

A demanda doméstica de água

HELIO NARCHI

Engenheiro consultor, Mestre em Engenharia.

Neste trabalho — que é um resumo de dissertação apresentada ao Depto. de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, com o título "Fatores Intervenientes na Demanda Doméstica de Água. Estudo para uma Amostra de Consumidores da Cidade de São Paulo", para a obtenção do título de Mestre — o autor discute a questão partindo do pressuposto de que é fundamental o conhecimento adequado dessa demanda na busca de soluções economicamente eficientes para os sistemas urbanos de água e esgotos.

Na busca de soluções economicamente eficientes para os sistemas urbanos de água e esgotos, o conhecimento adequado da demanda de água é fundamental. O porte dos sistemas novos, as expansões de capacidades dos existentes e mesmo a operação estão diretamente associados à demanda de água da comunidade a ser atendida, ou das vazões a serem coletadas e tratadas, no caso dos esgotos.

Decorre daí a necessidade de se conhecer como se processa o fenômeno demanda de água, quais os fatores intervenientes e de que modo podem ser incluídos nos métodos de previsão.

Nos países desenvolvidos a demanda tem sido estudada sob diversos enfoques e existe uma literatura ampla sobre o assunto. No Brasil, o número reduzido de estudos e pesquisas sobre o assunto é um sério fator limitante para a elaboração de previsões mais apropriadas de demanda. Há, pois, um vasto campo de pesquisas a serem levadas a efeito para que se possa suprir tal déficit.

Ser uma contribuição para reduzi-lo foi o intuito dos estudos aqui sumarizados. Através deles procurou-se caracterizar, a partir de uma amostra de consumidores residenciais, os principais fatores associados à demanda doméstica de água na cidade de São Paulo. Os detalhes de seu desenvolvimento e os resultados alcançados foram objeto de dissertação de mestrado apresentada ao Departamento de Hidráulica da Escola Politécnica da USP.

CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA

Demanda urbana

A demanda urbana de água é a quantidade total de água que corresponde aos diversos propósitos de sua utilização dentro de uma área urbana.

Tais propósitos, que se referem a um grande número de usos individuais, podem ser categorizados em: doméstico, industrial, comercial e público. Destes, o uso doméstico responde destacadamente pela maior parcela.

Os valores da demanda, bem como a sua variação ao longo do tempo, dependem de vários fatores. Alguns, como a pressão na rede de distribuição ou a qualidade da água fornecida, ou o sistema tarifário e seus valores, ainda que de forma diferenciada, podem afetar todos os usos. Outros fatores, tais como as altas temperaturas de verão, podem atingir parte dos usos, havendo ainda fatores como a renda familiar e o processo tecnológico que influenciam especificamente o doméstico e o industrial.

A demanda urbana de água pode ainda ser decomposta em duas parcelas: a essencial, associada diretamente à saúde pública, e a periférica, associada ao conforto, à comodidade e à produção. O atendimento da primeira tem que ser garantido à população independentemente do seu poder aquisitivo. A segunda, como bem de consumo ou insumo produtivo, pode ser de acesso regido por leis de mercado.

Demanda doméstica de água

A demanda doméstica de água corresponde à somatória dos propósitos de utilização inerentes à função residencial ocorrentes tanto na área interna como na área externa da habitação.

Os da área interna correspondem à água utilizada para higiene pessoal, preparo de alimentos, lavagem de roupa e de louças e limpeza em geral. Os da área externa referem-se à rega de jardins, limpeza de pisos e fachadas, utilização em piscinas e espelhos d'água e lavagem de veículos, em sua maioria.

A demanda total de água, bem como sua distribuição na habitação, dependem de um grande número de fatores. Grima (1970) agrupa tais fatores em seis classes de acordo com as características físicas (temperatura de ar, intensidade e frequência de precipitação etc.), as condições de renda familiar, as características da habitação (área do terreno e área construída do imóvel, número de habitantes etc.), as características do abastecimento de água (pressão na rede, qualidade da água), a forma de gerenciamento desse sistema (micromedição, tarifas etc.) e as características culturais da comunidade.

Das variáveis que afetam a demanda doméstica de água, uma das mais importantes é o preço, uma vez que é uma das poucas sob total controle dos responsáveis pelos sistemas de abastecimento público de água.

Na teoria econômica, a quantidade consumida de um determinado bem depende do nível de renda do consumidor, do preço desse bem e dos preços de bens correlatos. No caso da água pode-se desprezar esse último elemento, já que a água é um bem praticamente sem concorrente. Pode-se admitir que para um consumidor ou grupo de consumidores de nível de renda conhecido, elevações no preço da água acarretam diminuição no consumo, até um limite correspondente ao essencial, e reduções no preço causam aumento de consumo.

IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DA DEMANDA

No planejamento e gerenciamento de sistemas de abastecimento urbano de água, poucos fatores têm a importância que tem a previsão da demanda.

A tendência ao crescimento da quantidade de água requerida por um aglomerado urbano é um fenômeno quase universal. Ocorre tanto em países desenvolvidos — em razão do desenvolvimento tecnológico e do crescimento do nível de vida das populações — como em países em desenvolvimento, que

experimentam rápido crescimento industrial e intensificação da concentração de populações em grandes centros urbanos.

O desenvolvimento de fontes de abastecimento no mesmo ritmo poderá tornar-se crescentemente difícil e oneroso, daí o conhecimento dos fatores determinantes da demanda e o seu controle, nesses casos, assumir importância crescente, e a atuação sobre a demanda ser a única alternativa existente em casos críticos.

De acordo com Briscoe (1986), "o uso incorreto de informações de demanda pode afetar os projetos adversamente de diversas formas. As decisões de engenharia afetadas são: a escolha da tecnologia e os níveis de atendimento do serviço e os intervalos e os portes das expansões de capacidade do sistema. As conseqüências financeiras da informação pobre sobre a demanda incluem: grande queda nas receitas e incapacidade das entidades responsáveis pelo abastecimento de água atingirem suas metas de retorno dos investimentos. Acima de tudo, a sustentação e a reaplicação dos investimentos públicos no setor ficam seriamente comprometidas".

REVISÃO DOS ESTUDOS SOBRE A DEMANDA DOMÉSTICA REALIZADOS EM OUTROS PAÍSES

Diversos estudos têm sido realizados nos países desenvolvidos, principalmente, estabelecendo correlações entre a demanda doméstica e fatores como o preço da água, as condições climáticas, o nível de renda familiar, tamanho da família e outros.

Desses trabalhos, o mais citado nas referências bibliográficas sobre o assunto é sem dúvida o de Howe & Linaweaver (1967). Estes pesquisadores estão entre os primeiros a estabelecer modelos de regressão associando a demanda doméstica de água ao seu preço, ao valor de mercado da residência do consumidor, à área irrigável desta, ao tamanho da família, à precipitação e à evapotranspiração potencial.

Outros, como Grima (1970), determinaram modelos de demanda doméstica tendo como variáveis explicativas mais relevantes o valor de mercado da residência, o tamanho da família, o preço da água e a conta mínima mensal.

Camp (1978) chegou a um modelo no qual, além dessas variáveis explicativas, considerou o número de máquinas de lavar roupa, a existência ou não de piscinas, e o nível de educação.

Boland (1983) descreve um modelo elaborado pelo WSSC (Washington Suburban Sanitary Commission) que incorpora a probabilidade de ocorrência de variáveis climáticas. Nesse trabalho determinou-se para a região do Atlântico Médio dos EUA uma regressão associando o uso sazonal da água ao déficit de umidade do solo.

Nos últimos anos, um grande número de pesquisadores (Danielson, 1979; Cassuto e Ryan, 1979; Hamoda, 1983 e Bau, 1983, entre outros), vem estudando o efeito de uma ou mais dessas variáveis sobre a demanda.

PROCEDIMENTOS ADOTADOS NO BRASIL

A prática brasileira de previsão da demanda urbana ou doméstica em projetos de sistemas de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos tem-se baseado quase exclusivamente em um método de coeficiente único, o do consumo *per capita*. As demandas futuras são avaliadas com base em valores do consumo diário médio *per capita*, via de regra, adotados com base no projeto de norma brasileira pertinente, a P-NB-587/77, e de projeções de populações, elaboradas com base nas informações demográficas levantadas a cada 10 anos pelo IBGE — Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Para se estimar a demanda na condição mais crítica, majoram-se os valores médios com coeficientes relativos aos "picos" de consumo diário e horário, também indicados na referida norma.

A realização de previsões de demanda mais cuidadosas, levando em conta fatores a ela associados, não tem ainda suficiente suporte necessário na literatura nacional. Hoje em dia são ainda em número muito pequeno as contribuições de pesquisadores para esse campo do planejamento de sistemas de abastecimento de água.

O ano de 1983 pode ser considerado como um "marco" no que diz respeito à publicação de trabalhos relativos à previsão de demanda urbana de água. De fato, até aquele ano, com exceção feita aos estudos e normas calcados na metodologia de consumo *per capita*, as referências existentes na literatura nacional sobre previsão de demanda de água baseada em outros fatores, via de regra eram feitas de forma indireta, e sem maior profundidade. Nesse ano, Nucci, apresentando resultados obtidos para a Região Metropolitana de São Paulo, analisa as possibilidades de utilização da área edificada do imóvel como variável explicativa da demanda urbana.

No mesmo ano, Berenhauser & Pulici apresentaram os resultados de uma pesquisa realizada pela Sabesp a respeito de consumos específicos para 13 tipos de ocupação de imóveis tais como clubes, prédios de apartamentos, hospitais e outros, a partir de uma amostra de 589 elementos.

Ainda em 1983, o Fipe desenvolveu para a Sabesp um trabalho a partir de amostra, composta de 793 unidades de consumo da cidade de São Paulo. O trabalho apresentou vários aspectos relativos à distribuição da renda familiar no município, à estrutura das despesas familiares, à importância dos gastos com serviços de água e esgotos no orçamento doméstico do paulistano etc.

Das conclusões do estudo destacam-se aquelas referentes à determinação de modelos econométricos associando o consumo a variáveis como a renda familiar, o número de habitantes, o tipo de ligação, a existência de ligação à rede de esgotos e o grau de escolaridade do chefe da família.

Finalmente, ainda em 1983, Dantas, Mayera & Levy publicaram um trabalho a respeito das características do sistema tarifário no Brasil, no qual demonstraram haver correlação entre o consumo mensal de água e a renda familiar. Para tanto, ajustaram uma regressão do tipo curva de potência a um conjunto de dados, agrupados segundo classes da renda familiar. A amostra utilizada foi extraída da amostra que o Fipe utilizou no trabalho citado anteriormente.

Mais recentemente, Nucci *et alii* (1985) apresentaram um estudo a respeito de um modelo para determinação do nível ótimo de micromedida feito a partir de uma amostra de 28 municípios com até 1000 ligações de água do estado de São Paulo. Dentre os resultados obtidos destaca-se uma regressão associando o volume mensal consumido por economia, ao grau de micromedida do município e uma estimativa da elasticidade-preço da demanda.

ESTUDO DA DEMANDA DOMÉSTICA DE ÁGUA PARA UMA AMOSTRA DE CONSUMIDORES DA CIDADE DE SÃO PAULO

Metodologia

O estudo de correlação entre a demanda doméstica de água e outros fatores de natureza sócio-econômica foi efetuado para uma amostra de consumidores da cidade de São Paulo com moradias com ligações à rede de distribuição de água dotadas de hidrômetros.

Essa amostra originou-se de outra mais ampla utilizada pelo Fipe (1983) e por Endo (1984). Dela faziam parte dados como a renda fa-

miliar e o número de habitantes de 673 unidades de consumo. A partir dos seus endereços obtiveram-se informações sobre o consumo mensal de água na Sabesp e dados a respeito da área construída, área do terreno e valor venal dos imóveis ocupados pelas unidades de consumo.

Sendo os dados oriundos de três cadastros diferentes, houve necessidade de se compatibilizá-los, identificando a intersecção comum aos mesmos, para se chegar à amostra definitiva. Feito isso, procedeu-se à organização e descrição dos dados, e, em seguida, ao estudo de correlação e determinação de modelos de regressão através da técnica dos mínimos quadrados.

A determinação dos modelos de regressão foi feita por *cross-section* para 1982, ano para o qual o Fipe levantou os dados de renda familiar e porque os dados de consumo obtidos eram os mais adequados, já que em 1983 houve alteração de estrutura tarifária. Para 1984, foram levantados dados referentes a apenas seis meses.

Os modelos partiram da seguinte forma estrutural:

Demanda doméstica = f (Nível de Renda, Tamanho da Família, Características do Imóvel, Tipo de Ligação e Existência de Ligação à Rede de Esgotos).

Nessa estrutura não houve necessidade de incluir como fator explicativo as condições climáticas, pois determinaram-se regressões a partir do *cross-section* para uma amostra de consumidores situados numa área pequena o suficiente para se admitir que tais condições tivessem sido iguais para todos.

A demanda doméstica foi representada por dois tipos de variáveis: o consumo médio mensal por economia (C) e o consumo diário médio *per capita* (q). O nível de renda teve como variáveis representativas a renda familiar do domicílio (RF) e a renda *per capita* (rf). As características do imóvel foram representadas pela área total construída, (AC), área total construída *per capita* (ac), área do terreno (AT) e valor venal do imóvel (VVI). O tamanho da família teve como variável o número de habitantes do domicílio (N). O tipo de ligação foi representado por uma variável binária (TL) a qual assumia valor unitário no caso de ligação coletiva (como de edifício de apartamentos) e valor zero no caso de ligação individual. A existência de ligação à rede de esgoto foi também associada a uma variável do tipo binária (DC) a qual assumia valor unitário no caso de haver essa conexão e valor zero no caso de não haver.

As variáveis C e q foram as dependentes nos modelos testados, sendo que à primeira foram associadas como variáveis explicativas RF, N, AC, AT, VVI, DC e TL e à segunda associaram-se ac, rf, AT, VVI, DC e TL.

Ajustaram-se modelos de regressão aos elementos da amostra dispostos das seguintes maneiras:

— sem nenhuma estratificação, ou seja, considerando-se a amostra na sua totalidade;

— estratificados segundo o tipo de ligação, individual ou coletiva,

e — agrupados de acordo com classes de valores da variável área construída por habitante.

Na definição da forma estrutural e das variáveis explicativas dos modelos de regressão houve uma limitação quanto à utilização da variável preço da água. Os valores dessa variável deveriam ser estimados em termos médios para cada consumidor de acordo com o seu consumo médio mensal e a estrutura tarifária da Sabesp, uma vez que todos os consumidores estavam sob essa mesma estrutura. Tal procedimento embutia, entretanto, em si, um vício, que era o caráter progressivo da estrutura tarifária, que a consumos mensais maiores associava tarifas maiores. Assim, a valores altos de consumo estariam associados valores altos de preço unitário médio e a consumos baixos, preços baixos, não sendo pois possível avaliar-se o real efeito do preço sobre o consumo.

Por essa razão, na estrutura do modelo de regressão o preço não foi incluído e o seu efeito sobre a demanda foi avaliado de outra forma, através da comparação do consumo médio mensal dos primeiros semestres dos anos de 1982 e 1984, dos consumidores da amostra agrupados por faixas de consumo. Esse procedimento foi possível porque em 1983 ocorreram importantes alterações na estrutura tarifária da Sabesp, que causaram alterações nos consumos de algumas faixas.

Nesses casos, a análise se restringiu aos primeiros semestres porque embora disponíveis para todo o ano de 1982, para 1984 as informações referiam-se apenas ao primeiro semestre.

A amostra foi subdividida em dois extratos, sendo um deles relativo aos consumidores ligados somente à rede de água, e o outro relativo àqueles atendidos pelas redes de água e de esgotos. Em cada extrato os consumidores foram agrupados em três classes de consumo: até 15m³/mês, entre 15 e 30m³/mês e mais do que 30m³/mês. Para as classes de consumidores em que foi possível mostrar estatisticamente que houve alteração de consumo, foram determinadas estimativas da elasticidade-preço da demanda através da seguinte expressão:

$$E = \frac{\frac{C_1 - C_0}{C_0}}{\frac{P_1 - P_0}{P_0}}$$

onde:

E é a elasticidade-preço da demanda

C₀ é o consumo médio mensal do 1.º semestre de 1982

C₁ é o consumo médio mensal do 1.º semestre de 1984

P₀ é o preço de água em abril de 1982 corrigido para abril de 1984

P₁ é o preço da água em abril de 1984

RESULTADOS OBTIDOS

Análise de Correlação e Determinação de Modelos de Regressão

Descrição das Variáveis

As variáveis utilizadas nos modelos de regressão com seus valores médios, desvios-padrões e coeficientes de variação estão mostrados na Tabela 1.

Ajuste de Modelos

Os resultados mais importantes das várias tentativas de ajuste de modelos relacionando C ou q como variável dependente aos dados da amostra estão indicados na Tabela 2. Nessa tabela, além dos coeficientes do modelo, mostram-se os valores das estatísticas t de Student e R² (poder explicativo da regressão) com as quais se verificam o significado estatístico das regressões estimadas e sua capacidade de explicar o fenômeno da demanda.

Efeito do preço Sobre a Demanda

A comparação entre o consumo médio dos elementos agrupados segundo as classes citadas no subitem "Metodologia" mostrou que é possível assegurar-se com 99% de confiança que houve variação no consumo das classes de até 15 m³/mês e até 22 m³/mês dos elementos ligados somente à rede de água e da classe de até 15 m³/mês dos elementos ligados às redes de água e esgotos, entre 1982 e 1984. Tal variação admite-se ter sido causada pela variação no preço médio dos serviços de água e esgotos, devido às modificações da estrutura tarifária da Sabesp em 1983, uma vez que se pode supor que não houve nenhuma alteração significativa nos outros fatores que afetam a demanda doméstica de água.

Para as classes em que foram constatadas as variações no consumo, determinaram-se estimativas da elasticidade-preço da demanda de acordo com o procedimento indicado no subitem "Metodologia", obtendo-se os resultados mostrados na Tabela 3.

TABELA 1
Média, desvio-padrão e coeficiente de variação das variáveis utilizadas no estudo

PARÂMETRO VARIÁVEL	MÉDIA	DESVIO-PADRAO	COEFICIENTE DE VARIACÃO (%)
N (Hab)	4,38	2,55	58,22
RF (Cr\$)	162.467,6	168.029,9	103,42
RF (Cr\$/Hab)	44.247,5	45.346,7	102,48
AC (m ²)	120,49	71,01	58,93
ac (m ² /Hab)	36,34	32,89	90,51
AT (m ²)	219,73	113,49	51,65
VVI (10 ³ Cr\$)	1.134,4	1.121,95	99,26
C (m ³ /mês)	22,53	12,70	56,37
q (l/hab.dia)	203,60	132,72	65,19
TL	0,74	0,44	59,46
DC	0,0266	0,1613	606,39

TABELA 2
Modelos determinados para a amostra do estudo

VARIÁVEL	DADOS NÃO AGRUPADOS			DADOS AGRUPADOS
	AMOSTRA	EXTRATO DAS LIGAÇÕES INDIVIDUAIS	EXTRATO DAS LIGAÇÕES COLETIVAS	
C	$C = 5,51 + 1,83 N + 0,075 AC$ (t= 6,68) (t= 7,61) $R^2 = 0,31$	$C = 1,71 \cdot N^{0,5362} \cdot AC^{0,3661}$ (t= 7,82) (t= 5,26) $R^2 = 0,34$	$C = 7,37 + 0,125 AC$ $R^2 = 0,31$	-
q	$q = 40,5 ac^{0,4351}$ (t= 10,42) $R^2 = 0,32$ $q = 120,19 + 2,30 ac$ (t= 10,45) $R^2 = 0,32$	$q = 56,03 + 4,55 ac$ (t= 11,48) $R^2 = 0,45$	$q = 106,23 + 3,49 ac$ (t= 4,50) $R^2 = 0,30$	$q = 77,49 + 3,64 ac$ (t= 14,69) $R^2 = 0,95$ $q = 43,11 ac^{0,4546}$ (t= 10,11) $R^2 = 0,90$

OBS: C = m³/mês - AC = m² - N = hab. - q = l/hab.dia - ac = m²/hab.

TABELA 3
Quadro-resumo dos resultados

EXTRA-TO	CLASSE DE CONSUMO (m ³ /mês)	PREÇO MÉDIO							CONSUMO MÉDIO			ELASTICIDADE-PREÇO		
		ABRIL/82 CORRIGIDO (Cz\$/m ³)			ABRIL 1984 (Cz\$/m ³)	VARIACÃO (%)			ABRIL 1982 (m ³ /mês)	ABRIL 1984 (m ³ /mês)	VARIACÃO (%)	IGP-DI	INPC	ICV
		IGP-DI	INPC	ICU		IGP-DI	INPC	ICU						
LIGAÇÕES DE ÁGUA	0 - 15	185,80	159,94	153,00	97,78	47,4	38,9	36,1	9,6	12,6	31,3	0,661	0,805	0,867
	0 - 22	185,80	159,94	153,00	119,51	35,7	25,3	21,9	13,1	15,9	21,4	0,599	0,846	0,977
LIGAÇÕES DE ÁGUA E ESGOTO	0 - 15	334,64	288,07	276,74	203,55	39,2	29,3	26,5	11,5	13,1	13,9	0,354	0,474	0,526

Discussão dos resultados

A amostra original do Fipe era representativa da cidade de São Paulo. O processo de compatibilização dos dados oriundos do cadastro dessa entidade e daquelas dos cadastros da Sabesp e Prefeitura Municipal de São Paulo causou uma perda de informações que deu à amostra definitiva feições distintas da inicial. Em função disso, não se pode afirmar que a mesma seja representativa do município. Por outro lado, o número de elementos é tal que sua utilização leva a resultados estatisticamente significativos decorrendo daí que ao menos em uma primeira avaliação podem-se utilizá-los em estudos de previsão de demanda doméstica.

As variáveis mais bem relacionadas com o consumo mensal por economia foram: a área construída do imóvel, a renda familiar, a área do terreno, o valor venal do imóvel e o número de habitantes. O tipo de ligação e a existência de ligação à rede de esgotos não se mostraram correlacionados com essa variável dependente, a níveis de confiança razoáveis. A área construída *per capita*, a renda *per capita*, a área do terreno e o valor venal do imóvel foram aquelas que melhor se correlacionaram com o consumo *per capita*.

Os melhores modelos obtidos tiveram como variáveis explicativas o número de habitantes e a área construída, no caso em que a variável dependente era o consumo por economia, e a área construída *per capita* no caso em que a variável dependente era o consumo *per capita*.

Os valores do poder explicativo da regressão encontrados foram baixos, variando entre 0,30 e 0,45. Isso se deve provavelmente à falta de variáveis explicativas nos modelos, especialmente o preço. Uma análise dos resultados obtidos por autores estrangeiros mostra que os valores de R² não são muito altos, variando entre 0,5 e 0,7, o que pode estar indicando que nos modelos de demanda doméstica deva haver a necessidade de inclusão de um grande número de variáveis explicativas, principalmente se se analisa a demanda a nível de cada consumidor.

O agrupamento dos consumidores em classes e a consideração das informações relativas a eles em termos médios é uma maneira de amortecer a grande variação do consumo detectada. Neste trabalho, em face do bom desempenho apresentado pela área construída *per capita* optou-se por agrupar os consumidores segundo classes de valores dessa variável.

O ajuste de modelos de regressão a esses grupos foi muito melhor do que aos dados não agrupados, e pode-se chegar às

duas relações apresentadas no item anterior, com poder explicativo superior a 0,9 e consistência nos coeficientes estimados.

Uma aplicação no modelo linear foi feita com o objetivo de comparar os resultados com aqueles mostrados por Nucci (1983) relativos ao estudo do consumo por m² de área construída citado pelo autor. Naquele estudo, mostrou-se que:

— em bairros da cidade de São Paulo habitados predominantemente por população de alta renda o consumo por unidade de área construída varia 5,3 e 6,2 l/m².dia;

— em bairros com população de média renda de 4,9 a 7,7 l/m².dia, e

— em bairros com população de baixa renda, de 10 a 18 l/m².dia.

Além disso, o valor médio do consumo por unidade de área construída com 95% de confiança variava entre 6,77 e 7,57 l/m².dia.

A aplicação do modelo linear deste trabalho mostrou que:

— em áreas ricas da cidade, com a área construída *per capita* variando entre 47,9 e 48,2 m²/habitantes obtiveram-se consumos por unidade de área variando entre 5,0 e 5,3 l/m².dia;

— em áreas de renda média, com a área construída *per capita* variando entre 32,8 e 43,0 m²/habitante obtiveram-se 5,4 e 6,0 l/m².dia;

— em áreas pobres, com a área construída *per capita* variando entre 4,56 e 12,78 m²/habitante, obtiveram-se de 9,7 a 20,6 l/m².dia;

— para a área construída *per capita* média obteve-se 5,8 l/m².dia.

Comparando-se os resultados verifica-se que são razoavelmente próximos. As maiores discrepâncias verificadas são com respeito a áreas ricas, para as quais o modelo estimou valores um pouco mais baixos para o consumo por unidade de área construída, e para o valor médio, que não caiu na faixa de variação esperada com 95% de confiança, e apresentou-se cerca de 20% mais baixo.

Em se considerando que os resultados indicados por Nucci (1983) incluem 62 setores de rendas imobiliárias distribuídos em toda a capital e tem representatividade indiscutível, pode-se concluir que os resultados fornecidos pelo modelo linear, ainda que referentes a uma amostra não de todo representativa da cidade de São Paulo, são razoavelmente bons, o que propi-

cia a sua utilização em estudos e projetos, pelo menos como uma primeira avaliação da distribuição espacial da demanda doméstica.

Para tanto será necessário o conhecimento da distribuição espacial do número de habitantes e da área construída de imóveis, informações relativamente fáceis de serem obtidas. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE detém a informação a respeito do número de habitantes, que é levantada quando da realização de censos demográficos, e os setores de rendas imobiliárias de muitas prefeituras possuem o dado a respeito da área construída.

Os resultados obtidos da comparação dos consumos médios mensais nos primeiros semestres de 1982 e 1984 demonstram que a alteração da estrutura tarifária ocorrida em 1983 afetou o consumo mensal dos consumidores que antes da mudança consumiam até 15 m³/mês, fossem eles atendidos pelo serviço de água somente, fossem atendidos pelos serviços de água e de esgotos. Em ambos os casos houve acréscimo das quantidades médias mensais consumidas, sendo esse incremento de cerca de 31%, para os consumidores ligados somente à rede de água, e 14% para aqueles conectados à duas redes. Tal diferença é explicável porque para os consumidores dos serviços de água e esgotos houve duas alterações no mesmo ano, citadas anteriormente. A primeira delas, que acarretou em aumento do preço do m³ de água consumida, quando pelo serviço de esgotos se passou a cobrar o mesmo preço que o cobrado pelo serviço de água (anteriormente a cobrança se fazia à base de 80% do preço da água) tende a causar diminuição no consumo mensal. A segunda, que acarretou em barateamento do preço do m³ da água em face do rearranjo dos consumidores em novas faixas de consumo com diminuição da tarifa para aqueles com menores consumos e aumento da tarifa para aqueles com consumo mais elevado, tende a causar acréscimo no consumo mensal. Como a comparação de médias foi feita para os anos de 1982 e 1984, houve uma sobreposição dos dois efeitos, decorrendo daí a diferença verificada.

A necessidade de se utilizar índices de evolução do custo de vida para tornar comparáveis valores de datas diferentes torna qualquer análise que disso dependa sujeita a discrepâncias que provêm das discrepâncias entre os índices. Não fugiu a essa regra a análise da variação dos preços e cálculo da elasticidade-preço da demanda entre os dois anos, pois para esse período, os três índices relacionados ao custo de vida utilizados neste estudo tiveram comportamento diferenciado, notadamente o IGP-DI, que na época era o índice oficial de medição da inflação no Brasil. Em função disso, os resultados têm que ser interpretados em termos de faixas de variação, e nesse caso, adotando o INPC como deflator, obtêm-se elasticidades variando em 0,5 e 0,8.

CONCLUSÕES

Do que foi exposto anteriormente pode-se concluir que:

a) Embora o conhecimento dos fatores que afetam a demanda de água permita a elaboração de estudos de previsão mais adequados no planejamento e projeto dos sistemas de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos, isso ainda não é feito no Brasil. A razão principal é a insuficiência de estudos e pesquisas nacionais sobre o assunto.

b) Estes estudos podem ser feitos em vários locais do País, uma vez que há disponibilidade de dados em órgãos públicos como empresas que operam os sistemas de água e esgotos, prefeituras e outros. As pesquisas realizadas nos países desenvolvidos podem fornecer importantes subsídios metodológicos para a elaboração de pesquisas semelhantes no Brasil.

c) Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que existem correlações significativas entre a demanda doméstica de água e variáveis como o número de habitantes por domicílio, a área construída, área do terreno e valor venal do imó-

vel, e renda familiar, na cidade de São Paulo. Destas variáveis as mais importantes são as duas primeiras.

d) A não-introdução do preço nos modelos estudados é possivelmente a principal causa dos baixos valores de R² encontrados para os dados não agrupados.

e) Em que pese os problemas de representatividade da amostra o modelo linear: $q = 77,49 + 3,64 ac$, determinado para os dados agrupados pode ser utilizado para uma primeira avaliação da distribuição espacial da demanda doméstica.

f) As dificuldades de se avaliarem valores da elasticidade-preço da demanda de acordo com a metodologia desse trabalho concentraram-se fundamentalmente na necessidade de se ter que utilizar como deflatores para comparar valores em datas diferentes, índices de custo de vida que apresentaram disparidades entre si. Ainda assim adotando-se como deflator o INPC, verifica-se que a elasticidade-preço da demanda varia entre 0,5 e 0,8.

RECOMENDAÇÕES

Em vista das conclusões apresentadas, recomenda-se que:

a) Companhias estaduais de saneamento básico, serviços autônomos municipais de água e esgotos, órgãos de pesquisas e universidades desenvolvam pesquisas e estudos específicos relativos à demanda urbana de água, com ênfase à parcela referente ao uso doméstico, que é majoritário;

b) Esses trabalhos procurem caracterizar os diversos aspectos associados à gestão da demanda urbana de água, tais como estudo dos fatores intervenientes, estabelecimento de modelos de previsão de curto e longo termos, e modelos relativos a acontecimentos específicos (secas prolongadas, acidentes que paralisem o fornecimento de água...), incorporação dos modelos de previsão tanto na operação como no planejamento dos sistemas de abastecimento de água;

c) Sejam estudados modelos de âmbito regional incluindo municípios com estruturas tarifárias e valores diferenciados, de forma a se incorporar a variável preço nos modelos;

d) Seja aprofundada a análise da correlação entre as variáveis área total construída, área total construída *per capita*, área do terreno, número de habitantes, renda familiar, renda *per capita* e valor do imóvel e o consumo de água por economia ou consumo *per capita*;

e) Seja dada especial atenção às variáveis área total construída e área total construída *per capita*, que tanto neste trabalho como em Nucci (1983) mostraram-se como explicativas da demanda urbana e doméstica de água;

f) No caso dos modelos de previsão de longo termo especialmente, trabalhe-se com os dados agrupados em classes das variáveis de interesse para evitar dispersões acentuadas e geração de modelos com baixo poder explicativo;

g) Se aprofundem os estudos de determinação de elasticidade-preço de demanda tendo em vista a importância desse índice tanto para o dimensionamento dos sistemas de água e esgotos como nos estudos de previsão de receitas e investimentos.

BIBLIOGRAFIA

1 — Associação Brasileira de Normas Técnicas. PNB-787/77. Rio de Janeiro.

2 — Bau, J. *Gestão da procura em sistemas de abastecimento de água e aglomerados urbanos*. Lisboa. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. set. 1983. 225 p.

3 — Berenhauser, E.J.B. & Puclici, C. *Previsão de consumo de água por tipo de ocupação do imóvel*. Revista DAE, São Paulo, Sabesp, 43 (135): 116-129, 1983.

- 4 — Boland, J. et alii. *A research agenda for municipal water demand forecasting*. *Journal AWWA*, Denver, 75 (1): 302-307, jan. 1983.
- 5 — Boland, J. et alii. *Forecasting short-term revenues for water and sewer utilities*. *Journal AWWA*, Denver, 74 (9), set. 1982.
- 6 — Briscoe, J. *Estimating water demand in developing countries*. (Trabalho apresentado no Simpósio Internacional sobre Economia de Água de Abastecimento Público. São Paulo, out. 1986). 11 p.
- 7 — Camp, R.C. *The inelastic demand for residential water: new findings*. *Journal AWWA*, Denver: 453-458, ay. 1978.
- 8 — Cassuto, A.E. & Ryan, S. *Effect of price on the residential demand for water within an agency*. *Water Resources Bulletin*, 15 (2): 345-53, abr. 1979.
- 9 — Cetesb — Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Amplitude recomendável para instalação de medidores em ligações prediais; Relatório*. São Paulo, Cetesb, 1975, Vol. 1, 87 p.
- 10 — Costa Neto, P.L.O. *Estatística*. São Paulo, Edgard Blucher, 1977, 264 p.
- 11 — Danielson, L.E. *An analysis of residential demand for water using micro time-series data*. *Water Resources Research*. Washington. 15 (4), agosto 1979.
- 12 — Dantas, E.F. Maierá, F.O.; Levy, L. *Sistema Tarifário de Saneamento Básico no Brasil*. *Revista DAE*, São Paulo, Sabesp, 43 (134): 60-64, 1983.
- 13 — Endo, S.K. & Carmo, H.C.E. *Pesquisa de Orçamentos Familiares no Município de São Paulo*. São Paulo, 1984, 128 p.
- 14 — Fipe - Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas. *Estudo sobre o acompanhamento das tarifas de água e esgotos*. Relatório final. São Paulo, 1983, 139 p.
- 15 — Foster, H.S. & Beattie, BR. *Urban residential demand for water in the United States*. *Land Economics*, Madison, 55 (1), nov. 1979.
- 16 — Gollady, F.L. & Katsu, S. *The role of prices in management of water resources*. In: *Water for human consumption: man and his environment*. Fourth Congress of the International Water Resources Association, 1981.
- 17 — Grima, A.P. *Residential water demand: alternative choices for management*. University of Toronto. Toronto and Buffalo. 1972. 211 p.
- 18 — Hald, A. *Statistical Theory with Engineering Applications*. Wiley International Edition. Tóquio, 1952, 783 p.
- 19 — Hamoda, M.F. *Impact of social-economic development on residential water demand*. *International Journal of Water Resources Development*. 1 (1): 77-84, abril, 1983.
- 20 — Hanke, S.H. *A method for integration engineering and economic planning*. *Journal AWWA*, 70 (9): 487-491, set. 1978.
- 21 — Hanke, S.H. *Demand for water under dynamic conditions*. *Water Resources Research*. 6 (5): 1.253-61, out. 1970.
- 22 — Howe, C.W. & Linaweaver, F.P. *The impact of price on residential water demand and its relation to system design and price structure*. *Water Resources Research*, 3 (1): 13-32, 1967.
- 23 — Howe, C.W. *Water Pricing in Residential areas*. *Journal AWWA*. 60 (5), 1968.
- 24 — Medeiros Jr., J.V., et alii. *Consumo "por economia": alternativa para os estudos de demanda? in: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 13, Maceió. Rio de Janeiro, Abes, 1985. Anais...*
- 25 — Montenegro, M.H.F. & Rocha, A.L. *Conservação de água: um desafio para as cidades brasileiras*. *Revista Politécnica*. São Paulo, n.º 192: 28-33, 1986.
- 26 — Nucci, N.L.R. *Avaliação da demanda urbana de água: aspectos econômicos e urbanísticos. A área edificada como possível variável explicativa e prospectiva*. *Revista DAE*, São Paulo, Sabesp, 43 (135): 22-29, 1983.
- 27 — Nucci, N.L.R. et alii. *Modelo para a determinação do nível ótimo de micromedida. Enfoque privado e social — um estudo de caso*. *Revista DAE*, São Paulo, Sabesp, 45 (142): 202-289, 1985.
- 28 — Rhoades, S.D. *Water Systems Standards Survey*. *Journal AWWA*. p. 30-34, nov. 1986.
- 29 — Sang, W.H. *The financial impact of water rate changes*. *Journal AWWA*, Denver, 74 (9), set. 1982.
- 30 — Sonnen, M.B. & Evenson, D.E. *Demand projections consistency conservation*. *Water Resources Bulletin*, 15 (2): 447-60, abr. 1979.
- 31 — Turnousky, S.S. *The demand for water. Some empirical evidence on consumer response to a commodity in certain supply*. *Water Resources Research*, 5 (2): 350-361, 1969.
- 32 — Warford, J. & Julius, D.S. *Water Rate Policy: Lessons from less developed countries*. *Journal AWWA*, p. 199-201, abr. 1979.
- 33 — Wenders, J.T. *Price or Preservation? Water/Engineering & Management*. p. 32-34, mar. 1982.
- 34 — Wonacott & Wonacott. *Econometria*. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos, 1979, 464 p.