestrado. IEEE/EP/IF/FEA. pág. 95.

da vazão e dos hábitos e do número de habitantes no domicílio. Por sua vez, a vazão é função da pressão existente no ponto de consumo, que depende das diversas situações de instalações domiciliares - casas térreas, sobrados ou edifícios. Enfim, o número de variáveis a ser considerado é grande. Pelo menos em parte, e tanto quanto possível, tentar-se-á montar um instrumento de análise econômica que leve em conta o maior número possível de variáveis intervenientes no processo de redução de desperdícios.

2.5 Aspectos Teóricos e Metodológicos da Avaliação

A metodologia a ser empregada na avaliação econômica da redução de desperdícios de água na atividade de higiene pessoal em domicílios é aquela empregada no campo da análise e avaliação de projetos.

A partir dos resultados da aplicação da técnica de avaliação de projetos aos casos selecionados para análise, a idéia é a de estimar os parâmetros de uma função que relacione um particular método de avaliação econômica do projeto - por exemplo, a Taxa Interna de Retorno - com a razão entre o valor da conta domiciliar de água e o montante de investimentos necessários a uma particular opção de redução de desperdícios de água para fins de higiene pessoal. Para a estimação dos parâmetros será empregado o método de mínimos quadrados.

Com isso será possível, pelo menos em parte, acomodar as inúmeras variáveis que afetam a redução de desperdício de água, bem como propiciar ao consumidor resposta imediata quanto à viabilidade econômica da redução de desperdícios em seu caso particular.

A primeira tarefa nesta seção é a de escolher, dentro do campo da análise e avaliação de projetos, a metodologia de avaliação econômica mais indicada para ser aplicada às opções escolhidas de redução do consumo de água domiciliar para fins de higiene pessoal. Neste aspecto, a decisão com respeito à viabilidade econômica de um particular projeto, quer quando visto isoladamente, quer quando comparado a um conjunto de projetos alternativos, exige o emprego de um método de análise e um correspondente critério de decisão quanto à viabilidade.

A literatura a respeito da questão geralmente cobre os quatro métodos mais importantes e, por isso mesmo, os mais utilizados, e que são os métodos do período de retorno (*payback*), valor presente líquido, taxa interna de retorno e relação benefício-custo³.

O método de período de retorno é o mais simples de todos e um dos mais conhecidos e utilizados nos meios empresariais. O indicador resultante deste método é o número de períodos (meses, anos ou outro período de tempo que se queira) necessário para que o investimento nominal seja totalmente recuperado. O critério de decisão que permite aceitar ou rejeitar um projeto é o do menor tempo de retorno, sujeito a um limite máximo. Por exemplo, um particular empreendedor poderá

³ Para o leitor interessado em maiores detalhes técnicos sobre o assunto, ver Contador, C.R. "Projetos Sociais - Avaliação e Prática", cap. 2. Ed. Atlas, 3ª Edição (ampliada) - São Paulo - 1997. Poderá, também, recorrer a Sassatani, R. *et alii*, "Análise e Questionamentos Quanto às Técnicas Usuais de Avaliação de Investimentos de Capital", Anais do II SEMEAD (Seminários de Administração), 21 a 22/10/97, volume 2 - pág. 153.

aceitar investir em um projeto desde que seu tempo de retorno seja de no máximo cinco anos. Não há um limite máximo fixo, pois este dependerá do tipo de negócio em avaliação. Para negócios que envolvem maiores riscos, o período máximo de retorno geralmente é inferior àquele aceito para negócios menos arriscados. Para avaliação de projetos alternativos, aceita-se aquele que tem o menor período de retorno entre aqueles cujos períodos de retorno forem iguais ou menores que o máximo previamente estabelecido. Atribui-se a este método as seguintes virtudes: por ser simples, é de fácil aplicação e compreensão, não exige dados ou conhecimentos financeiros sofisticados e geralmente aplica-se à análise de projetos nos quais haja restrições de liquidez e risco. Citam-se, como principais defeitos deste método, o fato de não levar em conta o valor do dinheiro no tempo, ignora os fluxos estimados para os períodos posteriores ao *payback* e não fornece nenhuma indicação da lucratividade ou retorno do projeto. Com vistas a remover a primeira restrição, alguns analistas descontam o fluxo de caixa do projeto antes de calcular o período de retorno. Trata-se de um avanço, e o procedimento tende a elevar o *payback*. Trata-se, ao final das contas, de um método auxiliar a outros, como critério de desempate.

O segundo método mais conhecido é o do VPL - valor presente líquido -, constituído da soma algébrica dos valores de um fluxo de caixa, trazidos a valor presente por uma taxa adequada de desconto. Quanto maior esta última, menor será o valor presente. Portanto, o indicador neste método será um valor monetário (VPL) que pode ser maior, igual ou menor que zero. O critério de decisão para a aceitação ou rejeição de um particular projeto é o sinal do indicador. Somente serão aceitos como economicamente viáveis os projetos cujos valores monetários descontados (VPL) forem positivos ($VPL > 0$). Para a escolha entre projetos alternativos, vencerá aquele que apresentar o maior VPL dentre os VPL positivos. No meio acadêmico este método é considerado o mais rigoroso dentre todos. A principal crítica que se faz ao método refere-se ao fato que ele não considera as diferenças de magnitude de investimentos, quando da escolha entre projetos alternativos. Suponha-se que o projeto A exija investimentos de R\$ 100,00 e o B de R\$ 100.000,00 e que o VPL de A, considerando seus fluxos futuros, seja de R\$ 80,00 e o de B R\$ 8.000,00. A dúvida que se coloca é: por que alguém optaria por um projeto com investimentos 1.000 vezes maior para obter um VPL apenas 100 vezes maior, ou seja, com retorno menor?

O terceiro método é o da TIR - taxa interna de retorno. A taxa interna de retorno é a que anula o VPL - valor presente líquido de um projeto. Anular o VPL de um projeto significa tornar iguais os VPL de seus benefícios e o de seus custos. Trata-se de um método muito utilizado nos meios empresariais; e freqüentemente utilizado no meio acadêmico, embora neste último o método seja utilizado mais parcimoniosamente. Neste método, o indicador é uma taxa percentual (a TIR) que indica o retorno anual (ou outro período qualquer) de um dado investimento. O critério de decisão para a aceitação ou rejeição de um particular projeto contempla comparar a TIR obtida no projeto em análise com o custo de oportunidade do capital. O projeto só será considerado economicamente viável se a TIR do projeto for igual ou superior ao custo de oportunidade do capital. Por exemplo, se o custo de oportunidade do capital para o empreendedor for 12% ao ano, então este mesmo

empreendedor só considerará economicamente viável os projetos que apresentarem TIR superiores a 12%. Como corolário, a escolha de um projeto entre projetos alternativos recairá naquele que apresentar a maior TIR entre os projetos cujas TIR forem superiores a 12%. A principal crítica que se faz a este método decorre da possibilidade de obtenção de várias TIR para um mesmo projeto. Esta possibilidade pode ocorrer quando o fluxo de caixa de um projeto for "mal comportado"⁴. Como principais pontos favoráveis ao método citam-se a maior facilidade de comparação de projetos por seus retornos, e o fato que a TIR tem um significado mais palpável que o VPL.

O último método de maior interesse é o da análise custo-benefício. É o método mais utilizado na avaliação de projetos na ótica social, muito embora seja considerado aquele que apresenta maiores problemas técnicos. Neste método, o indicador é a relação entre o VPL (valor presente líquido) dos benefícios sociais e o VPL dos custos sociais. Esta relação é sempre positiva e o critério de decisão para a aceitação ou rejeição de um particular projeto é a comparação entre a relação obtida e a unidade. Sempre que a relação benefício/custo for maior ou igual a um, o projeto será considerado socialmente viável. Caso contrário, inviável. Quando o que estiver em jogo for a escolha de um único projeto entre projetos alternativos, vencerá aquele para o qual a relação benefício/custo for a maior entre aqueles cujas relações forem superiores à unidade. As críticas a este método geralmente centram-se na possibilidade de manipulação no sentido de quais custos e quais benefícios deveriam entrar no cálculo. Como há muita controvérsia a respeito do que considerar como custo e como benefício, duas análises de um mesmo projeto, usando o mesmo método, podem implicar resultados diametralmente opostos, dependendo do que os analistas coloquem no numerador e no denominador. O único antídoto a esta possibilidade de manipulação parece ser a honestidade do analista.

Como salientado anteriormente, o propósito aqui é o de conduzir a análise da viabilidade econômica de alternativas de redução do consumo de água domiciliar para fins de higiene pessoal, na ótica do consumidor. Neste caso, o enfoque a ser dado é o da avaliação privada, o que de imediato nos permite descartar o método da relação benefício/custo, mais apropriado à análise na ótica social. Levando-se em conta o exposto acerca dos outros métodos, nos parece que o da TIR é o mais aconselhável aos nossos propósitos, dada a maior facilidade de comparação de projetos via retornos e dado o significado mais palpável da TIR, que é um conceito análogo ao de rendimentos. Resta a questão da possibilidade de obtenção de mais de uma TIR em um mesmo projeto. Ocorre, entretanto, que nenhuma das alternativas de projetos de redução do consumo de água domiciliar apresenta fluxos de caixa "mal comportados". Em todos eles os fluxos de caixa são "bem comportados", ou seja, há

⁴ Um projeto é dito "mal comportado" quando apresenta um fluxo de caixa com mais de uma mudança de sinal. Isto pode ocorrer quando o projeto exige pesadas reposições de investimentos durante a sua vida útil. Normalmente a vida útil de um projeto é dada pela vida útil do investimento mais importante, que muitas vezes é superior à vida útil dos demais investimentos. Exemplo de um projeto "bem comportado" é aquele em que os valores negativos aparecem no ou nos primeiros anos em sequência e, daí em diante, os valores são sempre positivos (R\$-1.100,00, R\$-550,00, R\$150,00, R\$450, R\$770,00,.....,R\$+N). Exemplo de um projeto "mal comportado" seria: R\$-340,00 R\$180,00, R\$120,00, R\$-210,00 R\$330,00,.....,R\$-N).

apenas uma mudança de sinal, o que garante a obtenção de uma única TIR por projeto.

2.6 Bases para a Avaliação Econômica das Alternativas de Redução do Consumo de Água Residencial para fins de Higiene Pessoal

2.6.1 Casos a serem analisados

A demanda de água pode variar de residência para residência dependendo de uma série de fatores, dentre os quais os mais importantes são os hábitos de consumo dos residentes, a tarifa cobrada e a renda familiar.

Não se pretende tratar, nesta seção, das possibilidades de redução ou aumento do consumo residencial de água por meio da aplicação de variações tarifárias ou da tentativa de mudar os hábitos de consumo dos residentes. A primeira possibilidade é tratada na seção inicial deste DTA, e alterações na renda dependem de fatores fora do controle da área de saneamento. Logo, não é possível tratá-las aqui. A mudança dos hábitos de consumo depende da aplicação de programas específicos destinados a conscientizar os consumidores a poupar água. Contudo, tais programas nem sempre são eficazes, uma vez que não se pode garantir a adesão de todos, o que leva ao surgimento do problema do *free rider* - como não há controle, ou o controle é deficiente, um espera que o "outro" faça economia e, assim, poucos acabam fazendo.

Particularmente no que se refere ao uso de água para fins de higiene pessoal, o consumo pode diferir de residência para residência em função das diferentes pressões nos pontos de consumo que, por sua vez, implicam maiores ou menores vazões, as quais, dependendo do tempo, da frequência e do grau de abertura do ponto de consumo a que o indivíduo estiver habituado, redundará em consumos bastantes diferenciados. A pressão da água em um determinado ponto de consumo é uma função direta da altura da coluna de água existente entre o ponto de consumo e o reservatório domiciliar. Assim, a pressão da água em um chuveiro em uma residência térrea é menor que aquela da maioria dos apartamentos de um edifício. Dessa forma, dois indivíduos habituados a abrir totalmente a torneira do chuveiro durante um banho de 10 minutos consumirão quantidades diferentes de água se um residir numa casa térrea, e o outro, em um apartamento⁵.

Pretende-se, portanto, sem interferência nos hábitos dos consumidores, nas suas rendas e nas tarifas atualmente cobradas, responder a seguinte questão: *até que ponto é economicamente viável, na ótica do consumidor domiciliar, reduzir o consumo de água investindo em:*

- colocação de dispositivo restritor de vazão de 6 litros por minuto em chuveiros;
- colocação de registro regulador de vazão para lavatórios; e
- troca do sistema de descarga convencional por um sistema de vaso sanitário com descarga reduzida de 6 litros.

⁵ Para uma boa explanação das diferenças de consumo residencial quando estes fatores se alteram, ver: "Projeto de Pesquisa: Programa de Economia de Água de Consumo Doméstico - Uso Racional de Água" - EPUSP/SABESP - dezembro de 1966.

Conforme o exposto, para lidar em parte com o problema das diferenças de pressões nos pontos de consumo considerados, a resposta para cada caso selecionado será dada separadamente para casas/sobrados e para apartamentos. Em geral, nos primeiros, as pressões encontradas tendem a variar entre 1 a 6 mca (metros de coluna d'água) considerando um pé direito de 3 metros, e nos segundos, entre 6 a 20 mca, considerando uma altura média dos prédios em torno de 12 a 13 andares. Assim, trabalhar-se-á com vazões médias para ambos os casos, as quais também levam em conta o tempo médio, a frequência média e o grau médio de abertura do ponto de consumo.

2.6.2 Consumo com e sem dispositivos economizadores

A tabela 4 a seguir é um quadro síntese de expectativa de redução por ponto de consumo em uso residencial (casas/sobrados e apartamentos), contrapondo aparelhos convencionais (consumo usual) aos dispositivos economizadores selecionados (consumo reduzido).

Tabela 4
Expectativa de Redução de Consumo de
Água em Casas/Sobrados e em Apartamentos

Itens	Casas e sobrados			Apartamentos		
	Peso relativo %	Consumo usual (l/hab./dia)	Consumo reduzido (l/hab./dia)	Peso relativo %	Consumo usual (l/hab./dia)	Consumo reduzido (l/hab./dia)
Bacia sanitária	29	60	40	30	75	40
Chuveiro	28	58	48	29	72	48
Lavatório	6	12	10	6	15	12
Pia	17	34	30	18	45	23
Lava-louça	5	10	10	4	10	10
Tanque	6	12	11	5	12	12
Lava-roupa	9	19	13	8	19	19
Total	100	205	162	100	248	164

Fonte: Dados gentilmente cedidos pela engenheira Lúcia Helena de Oliveira - Doutoranda em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Para os nossos propósitos específicos, utilizaremos os dados de consumo correspondentes aos três primeiros aparelhos da tabela 4, o que nos leva aos percentuais de redução mostrados na tabela 5 a seguir.

Tabela 5
Redução % no Consumo de Água

Ação	Casas térreas e sobrados % de redução	Apartamentos % de redução
Colocação de dispositivo restritor de vazão de 6 litros por minuto em chuveiros	17,24	33,33
Colocação de registro regulador de vazão para lavatórios	16,67	20,00
Troca do sistema de descarga convencional por um sistema de vaso sanitário com descarga reduzida	33,33	46,67

Fonte: Cálculos a partir dos dados da tabela 4.

Com as informações constantes da tabela 4 no que diz respeito à composição (peso relativo) do consumo domiciliar, com os percentuais de redução de consumo quando aplicadas às ações apontadas na tabela 5, com as possibilidades de consumo e as tarifas vigentes, é possível simular a receita obtida com as respectivas economias de água, para cada nível de consumo e valor da conta de água.

2.6.3 Simulação das contas de água domiciliar e das receitas com as reduções

Como propõe-se aqui montar um aparato analítico que independa do caso específico de cada consumidor - lembre-se, as possibilidades são inúmeras, como já salientado anteriormente - isto é, qualquer que seja ele, deverá estar representado no aparato, deve-se simular o maior número possível de consumos e respectivas contas. Nesta simulação, variou-se o consumo domiciliar, de meio em meio metro cúbico, desde 10 até 80 m³. Grosso modo, do total de água consumida na RMSP⁶, 29% correspondem a consumos até 10 m³, 41% entre 10 e 20 m³, 28% entre 20 e 50 m³, e 3% acima de 50 m³. Foi possível, assim, simular o valor monetário de 141 diferentes

⁶ Cálculos com base em dados de consumo da SABESP para o mês de abril de 1997.

contas. Com isto, tem-se mais de 97% dos casos possíveis. É importante *observar que no valor das contas está incluída a parcela relativa ao esgoto, que no caso da RMSP é igual à da água (fator 2). Isto é necessário porque, quando se reduz o consumo de água, automaticamente reduz-se a conta do esgoto.*

Para cada uma das contas e para cada uma das ações constantes da tabela 5, determinaram-se as receitas para o consumidor da redução do consumo. Para isto foram utilizados os percentuais de peso relativo do aparelho no total do consumo da residência⁷, o consumo simulado da residência, o percentual de redução do particular ponto de consumo, e as tarifas por faixas de consumo vigentes em novembro de 1997.

2.6.4 Simulação das despesas

As despesas consideradas incluem todos os gastos de investimento necessários à colocação dos dispositivos economizadores correspondentes a cada alternativa analisada. As despesas de manutenção dos pontos de consumo convencionais foram assumidas enquanto iguais às despesas de manutenção dos aparelhos com os dispositivos economizadores e, portanto, excluídas da análise. Os gastos de investimentos podem variar conforme o sistema instalado no local do domicílio. Pode ser tão simples e barato como a mera instalação do dispositivo, como tão complexo e caro a ponto de exigir quebra e reconstituição de paredes e azulejos, por exemplo. Procurou-se manter as simulações das despesas dentro de um intervalo aproximado destes extremos.

2.6.5 Vida útil dos dispositivos economizadores, simulação dos fluxos de caixas e método de avaliação e cálculo do indicador correspondente

A vida útil dos dispositivos foi assumida enquanto 10 anos ou 120 meses⁸. A combinação das receitas e despesas assim simuladas deram origem a algo como 440 fluxos de caixa diferentes em cada alternativa analisada. Lembrando que o método de avaliação escolhido foi o da taxa interna de retorno, foram calculados igual número de TIR (o indicador correspondente ao método). Dado o modo como foram construídos os algoritmos de cálculo, é possível identificar cada uma destas taxas de retorno com a correspondente razão valor da conta/investimentos sob as quais foram calculadas. Estes dois elementos - as TIR e as correspondentes razões conta/investimentos - são os insumos para a etapa seguinte): estimar uma função relacionando ambas as variáveis.

2.6.6 O critério de decisão

O critério que decide se cada uma das alternativas de economia de água para fins de higiene pessoal é ou não economicamente viável é a obtenção de taxas internas de retorno iguais ou maiores que 1% ao mês. Esta taxa corresponde, *grosso modo*, a

⁷ Os pesos relativos dos pontos de consumo constituem-se em médias e são mantidos constantes para o cálculo das receitas da redução, independentemente da faixa de consumo nas residências.

⁸ Procedeu-se a simulações considerando vidas úteis superiores, tendo-se verificado que este procedimento não altera os resultados obtidos com 10 anos.

12% ao ano, taxa esta considerada como sendo o custo de oportunidade do capital privado - vale lembrar que estão sendo avaliadas as alternativas dentro do enfoque privado - ótica do consumidor⁹. Optou-se por montar fluxos de caixa com períodos mensais porque a conta de água é mensal, e não anual.

2.6.7 Especificação da forma funcional

A forma da função que pretende-se estabeleça uma relação entre as TIR calculadas e as razões conta/investimento é uma exponencial da forma:

$$y = \alpha \cdot x^\beta + u \quad (1)$$

onde y é a TIR e

x é a razão conta/investimento

$$\text{logo, } TIR = \alpha(C/I)^\beta + u \quad (2)$$

Como o método de estimação é o de Mínimos Quadrados, que se aplica apenas a funções lineares, e como a função (2) é linearizável pela aplicação de logaritmos, o que se estimará será, então:

$$\ln(TIR) = \ln(\alpha) + \beta \ln(C/I) + u \quad (3)$$

Dada a natureza do fenômeno em estudo, espera-se que:

$\ln(\alpha)$ possa assumir qualquer sinal ($\ln \alpha > 0$ ou < 0)

mas que β seja sempre positivo ($\beta > 0$)

ou seja, a Taxa Interna de Retorno deve aumentar com o aumento da razão conta/investimento.

2.6.8 Aparato analítico

O aparato analítico que surgirá da estimação da função (3) e da escolha da taxa de retorno mínima de 1% ao mês, como condição para garantir a viabilidade econômica da instalação dos dispositivos economizadores selecionados, permitirá responder a pergunta colocada anteriormente. Ou seja, será possível dizer qual a razão conta/investimento mínima que viabiliza a instalação de cada um dos dispositivos economizadores selecionados?

A escolha de um aparato analítico que relaciona um tradicional indicador de viabilidade econômica a uma razão conta/investimento é fácil de ser explicada. O consumidor residencial de água pode eventualmente não ser um expert em cálculos financeiros sofisticados, mas ele entende o que seja rendimentos (ou retornos) - "vê isso e sente no bolso" quando aplica em caderneta de poupança. É, também, capaz de ler o valor de sua conta de água - principalmente quando é ele próprio quem a paga. Por fim, também é capaz de perguntar a um encanador "quanto custa fazer determinado serviço, mão-de-obra e peças incluídas". Assim, tendo o valor de sua conta, o preço do serviço do encanador - tudo incluído - e o aparato pode

⁹ Para o leitor interessado em uma discussão técnica a respeito dos custos de oportunidade do capital nas óticas privada e social, ver Contador, C.R. "Projetos Sociais - Avaliação e Prática", cap 7. Ed. Atlas, 3ª Edição (ampliada) - São Paulo - 1997.

perfeitamente verificar se o dispositivo que quer instalar é, no seu caso particular, economicamente viável ou não. Alguns exemplos serão vistos em seguida quando da apresentação dos resultados das estimações das funções.

2.7 Resultados Obtidos

A seguir apresenta-se, em primeiro lugar, o resultado das estimações dos parâmetros das 6 (seis) equações cuja forma funcional é dada pela expressão (2) disposta anteriormente. Expõem-se, também, os respectivos testes de hipóteses acerca da significância dos parâmetros α e β estimados. Uma vez demonstrada a significância estatística das estimativas dos parâmetros de cada função, são expostos os respectivos gráficos (o aparato analítico) que permitem responder a questão formulada.

2.7.1 A função para o caso da colocação de dispositivo restritor de vazão de 6 litros por minuto em chuveiros de casas e sobrados

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,991667303
R-quadrado	0,983404039
R-quadrado	0,983366149
Erro padrão	0,056898747
Observações	440

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	1	84,02511	84,02511	25953,96
Resíduo	438	1,418011	0,003237	
Total	439	85,44312		

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	Valor-P
α	-2,743269118	0,00786	-348,995	0
β	1,141112772	0,007083	161,1023	0

A função obtida foi, portanto:

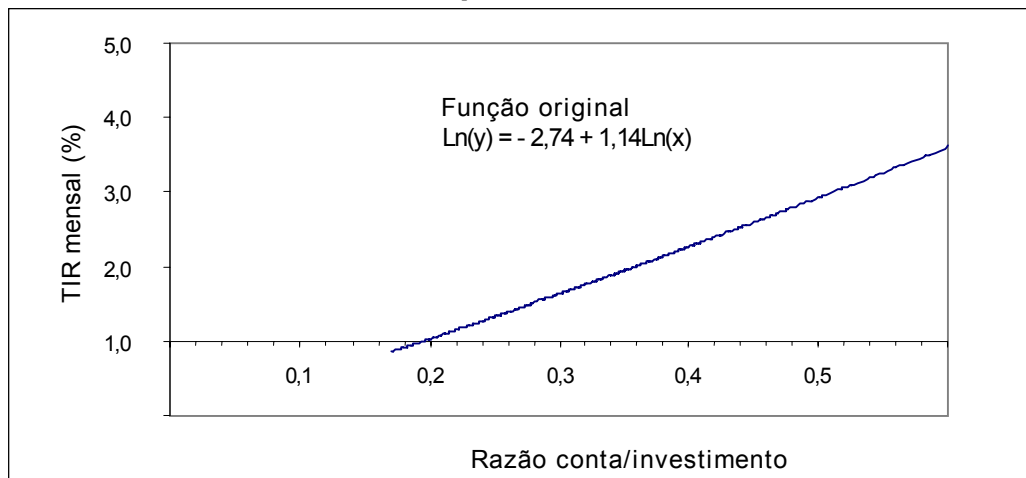
$$\ln(\text{TIR}) = - 2,74327 + 1,141113 \ln(\text{C/I})$$

As estatísticas das estimativas dos coeficientes α e β apresentadas na tabela permitem rejeitar a hipótese de que cada coeficiente *isoladamente* seja nulo, a um nível de significância de 1%. Para tanto, basta verificar, na coluna "Valor-P", que para qualquer um dos coeficientes estimados, o valor $(\text{Valor-P} \times 100)/2$ é sempre menor que 1%. Em ambos os casos, o Valor-P é zero, logo o produto e a divisão resultam em zero, que é menor que 1%.

Igual resultado obtém-se com um procedimento de teste equivalente ao exposto. Para isto basta obter-se, na tabela "t" de Student, o valor do "t" tabelado correspondente a 0,5%, dado o número de graus de liberdade (440 no caso). Se o valor de "t" que aparece na tabela (por exemplo: 161,1023 para β) estiver fora da região de aceitação dada pelo "t" tabelado (no caso, o intervalo -2,576 e 2,576), então a hipótese nula deve ser rejeitada.

Adicionalmente o teste da hipótese nula segundo a qual todos os coeficientes são conjuntamente nulos (o que equivale testar se a regressão existe ou não) pode ser realizado utilizando-se a estatística F mostrada na tabela (F calculado de 25953,96). O F tabelado correspondente para graus de liberdade 1 e 438 ao nível de significância de 5% é de 3,84. Como o F calculado é maior que o F tabelado, rejeita-se a hipótese nula.

O gráfico a seguir mostra o aparato analítico com a resposta procurada. Antes de examiná-lo, convém lembrar o leitor que ele relaciona a razão conta/investimento com a TIR, levando em consideração as variáveis originais, isto é, antes da aplicação dos logaritmos, mas, é claro, utilizando os resultados obtidos com a função estimada. Com isto, poupa-se o leitor deste trabalho adicional, uma vez que estamos interessados nas variáveis originais, e não nos seus logaritmos.

Restritor de Vazão de 6 l/min. para Chuveiros – Casas Térreas e Sobrados

Com base no gráfico é possível verificar que a opção de colocação de dispositivo restritor de vazão de 6 litros por minuto em chuveiros de casas e sobrados somente será economicamente viável para o consumidor quando a razão conta/investimento for igual ou maior que 0,2. A partir deste ponto em diante, a TIR sempre será maior que 1% ao mês. Razões abaixo de 0,2 acarretarão que a opção considerada apresente taxas internas de retorno inferiores à unidade, logo economicamente inviáveis. De outra forma: a viabilidade ocorrerá sempre que a conta de água for igual ou maior que 20% do investimento. Quem se sentir mais à vontade examinando a questão de forma inversa, notará que a viabilidade ocorrerá sempre que o valor do investimento for igual ou inferior a 5 vezes o valor da conta de água.

É interessante observar que o consumidor, conhecendo o valor de sua conta de água, poderá, *a priori*, determinar qual o custo máximo do investimento que viabiliza a opção. Por exemplo: um consumidor cuja conta de água for R\$ 20,00 e que more ou em uma casa ou em um sobrado, só deverá aceitar colocar o dispositivo restritor de vazão em seu chuveiro se o encanador cobrar - tudo incluído -, no máximo, R\$ 100,00. Um outro consumidor nas mesmas condições de moradia, mas cuja conta fosse R\$ 40,00, poderia pagar até no máximo R\$ 200,00, e ainda assim a opção estaria viabilizada.

2.7.2 A função para o caso da colocação de dispositivo restritor de vazão de 6 litros por minuto em chuveiros de apartamentos

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,984437151
R-quadrado	0,969116505
R-quadrado	0,969045994
Erro padrão	0,067595871
Observações	440

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	1	62,80062914	62,80062914	13744,3324
Resíduo	438	2,001310401	0,004569202	
Total	439	64,80193954		

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	Valor-P
Interseção	-1,938456728	0,013855402	-139,9062011	0
LN(X)	1,128973711	0,009629905	117,2362251	0

A função obtida foi, portanto:

$$\text{Ln(TIR)} = - 1,93846 + 1,128974 \text{ Ln(C/I)}$$

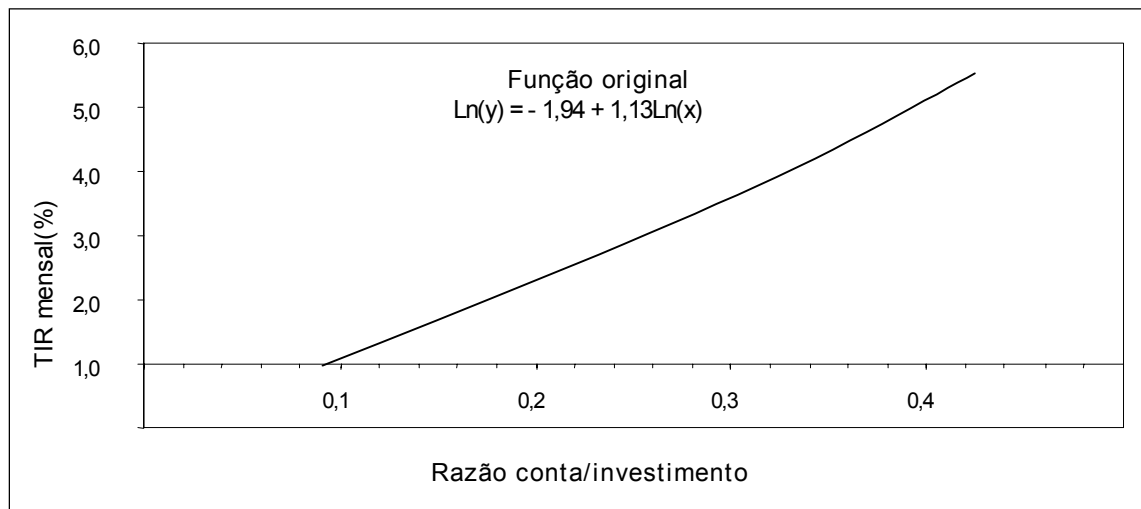
Com as estatísticas relativas às estimativas dos coeficientes α e β apresentadas na tabela, pode-se rejeitar a hipótese de que cada coeficiente *isoladamente* seja nulo, para um nível de significância de 1%. Uma forma de evidência é verificar, na coluna "Valor-P", que para qualquer coeficiente estimado, o valor (Valor-P x 100)/2 é menor que 1%. Tanto para α como para β , o Valor-P é zero, logo, o produto e a divisão resultam em zero, que é menor que 1%.

Outra forma de realizar o teste para cada parâmetro isoladamente consiste em obter na tabela "t" de Student o valor do "t" tabelado correspondente a 0,5%, dado o número de graus de liberdade (438 no caso). Se o valor de "t" que aparece na tabela (por exemplo: -139,906 para α) estiver fora da região de aceitação dada pelo "t" tabelado (no caso, o intervalo -2,576 e 2,576), então a hipótese nula deve ser rejeitada, que é o que, de fato, ocorre em ambos os casos.

Convém, também, realizar o teste da hipótese nula de que todos os coeficientes são *conjuntamente* nulos (teste da existência da regressão). Para isso utiliza-se a estatística F mostrada na tabela (F calculado de 13744,33). O F tabelado correspondente para graus de liberdade 1 e 438 ao nível de significância de 5% é de 3,84. Como o F calculado é maior que o F tabelado, rejeita-se a hipótese nula. Logo, existe a regressão.

Da mesma forma que na subseção anterior, o gráfico adiante mostra o aparato analítico com a resposta procurada para a colocação do mesmo dispositivo economizador, agora em apartamento. Aqui também, o gráfico já reflete as variáveis originais, e não os seus logaritmos.

Restritor de Vazão de 6 l/min. para Chuveiros – Apartamentos



Com base no gráfico, é possível verificar que a opção de colocação de dispositivo restritor de vazão de 6 litros por minuto em chuveiros de apartamentos somente será economicamente viável para o consumidor quando a razão conta/investimento for igual ou maior que 0,09. A partir deste ponto em diante, a TIR sempre será maior que 1% ao mês. Razões abaixo de 0,09 implicarão a opção considerada a apresentar taxas internas de retorno inferiores à unidade, logo, economicamente inviáveis. Considerada de outra forma, a viabilidade ocorrerá sempre que a conta de água for igual ou maior que 9% do investimento. Quem se sentir mais à vontade ao analisar a questão de forma inversa, notará que a viabilidade ocorrerá sempre que o valor do investimento for igual ou inferior a aproximadamente 11 vezes o valor da conta de água.

Tendo em vista o exposto, qual então deveria ser o máximo de gastos nos investimentos que viabiliza a opção? Tomemos dois exemplos: um consumidor cuja conta de água for R\$ 20,00 e que more em apartamento, só deverá aceitar colocar o dispositivo restritor de vazão em seu chuveiro se o encanador cobrar - tudo incluído -, no máximo, R\$ 222,00. Um outro consumidor nas mesmas condições de moradia, mas cuja conta fosse R\$ 40,00, poderia pagar até no máximo R\$ 444,00, que ainda assim a opção estaria viabilizada.

Observe-se que as condições de viabilidade para o mesmo dispositivo economizador aplicado em apartamentos são bem mais amenas que para casas e sobrados. Isto é uma mera decorrência do fato de que as maiores pressões nos apartamentos geram maiores vazões para um mesmo grau de abertura do registro. Com isso, quando se coloca o dispositivo, a economia de água é maior e, como consequência, a receita para o consumidor é maior. Como o investimento é o mesmo, para cada caso a TIR dos apartamentos é sempre maior que a das casas e sobrados.

2.7.3 A função para o caso da colocação de registro regulador de vazão para lavatórios de casas e sobrados

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,92708389
R-quadrado	0,85948455
R-quadrado	0,85916078
Erro padrão	0,26693705
Observações	436

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	1	189,156588	189,156588	2654,62846
Resíduo	434	30,9248395	0,07125539	
Total	435	220,081427		

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	Valor-P
Interseção	-4,94421189	0,01338225	-369,4602686	0
Ln(x)	2,15758824	0,04187614	51,5230866	4,697E-187

A função obtida foi, portanto:

$$\text{Ln(TIR)} = - 4,94421 + 2,157588 \text{ Ln(C/I)}$$

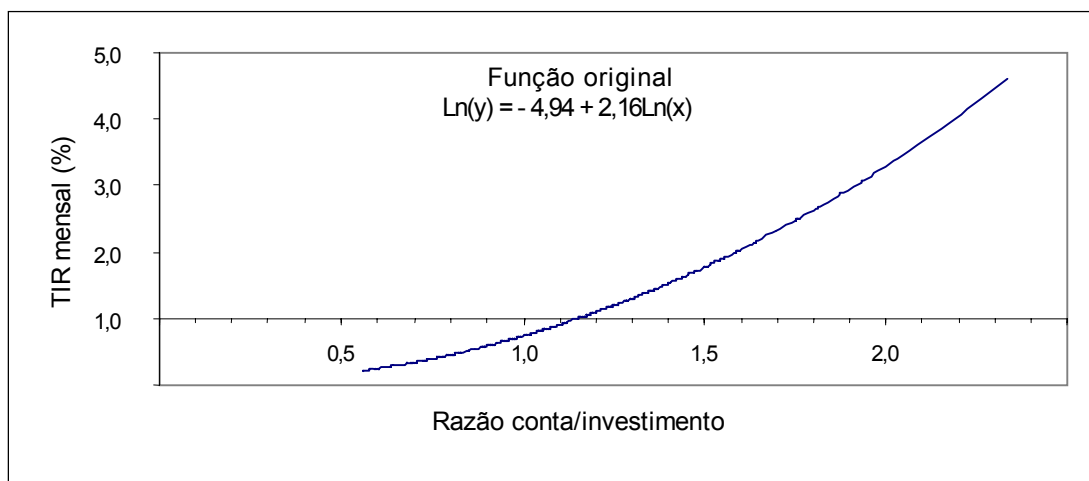
A partir das estatísticas das estimativas dos coeficientes α e β , rejeita-se a hipótese de que cada coeficiente *isoladamente* seja nulo, a um nível de significância de 1%. Para esta conclusão é bastante verificar, na coluna "Valor-P", que para qualquer um dos coeficientes estimados, o valor $(\text{Valor-P} \times 100)/2$ é sempre menor que 1%. Em ambos os casos, o Valor-P é zero, logo o produto e a divisão resultam em zero, que é menor que 1%.

Faça-se o mesmo teste individual dos coeficientes, buscando-se na tabela "t" de Student o valor do "t" tabelado correspondente a 0,5%, para um número de graus de liberdade de 434. A região de aceitação das hipóteses nulas que se obtém com este procedimento é o intervalo -2,576 e 2,576. Como em ambos os casos os valores de "t" constante na tabela, correspondentes a cada parâmetro, estão fora do intervalo, então as respectivas hipóteses nulas devem ser rejeitadas, ou seja: o mesmo resultado que o teste anterior.

O teste da hipótese nula de que todos os coeficientes são *conjuntamente* nulos (existência ou não da regressão) indica que para um F calculado de 2.654,2, conforme a tabela, o F tabelado correspondente para graus de liberdade 1 e 434 ao nível de significância de 5% é de 3,84. Como o F calculado é maior que o F tabelado, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, a regressão existe.

Na seqüência apresenta-se o gráfico correspondente à opção de colocação de um registro regulador de vazão em lavatórios em casas e sobrados, já relacionando as variáveis originais.

Registro Regulador de Vazão para Lavatórios – Casas Térreas e Sobrados



Verifica-se pelo gráfico que a opção de colocação de um registro redutor de pressão para lavatórios em casas térreas e sobrados será economicamente viável para o consumidor quando a razão conta/investimento for *igual ou maior que 1,15*. A partir deste ponto em diante, a TIR sempre será maior que 1% ao mês. Razões abaixo de 1,15 acarretarão a opção considerada a apresentar taxas internas de retorno inferiores à unidade, logo economicamente inviáveis. Observada a mesma questão percentualmente, a viabilidade ocorrerá quando a conta de água for *igual ou maior que 115% do investimento*. Pelo lado do investimento, a viabilidade ocorrerá sempre

que o valor do investimento *for igual ou inferior a 0,87* vezes o valor da conta de água.

A partir dos resultados apresentados, podemos determinar, para qualquer valor de conta, qual o investimento máximo que o consumidor aceitaria pagar para que a opção considerada fosse economicamente viável. Os dois exemplos até aqui seguidos são suficientes: um consumidor cuja conta de água for R\$ 20,00 e que more ou em uma casa ou em um sobrado, só deverá aceitar colocar o registro redutor de pressão em lavatórios se o encanador cobrar - tudo incluído -, no máximo, R\$ 17,40. Um outro consumidor nas mesmas condições de moradia, mas cuja conta fosse R\$ 40,00, poderia pagar até no máximo R\$ 34,80, que ainda assim a opção estaria viabilizada.

2.7.4 A função para o caso da colocação de registro regulador de vazão para lavatórios de apartamentos

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,975228145
R-quadrado	0,951069935
R-quadrado	0,950958223
Erro padrão	0,104664766
Observações	440

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	1	93,26351766	93,26351766	8513,551635
Resíduo	438	4,798164443	0,010954713	
Total	439	98,0616821		

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	Valor-P
Interseção	-4,4452341	0,005576189	-797,1813792	0
Ln(x)	1,4171006	0,015358376	92,26890936	4,0635E-289

A função obtida foi, portanto:

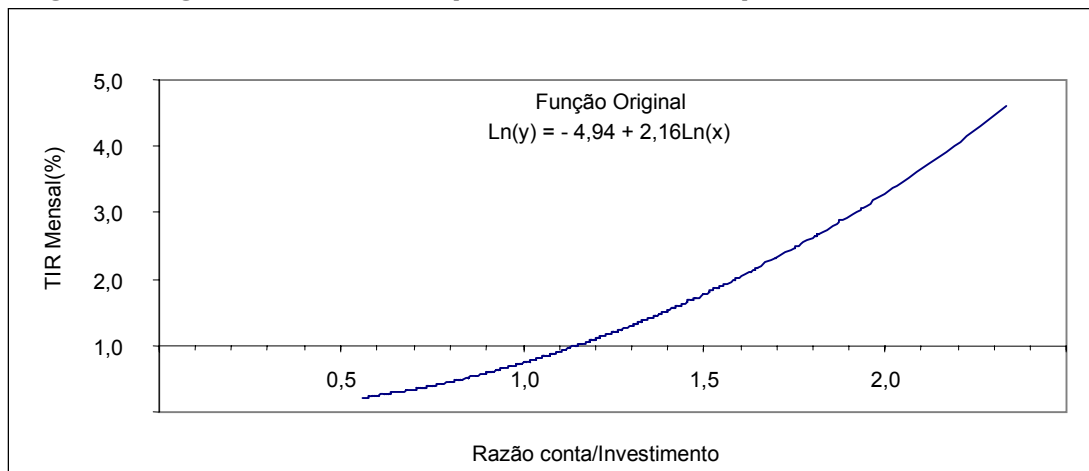
$$\text{Ln}(\text{TIR}) = - 4,4452341 + 1,4171006 \text{Ln}(\text{C/I})$$

Verificando-se as estatísticas relativas às estimativas dos coeficientes α e β , rejeita-se a hipótese de que cada coeficiente *isoladamente* seja nulo, quando se considera um nível de significância de 1%. A rejeição decorre do fato de que, para qualquer um dos coeficientes estimados, o valor (Valor-P x 100)/2 é sempre menor que 1%. Em um caso, o Valor-P é zero, e em outro, bem próximo dele. Logo, o produto e a divisão resultam menores que 1%.

Refazendo o teste com a estatística "t" de Student, obtém-se igual resultado. Na tabela de Student, o valor do "t" tabelado correspondente a 0,5%, para 438 graus de liberdade, define um intervalo de aceitação das hipóteses nulas de -2,576 e 2,576. Como os "t" que aparecem na tabela correspondentes a cada parâmetro estão fora da região de aceitação, então as hipóteses nulas devem ser rejeitadas.

O teste da existência da regressão pela estatística F (o teste da hipótese nula segundo a qual todos os coeficientes são *conjuntamente* nulos) resulta na rejeição da hipótese nula. O F tabelado correspondente para graus de liberdade 1 e 438 ao nível de significância de 5% é de 3,84. Como o F calculado (8.513,55, segundo a tabela) é maior que o F tabelado, rejeita-se a hipótese nula.

Na seqüência mostra-se o gráfico correspondente às variáveis originais da opção de colocação do registro redutor de vazão para lavatórios em apartamentos.

Registro Regulador de Vazão para Lavatórios – Apartamentos

Segundo o gráfico, é possível verificar que a opção da colocação de registro regulador de vazão para lavatórios em apartamentos resulta economicamente viável para o consumidor quando a razão conta/investimento for *igual ou maior que 0,9*. A partir deste ponto em diante, a TIR sempre será maior que 1% ao mês. Razões abaixo de 0,9 acarretarão a opção considerada a apresentar taxas internas de retorno inferiores à unidade, logo economicamente inviáveis. Visto de outra forma, a viabilidade ocorrerá sempre que a conta de água for *igual ou maior que 90% do investimento*, ou inversamente, a viabilidade ocorrerá sempre que o valor do investimento for *igual ou inferior a 1,11 vezes o valor da conta de água*.

Observem-se os dois exemplos utilizados até aqui: um consumidor cuja conta de água for R\$ 20,00 e que more em um apartamento somente deverá aceitar a opção da colocação do registro regulador de vazão em seus lavatórios se o encanador cobrar - tudo incluído -, no máximo, R\$ 22,20. Um outro consumidor nas mesmas condições de moradia, mas cuja conta fosse R\$ 40,00, poderia pagar até no máximo R\$ 44,40, pois ainda assim a opção estaria viabilizada. A opção aplicada a apartamentos é ligeiramente superior à mesma opção quando aplicada em casas ou sobrados, conforme os resultados mostrados na subseção anterior.

2.7.5 A função para o caso da troca do sistema de descarga convencional por um sistema de vaso sanitário com descarga reduzida de 6 litros em casas e sobrados

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,88369646
R-quadrado	0,780919433
R-quadrado	0,780480394
Erro Padrão	0,413858963
Observações	501

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	1	304,6545376	304,6545376	1778,700881
Resíduo	499	85,46834147	0,171279241	
Total	500	390,1228791		

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	Valor-P
--	--------------	-------------	--------	---------

Interseção	3,216092723	0,205212538	15,6720089	2,63835E-45
Ln(x)	3,619880097	0,085830714	42,17464737	1,2212E-166

A função obtida foi, portanto:

$$\text{Ln}(\text{TIR}) = 3,216093 + 3,61988 \text{Ln}(\text{C/I})$$

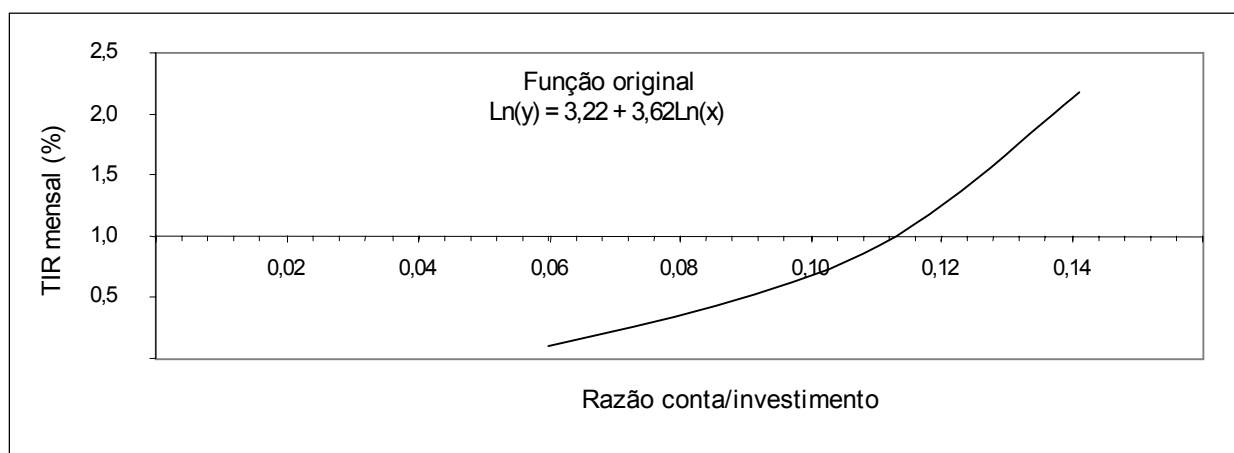
As estatísticas das estimativas dos coeficientes α e β apresentadas na tabela permitem rejeitar a hipótese de que cada coeficiente *isoladamente* seja nulo, a um nível de significância de 1%. Para tanto, basta verificar, na coluna "Valor-P", que para qualquer um dos coeficientes estimados, o valor (Valor-P x 100)/2 é sempre menor que 1%. Em ambos os casos, o Valor-P é praticamente zero. Logo, o produto e a divisão resultam menor que 1%.

Igual resultado obtém-se com um procedimento de teste equivalente ao exposto. Para isto basta obter-se na tabela "t" de Student o valor do "t" tabelado correspondente a 0,5%, dado o número de graus de liberdade (499 no caso). Se o valor de "t" que aparece na tabela (por exemplo: 42,1746 para β) estiver fora da região de aceitação dada pelo "t" tabelado (no caso, o intervalo -2,576 e 2,576), então a hipótese nula deve ser rejeitada. É o que acontece.

Adicionalmente, o teste da hipótese nula segundo a qual todos os coeficientes são *conjuntamente* nulos (o que equivale testar se a regressão existe ou não) pode ser realizado utilizando-se a estatística F mostrada na tabela (F calculado de 1.778,70). O F tabelado correspondente para graus de liberdade 1 e 499 ao nível de significância de 5% é de 3,84. Como o F calculado é maior que o F tabelado, rejeita-se a hipótese nula.

O gráfico a seguir mostra o aparato analítico com a resposta procurada na opção de substituição do sistema de descarga convencional por um com bacia sanitária com descarga reduzida de 6 litros em casas térreas e sobrados. Como nos demais casos, o gráfico representa a relação existente entre a taxa interna de retorno mensal (TIR) e a razão valor da conta/investimento, consideradas as variáveis originais, e não seus logaritmos correspondentes.

Bacia Sanitária com Caixa Aclopada de 6 Litros – Casa Térreas e Sobrados



Segundo o gráfico é possível verificar que a opção de substituição de um sistema com descarga convencional por uma bacia sanitária com descarga reduzida de 6 litros quando a razão **conta/investimento for igual ou maior que 0,115**. A partir deste ponto em diante, a TIR sempre será maior que 1% ao mês. Razões abaixo de 0,115 levarão a opção considerada a apresentar taxas internas de retorno inferiores à unidade, logo economicamente inviáveis. Visto de outra forma, a viabilidade ocorrerá sempre que a conta de água **for igual ou maior que 11,5% do investimento**. A terceira maneira de ver a questão é a de que a viabilidade ocorrerá sempre que o valor do investimento **for igual ou inferior a 8,7 vezes** ao valor da conta de água.

Assim, um consumidor cuja conta de água for R\$ 20,00 e que more ou em uma casa ou em um sobrado, somente deverá aceitar fazer a substituição sugerida se o encanador cobrar - tudo incluído -, no máximo, R\$ 174,00. Um outro consumidor nas mesmas condições de moradia, mas cuja conta fosse R\$ 40,00, poderia pagar até no máximo R\$ 348,00, que ainda assim a opção estaria viabilizada.

2.7.6 A função para o caso da troca do sistema de descarga convencional por um sistema de vaso sanitário com descarga reduzida de 6 litros em apartamentos

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,981600753
R-quadrado	0,963540038
R-quadrado ajustado	0,96344307
Erro padrão	0,069822111
Observações	378

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	1	48,442589	48,442589	9936,6821
Resíduo	376	1,8330478	0,0048751	
Total	377	50,275637		

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	Valor-P
Interseção	-0,369679146	0,0422010	-8,7599584	6,7657E-17
Ln(x)	1,683899108	0,0168925	99,682908	1,752E-272

A função obtida foi, portanto:

$$\text{Ln(TIR)} = - 0,36968 + 1,683899 \text{ Ln(C/I)}$$

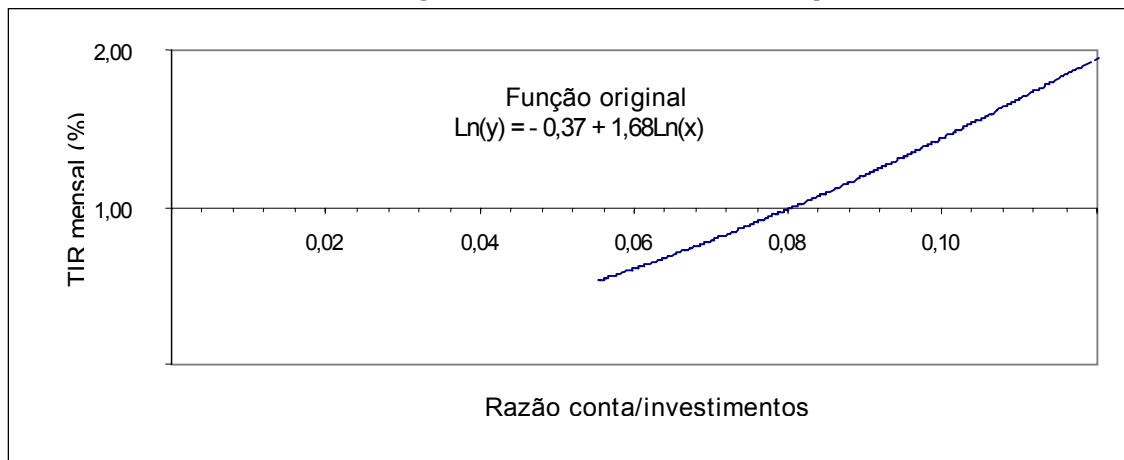
Considerando as estatísticas das estimativas dos coeficientes α e β apresentadas na tabela, a hipótese de que cada coeficiente *isoladamente* seja nulo, a um nível de significância de 1%, é rejeitada. Para isso, foi determinante o fato de que o valor $(\text{Valor-P} \times 100)/2$ é sempre menor que 1%. Em ambos os casos, o Valor-P é praticamente zero, logo o produto e a divisão resultam em zero, que é menor que 1%.

Mesmo resultado é obtido quando se lança mão do teste "t". Para um nível de significância de 0,5% e 376 graus de liberdade, obtém-se um intervalo de aceitação da hipótese nula entre -2,576 e 2,576. Como os "t" calculados constantes da tabela,

para ambos os parâmetros, resultaram em valores fora daquele intervalo, a hipótese nula deve ser rejeitada.

Finalizando, o teste da hipótese nula de que todos os coeficientes são *conjuntamente* nulos (teste da existência da regressão) resulta na sua rejeição. Esta decisão é decorrente da verificação de que enquanto o F calculado é de 9.936,69, o F tabelado, tendo em conta graus de liberdade de 1 e 376, é de 3,84. Como o primeiro é maior que o segundo, a regra neste caso é rejeitar a hipótese nula e, portanto, aceitar que a regressão existe.

O gráfico a seguir permite visualizar a resposta procurada, já consideradas as variáveis originais.

Bacia Sanitária com Descarga reduzida de 6 Litros – Apartamentos

Verifica-se, segundo o gráfico, que a opção da substituição de um sistema com descarga convencional por uma bacia sanitária com descarga reduzida de 6 litros em apartamentos será economicamente viável para o consumidor quando a razão conta/investimento for *igual ou maior que 0,08*. A partir deste ponto em diante, a TIR sempre será maior que 1% ao mês. Razões abaixo de 0,08 levarão a opção considerada a apresentar taxas internas de retorno inferiores à unidade, logo economicamente inviáveis. As formas alternativas de se considerar a questão são: a viabilidade ocorrerá sempre que a conta de água for *igual ou maior que 8% do investimento*; a viabilidade ocorrerá sempre que o valor do investimento for *igual ou inferior a 12,5 vezes o valor da conta de água*.

Neste caso, o custo máximo de investimento que viabilizaria a opção, tomando como exemplo um consumidor cuja residência é um apartamento e cuja conta de água tem valor de R\$ 20,00, não poderia ser mais que R\$ 250,00. Caso o valor de sua conta fosse R\$ 40,00, o investimento máximo seria de R\$ 500,00.

2.8 Resumo dos Resultados

A tabela 6 a seguir sumariza os resultados obtidos.

Tabela 6
Resumo dos Resultados Obtidos

Opções	Razão conta/investimento p/ obter $TIR \geq 1\%$		Inv. máximos em relação ao valor da conta p/ obter $TIR \geq 1\%$	Estimativas dos investimentos necessários na RMSP - tudo incluído (R\$)		Valor mínimo das contas p/ obter $TIR \geq 1\%$ dadas as estimativas de investimento na RMSP (R\$)	
	Unitário	%		Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
Instalação de restritor de vazão de 6 l/min.							
Em casas térreas e sobrados	0,20	20%	5 vezes	15,00	30,00	3,00	6,00
Em apartamentos	0,09	9%	11,11 vezes	15,00	30,00	1,35	2,70
Instalação de registro regulador de vazão p/ lavatórios							
Em casas térreas e sobrados	1,15	115%	0,87 vezes	10,00	20,00	11,50	23,00
Em apartamentos	0,9	90%	1,11 vezes	10,00	20,00	9,00	18,00
Instalação de bacia sanitária c/ descarga reduzida de 6 litros							
Em casas térreas e sobrados	0,115	11,5%	8,70 vezes	220,00	380,00	25,30	43,70
Em apartamentos	0,08	8%	12,5 vezes	220,00	380,00	17,60	30,40

2.9 Conclusões

Considerando somente a RMSP, as tarifas cobradas e os intervalos das estimativas dos investimentos, conclui-se o sumariado a seguir:

- como o valor da conta mínima na RMSP é de R\$ 11,00, por força do volume mínimo cobrado (10 m³), a alternativa da instalação de um restritor de vazão para chuveiros, tanto em casas térreas e sobrados como em apartamentos, sempre será economicamente viável para o consumidor, desde que este, evidentemente, consuma mais que os 10 m³;
- pela mesma razão anterior, a alternativa da instalação de registro regulador de vazão para lavatórios será sempre economicamente viável para o consumidor, tanto em casas térreas e sobrados como para apartamentos, se o preço do serviço de instalação (peças incluídas) for igual ou menor que R\$10,00. Se for maior ou igual a R\$ 20,00, então a opção somente será viável para consumidores com contas iguais ou maiores que R\$ 18,00 em apartamentos e R\$ 23,00 em casas e sobrados. Se estiver entre estes R\$ 10,00 e R\$ 20,00, os valores das contas que viabilizariam a opção variará entre R\$ 11,50 e R\$ 23,00 para casas e sobrados e entre R\$ 11,00 e R \$18,00 para apartamentos; e

- a opção de instalação de bacia sanitária com descarga reduzida de 6 litros passa a ser economicamente viável para o consumidor a partir de valores de conta de R\$ 25,30 (casas térreas e sobrados) e de R\$ 17,60, (apartamentos) se o preço do serviço (peças incluídas) for menor ou igual a R\$ 220,00. Quando este preço for maior ou igual a R\$ 380,00, então só haverá viabilidade para consumidores com contas iguais ou superiores a R\$ 43,70 (casas térreas e sobrados) e R\$ 30,40 (apartamentos). Se o serviço estiver entre R\$ 220,00 e R\$ 380,00, as contas que viabilizariam a opção terão valores entre R\$ 25,30 e R\$ 43,70 para casas e sobrados, e R\$ 17,60 e R\$ 30,40 para apartamentos.