

Previsão de consumo de água por tipo de ocupação do imóvel(*)

Carlos José Botelho Berenhausen (1)
Clovis Pulici (2)

RESUMO

Relatam-se no trabalho a metodologia e os resultados obtidos, da pesquisa realizada pela Sabesp para a determinação de prováveis consumos de água em 13 tipos de ocupação de imóveis, a fim de se poder melhor dimensionar as ligações prediais e os medidores. Apresenta-se, ao final, um quadro indicativo dos consumos mensais, em função de parâmetros característicos do imóvel.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivos do trabalho

A utilização das normas vigentes para determinação do consumo provável e conseqüente dimensionamento das ligações prediais de água, incluindo a seleção do hidrômetro, têm-se mostrado inadequados pelo fato de as mesmas serem antigas e não terem sofrido ao longo do tempo as adaptações que se mostravam convenientes, face à evolução dos materiais empregados.

Em decorrência, tem sido frequente o superdimensionamento de ramais e hidrômetros demandando investimentos desnecessários e com reflexos negativos na micromedição.

Desta forma, surgiu a necessidade de a Sabesp dispor de classificação e

critérios práticos e objetivos mais atualizados que pudessem ser utilizados no dimensionamento de ligações em sua área de atuação, bem como, eventualmente, subsidiar a elaboração de nova normalização nacional a respeito do problema.

Os trabalhos desenvolvidos visam, basicamente, estabelecer os parâmetros e valores para compor as seguintes tabelas:

- consumo específico por tipo de ocupação e por categoria do imóvel;
- dimensionamento de ligações prediais de água em função do consumo provável;
- seleção de hidrômetros em função do consumo provável.

Para melhor entendimento do trabalho relacionam-se, a seguir, as atividades desenvolvidas:

- a. Levantamento de dados e classificação disponível em órgãos ligados à normalização, licenciamento, fiscalização e outras entidades, para a listagem de tipos dos seguintes consumidores: hotéis, hospitais, escolas, prédios de apartamento, clubes, restaurantes e similares, indústrias (água para fins sanitários), lavanderias e postos de lavagem.
- b. Elaboração e classificação diferenciando categorias por tipo de consumidor, que justifiquem uma consideração distinta quanto ao consumo de água.
- c. Avaliação do universo de ligações por categoria existentes no município de São Paulo e determinação de amostras representativas.
- d. Elaboração de listagem contendo nome, endereço, classificação e outras informações relevantes, por categoria, dos estabelecimentos relacionados na amostra.
- e. Levantamento e manipulação dos dados de consumo disponíveis na

Sabesp, relativos aos estabelecimentos selecionados.

- f. Revisão da classificação por tipo e categoria anteriormente estabelecidos no item b.
- g. Preparação de questionários a serem aplicados para confirmação da classificação e obtenção de parâmetros.
- h. Aplicação de questionários na amostra selecionada.
- i. Manipulação das respostas, análise dos resultados e proposição da nova classificação e tabelas.

1.2. Resultados obtidos

Os trabalhos foram desenvolvidos no período de setembro/82 a abril/83 pela Iesa - Internacional de Engenharia S. A., sob contrato, envolvendo um levantamento preliminar para a quantificação e caracterização do universo de diferentes tipos de consumidores existentes na cidade de São Paulo, tais como clubes esportivos, prédios de apartamento etc.

Sobre esses universos foram dimensionadas amostras e sobre cada uma delas aplicado um tipo específico de questionário através de trabalho de campo, cujas respostas possibilitaram investigar, via processamento em computador, os fatores capazes de explicar os volumes de água consumidos mensalmente em cada tipo de imóvel.

Os resultados conclusivos obtidos foram denominados de modelos estimadores de consumo de água por tipo de ocupação do imóvel, expressos através de funções algébricas lineares de variáveis fáceis de se obter.

Os modelos, agora apresentados neste trabalho, foram, originalmente, propostos em projetos desenvolvidos pela Sabesp e poderão, a partir desta divulgação, vir a ser utilizados por empresas públicas de saneamento, firmas de consultoria e por profissionais da área de saneamento.

* Trabalho apresentado no 12.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - Balneário de Camboriú, Santa Catarina — 20 a 25 nov. de 1983 e baseado na pesquisa realizada pela Sabesp, com a participação da Iesa-Internacional de Engenharia S/A, através do Contrato n.º 062 c/ 82 supervisionado pela Diretoria de Operação da Região Metropolitana.

(1) Superintendente de Controle e Desenvolvimento da Operação, Diretoria de Operação da Região Metropolitana — Sabesp, Engenheiro Industrial, Assessor do BNH para o Programa de Controle de Perdas de Água. Professor de cursos especializados.

(2) Coordenador de Programas do Departamento de Controle de Programas — Sabesp, Engenheiro mecânico.

2. LEVANTAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE DADOS

2.1. Finalidade e diretrizes para os levantamentos

Os parâmetros que definiram os modelos estimadores de consumo foram estabelecidos em função dos resultados da pesquisa de campo desenvolvida sobre amostras de cada tipo de consumidor.

O levantamento de dados teve a finalidade de trazer informações que possibilitassem determinar, estatisticamente, amostras representativas dos diferentes tipos de consumidores, bem como identificar os elementos de cada uma delas.

2.2. Fontes de informação pesquisadas e dados obtidos

Os trabalhos de levantamento de dados se caracterizaram pelo esforço simultâneo de pesquisa junto a cada fonte consultada e de análise crítica das informações disponíveis. Adotou-se o critério de contatar toda e qualquer empresa ou órgão oficial, particular ou outro que, por simples hipótese, dispusesse de algum dado de interesse para os estudos. E nesse sentido, nenhuma dessas possíveis fontes foi descartada antes de se realizar pelo menos uma entrevista.

Sob esse critério, foram consultados 27 órgãos e empresas os quais forneceram os dados utilizados no trabalho, apresentados resumidamente no Quadro 1.

Nos trabalhos de levantamento, foram incluídos cinco novos tipos de consumidores, além dos nove requeridos inicialmente, por terem sido considerados de interesse aos objetivos do programa: edifícios comerciais, escolas de nível superior, creches, postos-socorros e motéis.

2.3. Classificação preliminar dos estabelecimentos

A classificação dentro de cada tipo de estabelecimento foi desenvolvida sempre que os dados disponíveis permitiram, tendo por objetivo obter taxas de consumo específico melhor caracterizadas e reduzir a quantidade total de elementos das amostras, mantido o mesmo rigor desejado de representatividade.

Os parâmetros classificatórios utilizados, escolhidos entre os elementos de caracterização disponíveis, foram aqueles que melhor puderam ser associados, numa relação direta com o consumo de água dos estabelecimentos.

3. AMOSTRAS PRELIMINARES

3.1. Necessidade de amostras preliminares e classificação

Para o cálculo das amostras definitivas houve, preliminarmente, necessi-

Quadro 1 — Estudos de consumos específicos de água — município de São Paulo — síntese dos elementos disponíveis para a obtenção de amostras

Tipo de Consumidor	Fonte de Informação	Dados Obtidos		Critérios/Parâmetros p/classificação preliminar
		nº de Estabelecimentos	Caracterização	
Clubes Esportivos	.Conselho Regional de Desportos - CRD - jul/82	270	.nome e endereço	.entidade controladora
	.Div.Unidades Esportivas da Sec.Municipal de Esportes de São Paulo - jul/82	32	.nº registro no CRD .nome .endereço	
Edifícios Comerciais	.Lista telefônica de São Paulo - 1982	273	.endereço .localização setorial	.não adotado
Escolas:Prê-1º e 2º Graus	.Assessoria Técnica de Planejamento e Cont.Educacional da Secretaria da Educação do Est.de São Paulo - mai/82	1600	.nome e endereço .nº salas de aula .nº turnos e nº classes .instalações acessórias .rede ensino estadual, municipal e particular	.nº de salas de aula
Escolas de Ensino Superior	.UNESP - Universidade Estadual Paulista - dez/79	69	.nome e endereço .nº de vagas .rede de ensino	.nº de vagas
Creches	.Coordenadoria do Bem Estar Social da Secretaria Municipal do Bem-Estar Social - mai/82	289	.nome e endereço .capacidade (nº alunos) .faixa etária .rede administrativa	.nº de alunos
Hospitais	.Coordenadoria da Assistência Hospitalar da Sec. de Higiene e Saúde do Est.de São Paulo - dez/81	179	.nome e endereço .tipo de assistência .taxa de ocupação (%) .nº pacientes atendidos .nº de leitos	.nº de leitos
Pronto-Socorros	.Coordenadoria de Assistência Hospitalar da Sec. de Higiene e Saúde do Est.de São Paulo - dez/81	101	.nome e endereço .tipo de assistência .nº de leitos	.nº de leitos
Hotéis	.Sindicato de Hotéis, Restaurantes e Similares do Est. Estado de S.Paulo - jul/82 .PAULISTUR-Empresa Paulista de Turismo . out/80 .Guia 4 Rodas de 1982 -jul/82 .Lista telefônica de S.Paulo	344	.nome e endereço .categoria de conforto .nº de leitos .equipamentos, acessórios (restaurante, lavanderia, ar condicionado)	.categoria de conforto
Motéis	.Sindicato de Hotéis, Restaurantes e Similares do Est. de São Paulo - jul/82	68	.nome .endereço	.não adotado
Lavanderias	.Sindicato de Lavanderias e Similares de S.Paulo-jun/80	1870	.nome .endereço	.não adotado
Postos de Serviços de Veículos	.Sindicato do Comércio Varejista de Derivados de Petróleo do Est.de S.Paulo - jun/82	2003	.nome .endereço	.não adotado
Prédios de Apartamentos	.SABESP - Sistema de Faturamento e Arrecadação-PRODESP - jul/82	9181	.agrupamento por classes de consumo	.consumo médio por apartamento
Restaurantes	.Sindicato de Hotéis, Restaurantes e Similares de S.Paulo - jul/82 .Guia 4 Rodas 1982 -jul/81	690	.nome e endereço .nº funcionários .categoria de conforto	.categoria de conforto
Indústrias	.Estudo dos Grandes Consumidores de Água da RMS - IEASA - ago/79	1436	.nome e endereço .nº funcionários .ramo de atividade .consumo de água por funcionários	.nº de funcionários X ramo de atividade

dade de conhecer a composição de cada universo, ou seja, como os seus elementos se distribuíam em termos de quantidade de água que consumiam. As vazões de consumo dos elementos de uma classe permitiram o nível de dispersão dentro do grupo, através do desvio padrão, o qual foi utilizado no cálculo de dimensionamento da respectiva amostra definitiva, objeto da pesquisa de campo.

A classificação preliminar, apresentada no Quadro 1, foi organizada com a finalidade de se estabelecer as estratificações sobre as quais foram dimensionadas as amostras para a aplicação de questionários.

Foram agrupadas classes com comportamento de consumo supostamente similares, para os quais não se distinguiram fatores que pudessem determinar taxas diferenciadas de consumo específico.

Por exemplo, os hotéis de cinco e quatro estrelas foram agrupados num só extrato, da mesma forma que os de três e duas estrelas. Os de uma estrela e os restaurantes (sem categoria de conforto) constituíram o 3.º

agrupamento de hotéis. Com o mesmo critério foram somadas as distribuições de escolas das redes estadual, municipal e particular numa só função, conforme Quadro 2.

3.2. Quantificação de amostras preliminares e identificação dos elementos

O dimensionamento das amostras preliminares foi meramente estimativo, porque os dados disponíveis não permitiram cálculos rigorosos. A amostragem preliminar teve, exatamente, a finalidade de ir buscar informações complementares que subsidiaram o dimensionamento posterior das amostras definitivas, então com critérios estatísticos mais exatos.

O único agrupamento para o qual não houve necessidade de amostras preliminares foi o dos prédios de apartamento, uma vez que os dados existentes atenderam aos procedimentos de cálculos para a determinação de amostras já definitivas.

Para cada elemento das amostras preliminares foram buscadas, nos ar-

Quadro 2 — Classificação para amostragem

TIPO DE CONSUMIDOR	Classificação		
	Parâmetro/Critério	Classe	Nº de Elementos
Clubes Esportivos	Entidade controladora	CRD PMSP	270 32 302
Edifícios Comerciais	não adotado	-	273
Escolas de Pré, 1º e 2º Graus	nº de salas de aula	0 — 10 10 — 15 acima de 15	605 483 512 1.600
Escolas de Nível Superior	não adotado	-	69
Creches	nº de alunos	0 — 100 acima de 100	150 139 289
Hospitais	nº de leitos	0 — 150 acima de 150	92 87 179
Pronto-Socorros	não adotado	-	101
Hotéis	categoria de conforto	5 e 4 estrelas 3 e 2 estrelas 1 e restantes	18 90 236 344
Motéis	não adotado	-	68
Lavanderias	não adotado	-	1.870
Postos de Lavagem de Veículos	não adotado	-	2.003
Prédios de Apartamentos	consumo por economia (m³/mês)	0 — 10 10 — 15 15 — 25 25 — 50 50 — 90 acima de 90	804 2.396 3.597 2.163 203 18 9.181
Restaurantes	categoria de conforto	luxo e 1ª médio restantes	27 88 575 690
TOTAL			16.969

quívos da Sabesp, as vazões de consumo mensal relativas aos meses de janeiro, fevereiro, março, junho, julho e agosto de 1982, abrangendo, portanto, consumos de períodos sazonais distintos. A partir desses valores, foram calculadas as médias de cada estabelecimento, bem como as médias e desvios padrões das classes ou amostras.

Os indicadores obtidos são apresentados no Quadro 3 e foram utilizados para o dimensionamento das amostras definitivas. Nesse Quadro, não foram incluídos os prédios de apartamento, porque, para eles, a classificação obtida de consumo e por economia, através do cadastro da Sabesp, permitiu o dimensionamento das amostras já definitivas.

3.3. Procedimentos de amostragem

Os dados disponíveis, levantados e classificados preliminarmente, determinaram a necessidade de se utilizar dois métodos de amostragem. No caso de estabelecimentos para os quais se dispunha de classificação, foi adotado o critério de amostragem estratificada com alocação de Neymann. Nos demais casos, adotou-se o procedimento de amostragem aleatória simples. Nesses últimos, estão incluídos os edifícios comerciais, as escolas de ensino superior, os prontos-socorros, os hotéis, as lavanderias e os postos de lavagem de veículos, cujos elementos não receberam classificação por inexistência de dados que gerassem os

Quadro 3 — Amostragem preliminar

Tipo de Consumidor	Classificação			Amostragem Preliminar		
	Parâmetro/Critério	Classe	Nº de Elementos	Nº de Elementos	QMED (m³/mês)	Desvio (σ _{n-1})
Clubes Esportivos	Entidade controladora	CRD PMSP	270 32 302	18 7 25	691 1.056 730	1.440 1.416
Edifícios Comerciais	não adotado	-	273	43	832	945
Escolas de Pré, 1º e 2º Graus	nº de salas de aula	0 — 10 10 — 15 acima de 15	605 483 512 1.600	47 38 41 126	234 234 289 525	342 164 199
Escolas de Ensino Superior	não adotado	-	69	6	456	674
Creches	nº de alunos	0 — 100 acima de 100	150 139 289	9 9 18	120 183 150	111 95
Hospitais	nº de leitos	0 — 150 acima de 150	92 87 179	8 8 16	2.802 4.842 3.794	4.376 5.314
Pronto-Socorros	não adotado	-	101	8	95	67
Hotéis	categoria de conforto	5/4 estrelas 3/2 estrelas 1 e restantes	18 90 236 344	6 9 21 36	3.292 734 251 536	2.972 669
Motéis	não adotado	-	68	7	660	385
Lavanderias	não adotado	-	1.870	70	45	44
Postos de Lavagem de Veículos	não adotado	-	2.003	65	126	189
Restaurantes	categoria de conforto	luxo e 1ª médio restantes	27 88 575 690	4 8 47 61	333 232 146 164	358 225 153
TOTALS			7.788	481	-	-

Quadro 4 — Amostras com nível de confiança de 95%

Tipo de Consumidor	Número de Elementos	
	Erros Amostrais Relativos	
	ε ₁ = 20%	ε ₁ = 30%
CLUBES ESPORTIVOS	166	107
EDIFÍCIOS COMERCIAIS	85	46
ESCOLAS DE PRÉ, 1º e 2º GRAUS	83	38
ESCOLAS DE NÍVEL SUPERIOR	52	40
CRECHES	39	19
HOSPITAIS	83	50
PRONTO-SOCORROS	32	17
HOTÉIS	66	38
MOTÉIS	19	12
LAVANDERIAS	87	40
POSTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS	195	91
RESTAURANTES	88	43
TOTALS	995	541

ganhos de precisão supostos no método de amostragem estratificada.

3.4. Dimensionamento das amostras

Para o dimensionamento das amostras definitivas, foi fixado em 5% o risco de que, para um certo número

"n" de elementos de uma amostra, o erro amostral "ε" seja maior que o erro prefixado para o referido dimensionamento.

O erro amostral assumido para o dimensionamento da amostra, que teve origem nos objetivos de pesquisa, foi fixado inicialmente em 20%, dado que

seria uma margem razoável para a estimativa de consumos específicos de água e fixação das capacidades ótimas de operação dos hidrômetros. No entanto, esse nível de erro teria que ser traduzido para o consumo médio mensal, que foi o parâmetro usado para o dimensionamento das amostras.

O que se observou, depois do tratamento estatístico dos dados, foi que, nos casos em que não se conseguiu uma construção adequada de estratos que fosse capaz de reduzir de forma substancial a variabilidade entre estratos, o uso de erros de 20% sobre as estimativas de consumo médio mensal resultava num dimensionamento elevado das amostras.

Por outro lado, quando se conseguiam todas as informações necessárias à adequada estratificação do universo, a adoção do erro de 20% conduzia a valores razoáveis para o número de elementos da amostra (Quadro 4). Este foi o caso dos prédios de apartamento, onde se conseguiram todas as informações necessárias para o universo da pesquisa.

A partir dos dados obtidos para prédios de apartamento e da classificação organizada conforme Quadro 2, foram calculados os dados necessários ao dimensionamento das amostras definitivas (Quadro 5).

No entanto, nos casos em que a classificação do universo foi impossível ou foi feita de maneira grosseira, realizaram-se alguns testes por amostragem para investigar o comportamento da variância de consumos específicos (consumo por leito em hotéis, por exemplo) e verificou-se que, mesmo utilizando-se erros de 30% para estimar-se a média de consumo, obtinha-se um número de elementos na amostra que implicaria um erro da ordem de 20%, estabelecidos como meta para as taxas de consumo específico. Assim sendo, adotou-se o erro de 30%, uniformemente, para todos os casos, com estratificação ou não, com exceção da categoria prédios de apartamento, onde, com 50 observações, conseguiram-se erros amostrais inferiores a 5%.

O Quadro 4 mostra os dimensionamentos obtidos para amostras com erros amostrais relativos a 20% e 30%, não incluídos os prédios de apartamento, que estão apresentados isoladamente no Quadro 6.

3.5. Alocação e identificação dos elementos das amostras

Com base nos procedimentos e margem de erro anteriormente estabelecidos, os elementos dimensionados para cada amostra foram alocados segundo a classificação organizada para esse efeito.

O critério de Neymann ou de alocação ótima, adotado neste plano de amostragem, determina que cada estrato de um mesmo universo (mesmo

Quadro 5 — Prédios de apartamento — Dados para amostragem

Classe (m ³ /econ. x mês)	Nº de Elem. (N _h)	QMED (m ³ /econ. x mês)	Desvio Padrão (S _h)	
0	10	804	8,32	1,93
10	15	2.396	13,20	1,37
15	25	3.597	19,72	2,78
25	50	2.163	33,33	6,19
50	90	203	59,80	9,02
		9.163	21,11	-
acima de	90	18	146,22	110,08 (*)
	Totais	9.181	21,36	-

(*) Na categoria prédios de apartamentos, os 18 casos de consumo superior a 90 m³/economia x mês foram, todos, por sua atipicidade e interesse, incluídos na amostra, para pesquisa.

Quadro 6 — Prédios de apartamento — Amostras com nível de confiança de 95%

Erro Amostral (E)	Nº Elementos na Amostra
9,56	10
6,76	20
4,28	50
3,49	75
3,02	100

tipo de consumidor), recebe um número de elementos dados por:

$$n_h = n \times \frac{N_h \times S_h}{\sum N_h \cdot S_h}$$

$$h = 1$$

onde:

n_h = número de elementos da amostra representativa de um estrato;

n = número de elementos da amostra representativa do tipo de consumidor;

N_h = número de elementos da população classificados no estrato h ;

S_h = desvio padrão dos consumos individuais dos elementos pertencentes ao estrato h .

O resultado final dessa distribuição é apresentado no Quadro 7 — Plano de Amostragem.

4. PESQUISA DE CAMPO

4.1. Formulação e preparação de questionários

Os trabalhos de pesquisa de campo compreenderam a formulação de questionários e sua aplicação em estabelecimentos representativos dos 13 diferentes tipos de consumidores de água, conforme já referidos.

A formulação dos questionários foi desenvolvida no sentido de se obterem dados de caracterização das amostras que pudessem associar e/ou justificar suas vazões de consumo, registradas mensalmente pela Sabesp. O posterior processamento e a análise das respostas dos questionários ofereceram, como resultado final do trabalho, modelos estimadores de consumo de água específicos de cada um dos tipos de consumidores.

O trabalho de preparação dos questionários teve sua principal dificuldade na formulação de perguntas que fossem:

- abrangentes, no sentido de buscar informações que caracterizassem o maior número possível de fatores influentes sobre o consumo de água do estabelecimento pesquisado;
- possíveis de serem respondidas pelo entrevistado, em termos de pronta disponibilidade das respostas ou de seu cálculo indireto, de forma simples;
- clareza da relação e da formulação das perguntas, não dando margem a incompreensões ou interpretações errôneas.

Esses aspectos, associados aos diferentes tipos de consumidores a pesquisar, exigiram a formulação de um grupo de quesitos gerais, aplicáveis a todos os tipos de amostras e de nove grupos de quesitos específicos, aplicáveis aos 13 tipos de consumidores agrupados da seguinte forma:

- clubes esportivos;
- edifícios comerciais;
- hospitais e prontos-socorros;
- hotéis, hospedarias e motéis;
- lavanderias;
- postos de lavagem de veículos;
- prédios de apartamento;
- restaurantes e similares;
- escolas e creches.

4.2. Aplicação dos questionários

A pesquisa de campo cobriu exatamente 589 estabelecimentos, compondo as amostras dos 13 tipos de consumidores, conforme Quadro 8.

As quantidades de elementos das amostras, determinadas conforme Quadro 7, foram de 609. A diferença com os 589 consumidores efetivamente pesquisados decorreu dos seguintes fatos:

- a) foram investigados 85 clubes da classe CRD, e não 96 como previsto. Essa redução é justificável porque o universo inicialmente levantado de 270 elementos daquela classe mostrou-se bem menor. Muitos clubes, sem significação como consumidor de água, a exemplo de clubes de malha, de sociedades de bairros e de associações culturais, estavam relacionados e pressupostos como estabelecimentos esportivos no início da pesquisa;
- b) foram pesquisados 13 motéis ao invés de 12, assim como seis prédios de apartamento da classe 10 a 15 m³/economia x mês, ao invés dos cinco calculados;
- c) no grupo dos prédios de apartamento, o estrato constituído de 18 elementos com consumo superior a 90 m³/economia x mês foram todos, pela sua atipicidade, incluídos na pesquisa. Todavia, a investigação de campo mostrou

Quadro 7 — Plano de amostragem

Tipo de Consumidor	Classificação			Amostragem Definitiva - Nº de Elementos
	Parâmetro/Critério	Classe	Nº de Elementos	
Clubes Esportivos	entidade controladora	CRD PMSP	270 32 302	96 11 107
Edifícios Comerciais	não adotado	-	273	46
Escolas de Pré, 1ª e 2ª Graus	nº de salas de aula	0 ———> 10 10 ———> 15 acima de 15	605 483 512 1.600	20 8 10 38
Escolas de Ensino Superior	não adotado	-	69	40
Creches	nº de alunos	0 ———> 100 acima de 100	150 139 289	11 8 19
Hospitais	nº de leitos	0 ———> 150 acima de 150	92 87 179	23 27 50
Pronto-Socorros	não adotado	-	101	17
Hotéis	categoria de conforto	5 e 4 estrelas 3 e 2 estrelas 1 e restantes	18 90 236 344	10 12 16 38
Motéis	não adotado	-	68	12
Lavanderias	não adotado	-	1.870	40
Postos de Lavagem de Veículos	não adotado	-	2.003	91
Prédios de Apartamentos	consumo por economia (m ³ /mês)	0 ———> 10 10 ———> 15 15 ———> 25 25 ———> 50 50 ———> 90 acima de 90	804 2.396 3.597 2.163 203 18 9.181	3 5 17 22 3 18 68
Restaurantes	categoria de conforto	luxo e 1ª médio restantes	27 88 575 690	4 7 32 43
TOTALS			16.969	609

Quadro 8 — Consumidores pesquisados

Tipo de Consumidor	Classificação		Nº de Estabelecimentos Pesquisados
	Parâmetro/Critério	Classe	
CLUBES ESPORTIVOS	entidade controladora	CRD PMSP	85 11 96
EDIFÍCIOS COMERCIAIS	não adotado	-	46
ESCOLAS DE PRÉ, 1ª e 2ª GRAUS	nº de salas de aula	0 ———> 10 10 ———> 15 acima de 15	20 8 10 38
ESCOLAS DE ENSINO SUPERIOR	não adotado	-	40
CRECHES	nº de alunos	0 ———> 100 acima de 100	11 8 19
HOSPITAIS	nº de leitos	0 ———> 150 acima de 150	23 27 50
PRONTO-SOCORROS	não adotado	-	17
HOTÉIS	categoria de conforto	5 e 4 estrelas 3 e 2 estrelas 1 e restantes	10 12 16 38
MOTÉIS	não adotado	-	13
LAVANDERIAS	não adotado	-	40
POSTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS	não adotado	-	91
PRÉDIOS DE APARTAMENTOS	consumo por economia (m ³ /mês)	0 ———> 10 10 ———> 15 15 ———> 25 25 ———> 50 50 ———> 90 acima de 90	3 6 17 22 3 7 58
RESTAURANTES	categoria de conforto	luxo e 1ª médio restantes	4 7 32 43
TOTAL			589

que, dos 18 consumidores, 11 não eram propriamente prédios de apartamento. Portanto, a aplicação de questionário foi efetivada em apenas sete dos 18 endereços.

Ainda sobre a questão da quantidade de estabelecimentos pesquisados é importante destacar que foram aplicados questionários de restaurantes e de lavanderias em um grande número de consumidores que dispunham dessas instalações como atividades anexas ou auxiliares da função principal pesquisada.

Foram aplicados 280 questionários adicionais específicos de restaurantes e lavanderias, distribuídos da forma indicada ao lado.

5. PROPOSIÇÃO DE NOVOS MODELOS ESTIMADORES DE CONSUMO

5.1. Análise de regressão múltipla

Os dados levantados através da pesquisa de campo foram analisados, verificada sua consistência, tabulados de forma organizada, codificados e, por último, armazenados em cartões e discos e processados em computadores.

A utilização dos referidos dados correspondeu, segundo a metodologia do trabalho, a tentativas para explicar os volumes mensais de consumo de água de cada estabelecimento, registrados pela Sabesp. Com esse objetivo, a aplicação dos questionários procurou caracterizar os diferentes tipos de imóveis pesquisados quanto aos seus mais prováveis pontos de consumo. Por isso, foram quantificadas informações sobre: área construída, funcionários, leitos de hospitais, de hotéis, de prontos-socorros e de motéis, bacias sanitárias, dormitórios, vagas escolares, peso de roupa lavada etc.

Daí, foram estudadas as correlações entre esses grupos de valores e os correspondentes consumos de água, para cada tipo de estabelecimento. A intenção foi verificar se e como, as bacias sanitárias instaladas nos prédios de apartamento explicam os consumos de água registrados nesses tipos de ligação, e, assim por diante, para as demais variáveis (área construída etc.) e para os outros consumidores objeto do estudo (clubes esportivos etc.)

A análise de tais correlações foi desenvolvida com a aplicação dos procedimentos estatísticos de regressão múltipla, tendo sido utilizado um programa bastante versátil, que introduz, uma a uma, as variáveis no processamento (procedimento *stepwise*) e seleciona a ordem de entrada segundo os maiores valores dos coeficientes de correlação parcial das variáveis ainda fora da equação. Além disso, executa os testes F (de aná-

Estabelecimentos Pesquisados	Quantidade de Questionários	
	Restaurantes	Lavanderias
Clubes esportivos (96 consumidores)	42	21
Edifícios comerciais (46 consumidores)	11	—
Escolas de pré, 1.º e 2.º graus (38 consumidores)	18	3
Escolas de ensino superior (40 consumidores)	11	—
Creches (19 consumidores)	11	13
Hospitais (50 consumidores)	46	47
Prontos-socorros (17 consumidores)	5	9
Hotéis (38 consumidores)	19	10
Motéis (13 consumidores)	10	2
Restaurantes (43 consumidores)	—	2
Totais	173	107

lise de variância) e t (Student) e indica os níveis de significância e tolerância dos parâmetros.

Foram processadas 69 regressões múltiplas para os 13 tipos de consumidor, modificando-se, em cada situação, a quantidade de variáveis, de observações (número de estabelecimentos), ou ambos. Esse procedimento teve a intenção de investigar os níveis de correlação entre consumo e variáveis, expressos pelo valor do coeficiente r^2 . Esse elevado número de regressões é justificado pela utilização de uma metodologia de análise através da qual se buscou:

- conhecer a correlação simples de cada variável independente (área construída, número de bacias sanitárias etc.) com o consumo de água, bem como as correlações múltiplas (ou sobrepostas) de duas ou mais variáveis com o mesmo consumo. Essa investigação possibilitou excluir, dos processamentos seguintes, as variáveis que contribuem muito pouco na explicação do consumo, além daquelas que configuram dificuldades práticas de aplicação pela concessionária;
- avaliar não só os níveis de correlação de todos os elementos de um mesmo grupo de consumidor, mas também de classe ou subconjuntos característicos, como, por exemplo, os clubes esportivos com quadra e/ou piscina;
- conhecer, em termos de consumo, o comportamento conjunto de tipos de estabelecimentos similares, quais sejam:
 - escolas de pré-primário, 1.º e 2.º graus, mais as escolas de nível superior, ou as creches, ou os três grupos, simultaneamente;
 - hospitais mais prontos-socorros;
 - hotéis mais motéis;
- descaracterizar qualquer eventual interferência, para a explicação do consumo, de algumas observações atípicas, quando compa-

radas às demais do mesmo grupo. Os elementos atípicos eliminados das regressões correspondem, em geral, aos maiores valores de consumo de cada grupo, encontrando-se pois, acima da reta de regressão. Entre as explicações mais prováveis para esse fato, pode-se citar a ocorrência de vazamentos, a utilização de dados errados na regressão (de detecção difícil) ou, propriamente, o uso superabundante de água pelo consumidor. Todavia, há também alguns elementos atípicos com valores de consumo pequenos, localizados abaixo da reta de regressão. Para eles, as explicações mais aceitáveis são erros de medição de maior significado que o corrente ou a utilização de dados errados na regressão.

Os níveis de correlação entre consumo e algumas variáveis são mostrados como exemplos, através de gráficos. Com tal objetivo, estão anexados ao presente trabalho os quadros e gráficos assim enumerados:

Quadro 9 e Fig. 1 (Gráfico n.º 12.47 — prédios de apartamento)

- consumo x n.º de bacias sanitárias
- coef. $r^2 = 0,95$ (correlação simples)

Quadro 10 e Fig. 2 (Gráfico n.º 02.34 — Edifícios Comerciais)

- consumo x área construída
- coef. $r^2 = 0,84$

Quadro 11 e Fig. 3 (Gráfico n.º 08.34A — Hotéis)

- consumo x número de banheiros
- coef. $r^2 = 0,93$ (hotéis 1.ª categoria)
- coef. $r^2 = 0,80$ (hotéis 2.ª categoria)

Quadro 12 e Fig. 4 (Gráficos n.º 11.91 — Postos de lavagem de veículos)

- consumo x número de funcionários
- coef. $r^2 =$ sem significado

Quadro 13 e Fig. 5 (Gráfico n.º 01.34 — Clubes esportivos)

- consumo x número de chuveiros
- coef. $r^2 = 0,74$

5.2. Resultados das regressões

Sobre os valores constantes dos resumos, vale esclarecer o seguinte:

a) nos números das regressões, os dígitos têm os seguintes significados:

Ex.: 01.10.60.1/4 (Ver Quadro 13)

— 01 = tipo de consumidor, conforme identificação utilizada durante os estudos,

— 10 = número de variáveis introduzidas para análise,

— 60 = número de casos, ou elementos, ou observações (n) processados na regressão,

— 1/4 = número sequencial da regressão processada para o mesmo tipo de consumidor, num total de quatro regressões;

b) as variáveis têm as seguintes unidades:

— área = área total construída, em m^2 ,

— bacia, leito, banheiro, chuveiro, dormitório, refeição = número de unidades,

— piscinas = m^3 de capacidade,

— jardim, quadra, pátio = área ocupada, em m^2 ,

— funcionário/hora = homem/h/dia.

Quadro 9 — Determinação de consumos específicos — Análise de regressão dos dados levantados na pesquisa de campo

(12) PRÉDIOS DE APARTAMENTOS

Nº de elementos da amostra:

- consumo por economia ($m^3/mês$) 0	10 = 3
- consumo por economia ($m^3/mês$) 10	15 = 6
- consumo por economia ($m^3/mês$) 15	25 = 17
- consumo por economia ($m^3/mês$) 25	50 = 22
- consumo por economia ($m^3/mês$) 50	90 = 3
- consumo por economia ($m^3/mês$) acima de 90	7 = nº elementos do universo
T o t a l	58

• Regressão linear nº 12.7.58.1/5

Nenhum elemento excluído da regressão.

Variáveis (por ordem de entrada)	Correlação (r^2)		Fator F		Equação de Regressão			
	Indiv.	acumul.	Indiv.	acumul.	a1	a2	a3	a0
- bacia	0,70	0,70	130,53	130,53	7,512	-	-	287,669
- jardim	0,19	0,76	14,06	87,51	6,968	0,240	-	267,823
- área	0,54	0,77	1,81	59,79	6,102	0,210	0,017	242,519
- chuveiro, morador, dormitório e apartamento.								

• Regressão linear nº 12.7.75.2/5

Elementos excluídos da regressão = 33: apartamentos com área útil superior a $100 m^2$.

- bacia	0,65	0,75	42,71	42,71	7,680	-	-	236,19
- pátio	0,01	0,67	1,05	21,93	7,743	-0,220	-	273,312
- morador	0,53	0,68	0,73	14,69	5,825	-0,291	1,055	274,275
- chuveiro, jardim, dormitório, área e apartamentos.								

• Regressão linear nº 12.7.18.3/5

Elementos excluídos da regressão = 40: apartamentos com área útil de até $100 m^2$ e acima de $200 m^2$.

- dormitório	0,97	0,97	478,84	478,84	9,188	-	-	23,050
- chuveiro	0,95	0,98	7,27	336,92	5,719	3,745	-	35,726
- apartamento	0,92	0,98	4,55	279,36	4,495	2,976	6,677	-10,471
- área, pátio e jardim.								

• Regressão linear nº 12.7.15.4/5

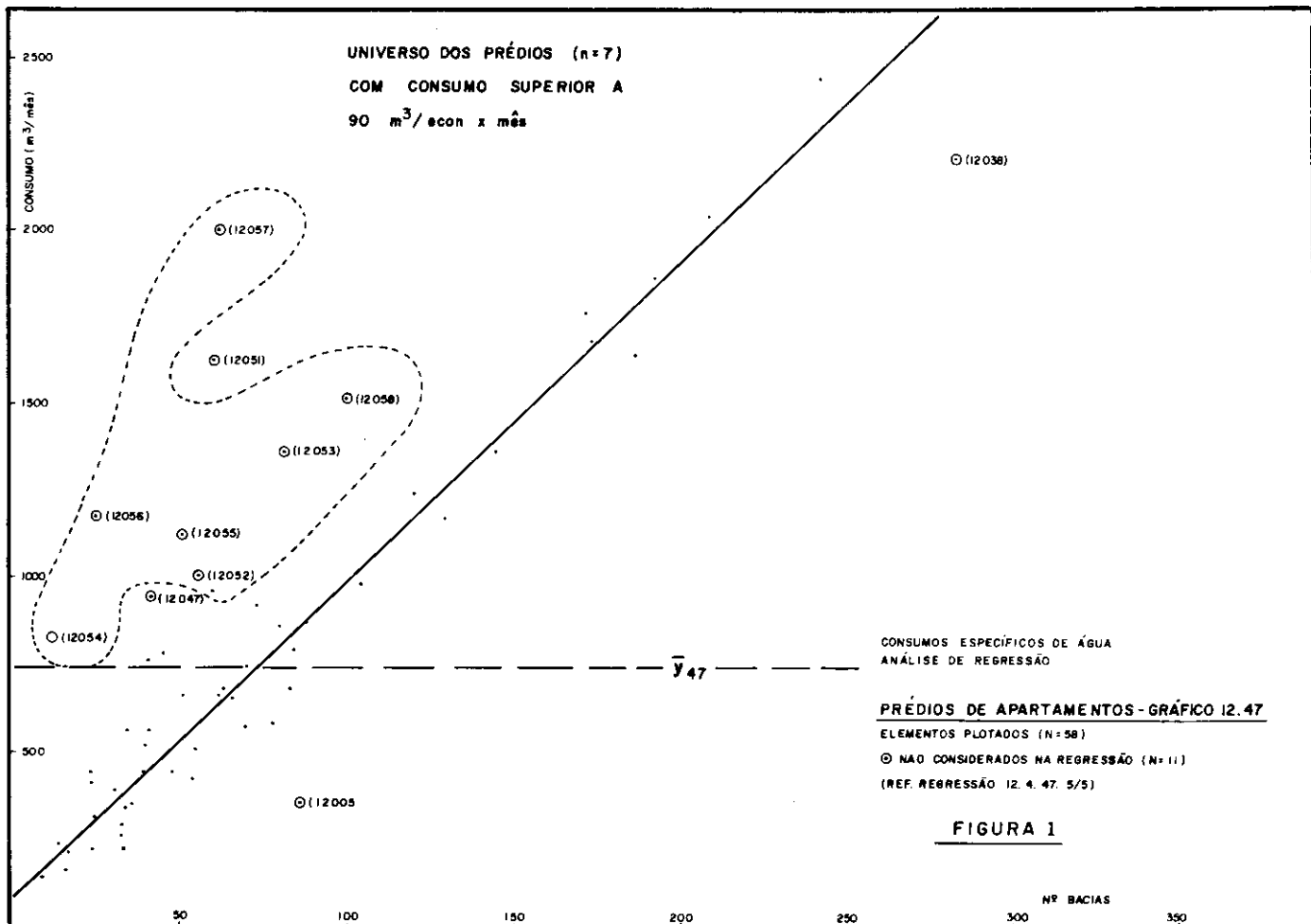
Elementos excluídos da regressão = 43: apartamentos com área útil de até $200 m^2$.

- chuveiro	0,52	0,52	14,29	14,29	12,524	-	-	293,807
- jardim	0,18	0,65	4,47	11,29	11,910	0,188	-	220,476
- bacia	0,39	0,69	1,34	8,19	26,089	0,153	-11,093	183,021
- área, dormitório, morador e apartamento.								

• Regressão linear nº 12.4.47.5/5

Elementos excluídos da regressão = 11: apartamentos com consumo superior a $90 m^3/mês$ e mais os questionários n.ºs. 12005, 12038, 12047 e 12051.

- bacia (*)	0,95	0,95	803,11	803,11	9,244	-	-	79,901
- dormitório	0,90	0,95	7,10	459,57	8,911	2,679	-	46,355
- área	0,61	0,96	3,04	321,58	5,992	2,984	0,011	31,219
- chuveiro								



Quadro 10 — Determinação de consumos específicos — Análise de regressão dos dados levantados na pesquisa de campo

(02) EDIFÍCIOS COMERCIAIS

Nº de elementos da amostra: 46

• **Regressão linear nº 02.3.44.1/4**

Elementos excluídos da regressão = 2: que tem área total construída menor que 400 m²; que tem menos de 10 bacias sanitárias.

Variáveis (por ordem de entrada)	Correlação (r ²)		Fator F		Equação de Regressão			
	Índiv.	acumul.	Índiv.	acumul.	a1	a2	a3	a0
- área	0,47	0,47	37,86	37,86	0,742	-	-	193,323
- bacia	0,45	0,55	6,64	24,79	0,046	3,711	-	53,434
- pessoa	0,47	0,57	1,99	17,59	0,031	2,930	0,359	69,006

• **Regressão linear nº 02.3.34.2/4**

Elementos excluídos da regressão = 12: todos os anteriores e mais os que tem restaurante anexo.

Variáveis (por ordem de entrada)	Correlação (r ²)		Fator F		Equação de Regressão			
	Índiv.	acumul.	Índiv.	acumul.	a1	a2	a3	a0
- pessoa	0,79	0,79	120,13	120,13	0,959	-	-	201,194
- área	0,65	0,82	4,95	69,95	0,724	0,024	-	117,86
- bacia	0,46	0,82	0,02	45,18	0,718	0,030	0,120	115,56

• **Regressão linear nº 02.3.35.3/4**

Elementos excluídos da regressão = 10: que tem restaurante anexo.

Variáveis (por ordem de entrada)	Correlação (r ²)		Fator F		Equação de Regressão			
	Índiv.	acumul.	Índiv.	acumul.	a1	a2	a3	a0
- pessoa	0,79	0,79	131,52	131,52	0,963	-	-	193,620
- área	0,66	0,82	5,40	76,96	0,724	0,024	-	116,445
- bacia	0,48	0,82	0,03	49,80	0,718	0,023	0,122	114,373

• **Regressão Linear nº 02.2.34.4/4**

Elementos excluídos da regressão = 12: os da regressão anterior e mais os questionários 02002 e 02027.

Variáveis (por ordem de entrada)	Correlação (r ²)		Fator F		Equação de Regressão			
	Índiv.	acumul.	Índiv.	acumul.	a1	a2	a3	a0
- área (*)	0,84	0,84	173,00	173,00	0,084	-	-	21,604
- bacia	0,48	0,85	1,75	89,40	0,095	-1,007	-	29,315

— funcionário, associados, frequentador, aluno, vaga, internação, atendimento, hóspede = número de pessoas,
— produção, capacidade = kg de roupa lavada/mês, ou número de veículos lavados/mês,

— merenda = número de refeições escolares servidas/mês;

c) coeficiente de correlação linear múltipla (r²). Este coeficiente mede o poder explicativo do modelo que está sendo testado;

d) estatística F, que testa a existência de regressão utilizando a análise de variância;

tência de regressão utilizando a análise de variância;

e) equação de regressão:

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_kX_k + a_0$$

onde: a_i = 1 ... k, coeficientes angulares das retas relativas à 1.^a, 2.^a, ... k.^a variáveis X_i que entram na regressão, respectivamente. As unidades são em m³/mês x (inverso da unidade variável), já que os consumos entraram em m³/mês.

Y = valores da variável dependente, consumo, m³/mês.

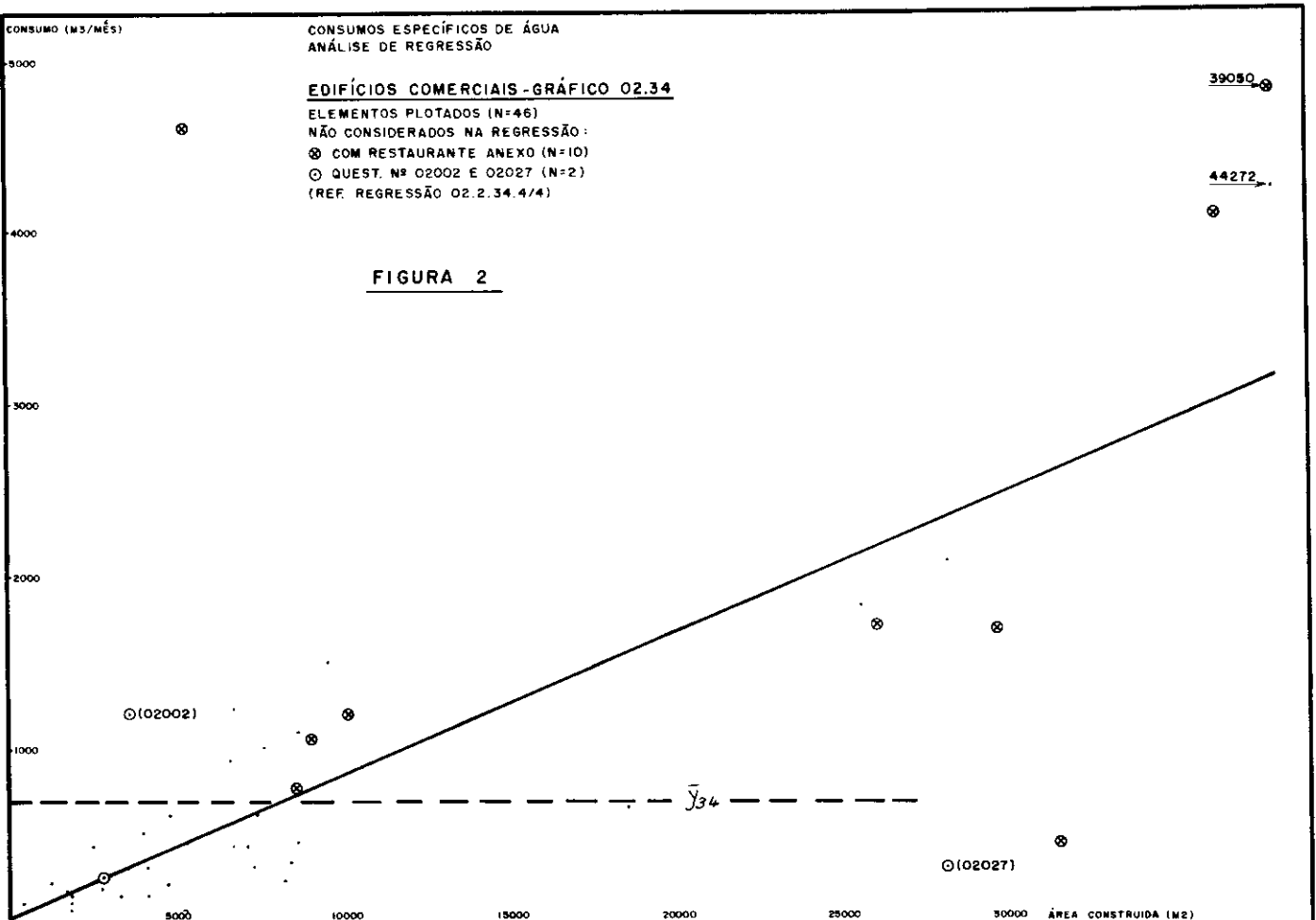
Assim, por exemplo, a equação de regressão relativa às três primeiras variáveis que entraram no processamento número 01.10.60.1/4 (clubes esportivos) é a seguinte:

$$Y (\text{consumo, m}^3/\text{mês}) = 1,142 \times (\text{piscina, m}^3) + 40,474 \times (\text{n.º de chuveiros}) - 0,044 \times (\text{área construída, m}^2) - 147,209.$$

Para cada tipo de consumidor, a melhor regressão, em termos estatísticos é a que resultou no maior valor de r², já que, também para ela, o nível de F (acumulado) corresponde a significância muito próxima de zero ou seja, é praticamente nulo o risco de se estar aceitando a existência de regressão quando ela de fato não exista.

5.3. Limites para aceitação dos resultados

Os resultados das regressões devem ser analisados em função da na-



Quadro 11 — Determinação de consumos específicos — Análise de regressão dos dados levantados na pesquisa de campo

(08) HOTÉIS

Nº de elementos da amostra:

- 5 e 4 estrelas = 10
- 3 e 2 estrelas = 12
- 1 e restantes = 16
- T o t a l** **38**

• Regressão linear nº 08.7.16.1/5

Elementos excluídos da regressão = 2: que tem consumo superior a 6.000 m³/mês.

Variáveis (por ordem de entrada)	Correlação (r ²)		Fator F		Equação de regressão			
	Indiv.	Acumul.	Indiv.	Acumul.	a ₁	a ₂	a ₃	a ₀
- banheiro	0,92	0,92	395,92	395,92	13,738	-	-	- 74,831
- chuveiro	0,87	0,94	12,87	273,54	29,839	-13,083	-	-185,506
- hospede	0,84	0,96	12,37	249,32	27,732	-14,655	0,168	-206,977
- Área, bacia, leite e func. hora								

• Regressão linear nº 08.5.13.2/5

Elementos excluídos da regressão = 25: categorias 2 e 1 estrelas e restantes e consumo superior a 6.000 m³/mês.

- banheiro	0,92	0,92	122,42	122,42	12,277	-	-	246,544
- bacia	0,86	0,97	13,92	140,08	36,620	-18,567	-	- 61,624
- leite	0,91	0,98	3,85	121,29	31,427	-19,591	3,170	3,587
- funcionário hora e hospede.								

• Regressão linear nº 08.5.22.3/5

Elementos excluídos da regressão = 16: categorias 3, 4 e 5 estrelas e consumo superior a 6.000 m³/mês.

- leite	0,80	0,80	82,48	82,48	4,607	-	-	-38,047
- bacia	0,78	0,85	5,61	53,56	2,736	3,621	-	-43,462
- banheiro	0,74	0,88	4,69	44,21	2,540	21,752	-18,843	-36,845
- hospede e funcionário hora.								

• Regressão linear nº 08.2.12.4/5

Elementos excluídos da regressão = 26: categorias 2 e 1 estrelas e restantes e mais os questionários nºs. 08002, 08004, 08005 e 08013

- banheiro (*)	0,93	0,93	136,89	136,89	11,714	-	-	358,957
- leite	0,93	0,94	1,24	70,74	6,390	2,576	-	428,619

• Regressão linear nº 08.2.22.5/5

Elementos excluídos da regressão = 16: categorias 3, 4 e 5 estrelas e mais os questionários nºs 08002, 08005, 08013

- leite (**)	0,80	0,80	82,48	82,48	4,607	-	-	-38,047
- banheiro (*)	0,74	0,84	3,73	48,74	3,074	3,150	-	-43,685

tureza das variáveis que foram manipuladas e dos objetivos do trabalho. A proposição de resultados não se limitou à solução do problema estatístico.

O valor mínimo de r² foi estabelecido de forma que assegure vantagens dos modelos propostos em relação aos critérios atuais de estimativa de consumos. Uma definição realista para r², associada a níveis coerentes de significância para os parâmetros de regressão, dará segurança na ampliação dos referidos modelos.

Além desse enfoque, as proposições atendem à questão da praticabilidade. São simples de operar e exigem do usuário informações fáceis. Houve o cuidado na escolha final das variáveis cujas correlações com o consumo foram testadas.

Assim sendo, as proposições finais estão garantidas pelas seguintes condições de contorno:

- correlação positiva e com r > 0,80 (r² > 0,64),
- o risco de rejeição da influência de uma variável sobre o consumo, quando ela não existe, é inferior a 50%. Quando a regressão apresenta para a parcela constante (a₀), significância maior que 0,50, assumiu-se a hipótese a₀ = 0, calculando-se a regressão passando pela origem,
- significância do fator F (acumulado) praticamente igual a zero,

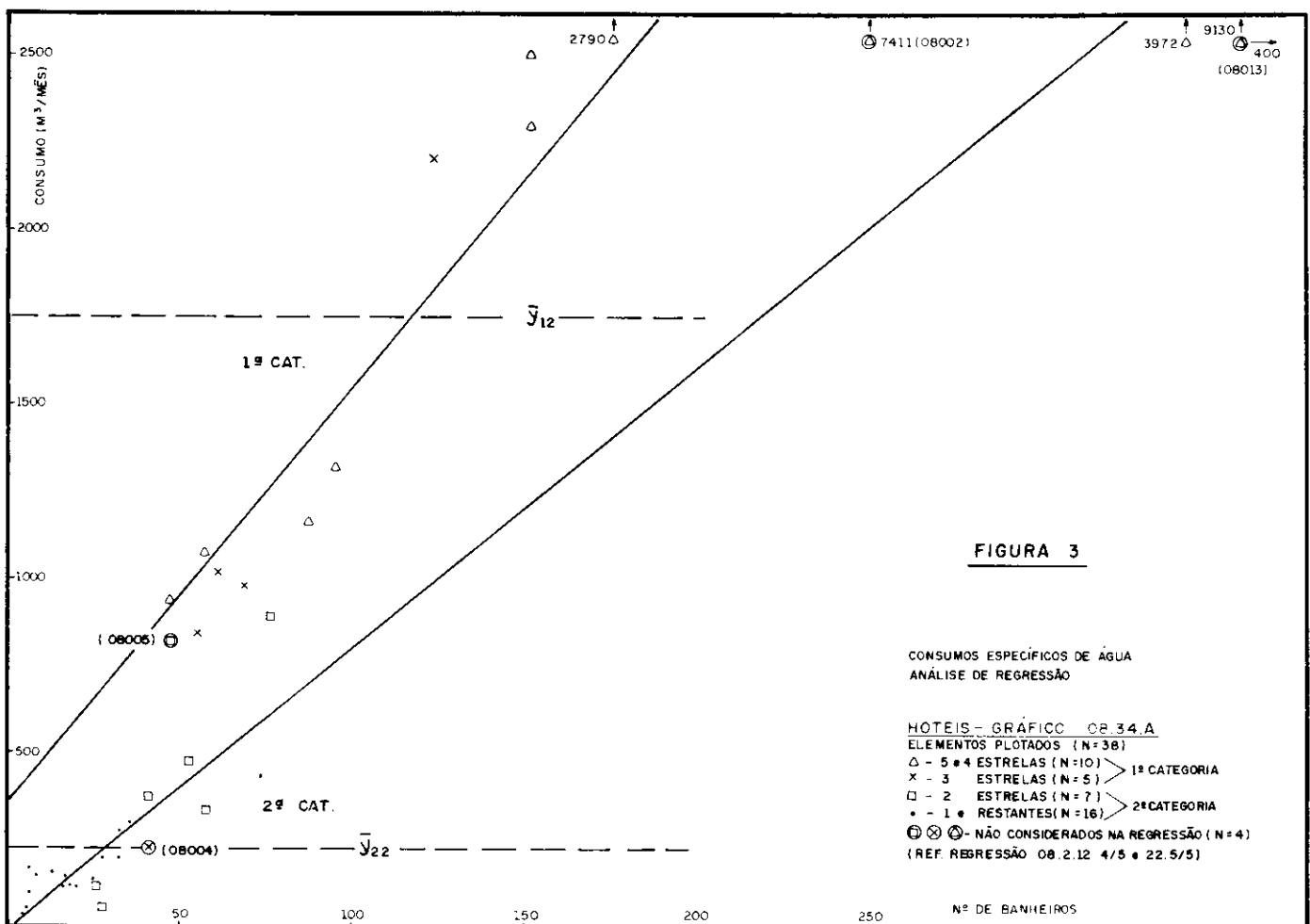


FIGURA 3

CONSUMOS ESPECÍFICOS DE ÁGUA
ANÁLISE DE REGRESSÃO

HOTÉIS - GRÁFICO 08.34.A

ELEMENTOS PLOTADOS (N=38)

△ - 5 e 4 ESTRELAS (N=10)

× - 3 ESTRELAS (N=5)

□ - 2 ESTRELAS (N=7)

• - 1 e RESTANTES (N=16)

⊗ ⊙ ⊖ - NÃO CONSIDERADOS NA REGRESSÃO (N=4)

(REF. REGRESSÃO 08.2.12.4/5 e 22.5/5)

Quadro 12 — Determinação de consumos específicos — Análise de regressão dos dados levantados na pesquisa de campo

(11) POSTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS

Nº de elementos da amostra = 91

● **Regressão linear nº 11.5.78.1/4**

Elementos excluídos da regressão = 13: postos com lavagem automática e com consumo inferior a 30 m³/mês.

Variáveis (por ordem de entrada)	Correlação (r2)		Fator F		Equação de regressão			
	Indiv.	acumul.	Indiv.	acumul.	a1	a2	a3	a4
- func. hora	0,19	0,19	18,12	18,12	1,450	-	-	48,185
- pátio	0,07	0,21	1,87	10,10	1,311	0,507	-	30,886
- capacidade	0,02	0,21	0,07	6,67	1,342	0,051	-0,008	32,291
- área								

● **Regressão linear nº 11.5.57.2/4**

Elementos excluídos da regressão = 34: todos os anteriores e mais os que tem fonte própria.

Variáveis (por ordem de entrada)	Correlação (r2)		Fator F		Equação de regressão			
	Indiv.	acumul.	Indiv.	acumul.	a1	a2	a3	a4
- func. hora	0,24	0,24	17,81	17,81	1,588	-	-	39,342
- área	0,05	0,25	0,59	9,14	1,504	0,064	-	31,337
- capacidade	0,02	0,26	0,19	6,06	1,587	0,059	-0,015	33,296
- produção								

● **Regressão mono-log nº 11.L5.87.3/4**

Elementos excluídos da regressão = 4: postos com lavagem automática.

Variáveis (por ordem de entrada)	Correlação (r2)		Fator F		Equação de regressão			
	Indiv.	acumul.	Indiv.	acumul.	a1	a2	a3	a4
- produção	0,08	0,08	7,10	7,10	0,001	-	-	4,352
- func. hora	0,07	0,10	2,50	4,86	0,001	0,005	-	4,068
- capacidade	0,01	0,15	4,26	4,79	0,001	0,006	0,000	4,150
- pátio e área.								

● **Regressão bi-log nº 11.LL5.87.4/4**

Elementos excluídos da regressão = 4: postos com lavagem automática.

Variáveis (por ordem de entrada)	Correlação (r2)		Fator F		Equação de regressão			
	Indiv.	acumul.	Indiv.	acumul.	a1	a2	a3	a4
- Ln produção	0,12	0,12	11,89	11,89	0,379	-	-	2,777
- Ln capacidade	0,00	0,15	3,26	7,73	0,445	-0,218	-	3,745
- Ln Func.hora	0,06	0,19	3,12	6,33	0,372	-0,283	0,398	2,793
- Ln área e Ln pátio.								

- modelos com um máximo de três variáveis independentes cada um, as quais atendem a requisito de praticabilidade, já referido.

5.4. Proposição dos modelos

A análise dos resultados das regressões e as limitações estabelecidas permitiram concluir as seguintes proposições:

- Postos de lavagem de veículos Para este tipo de consumidor não se obteve modelo satisfatório que possa ser recomendado para a estimativa de consumo de água. Os postos de lavagem foram testados quatro vezes, incluindo duas regressões de modelo linearizados em escalas mono e bilogarítmica. O gráfico n.º 11.91 (Fig. 4), relacionando consumo e funcionário x hora/dia (a melhor variável) mostra o alto nível de dispersão que há entre os pontos testados. Na verdade este tipo de estabelecimento, no qual a lavagem de veículos não é a única nem a principal atividade, onde não há controle e nem medição do consumo de água para lavagem de veículo, as possibilidades de se obter um modelo satisfatório de estimativa de consumo são, efetivamente, remotas.

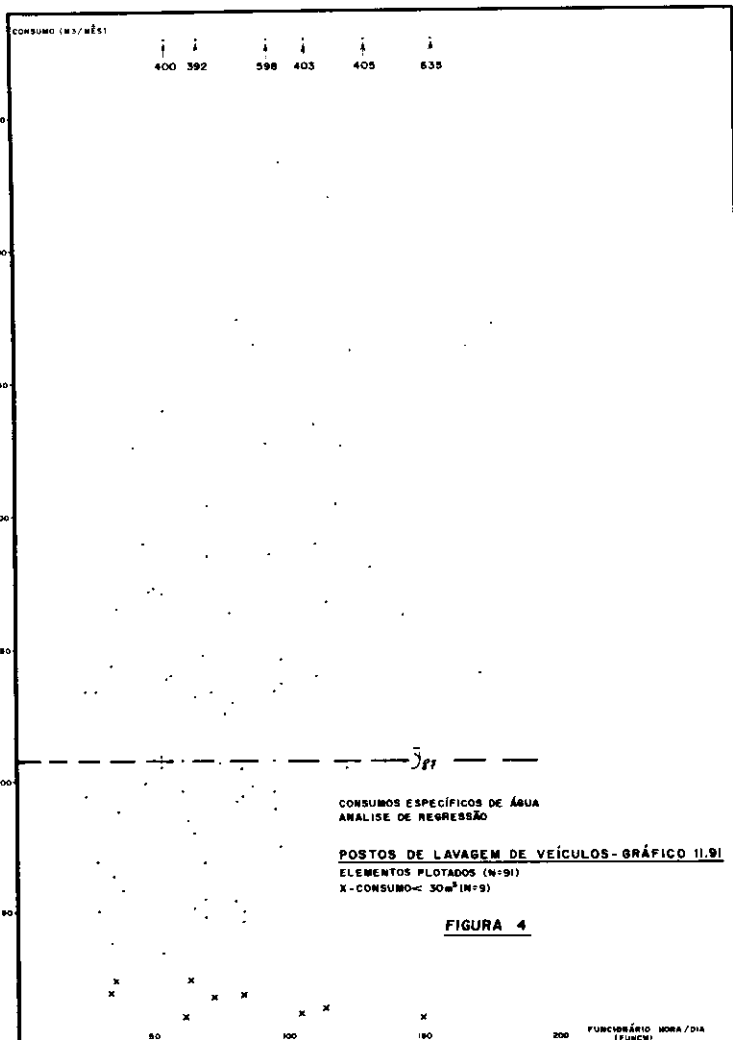
Em contraposição a tal insucesso, verifica-se que o consumo médio da amostra de postos de lavagem de veículos, representativa de 2.003 estabelecimentos na cidade de São Paulo, é apenas 108 m³/mês. Esse fato recomenda que os postos de lavagem de veículos sejam tratados como consumidores mínimos, sem significado para efeito de dimensionamento das ligações de água.

- Também para as lavanderias domésticas não se obteve modelo satisfatório que possa ser recomendado. São pequenos consumidores, tendo em vista a média de 38 m³/mês obtida na amostra representativa de um universo de 1.870 estabelecimentos.

Esse fato ensejou uma pesquisa adicional de lavanderias de grande porte, do tipo industrial para os quais se alcançou resultado bastante aceitável.

- Para todos os demais tipos de consumidor se obtiveram modelos estimadores de consumo de água estatisticamente confiáveis, alguns com elevados índices de correlação entre as variáveis. É, por exemplo, o caso dos prédios de apartamento, tipo de estabelecimento de maior significado como consumidor de água dentre os pesquisados no presente trabalho.

Os modelos finais propostos estão resumidos no Quadro 14.



Quadro 13 — Determinação de consumos específicos — Análise de regressão dos dados levantados na pesquisa de campo

(01) CLUBES ESPORTIVOS

Nº de elementos de amostra:

- associados ao CRD : 85
 - controlados pela PMSP : 11
T o t a l : 96

• Regressão linear nº 01.10.60.1/4

Elementos excluídos da regressão = 36: que não tem quadra esportiva e nem piscina; com menos de 5 chuveiros.

Variáveis (por ordem de entrada)	Correlação (r ²)		Fator F		Equação de Regressão			
	indiv.	acumul.	indiv.	acumul.	a1	a2	a3	a0
- piscina	0,46	0,46	50,28	50,28	1,648	-	-	302,706
- chuveiro	0,39	0,51	5,64	29,97	1,145	24,468	-	- 39,704
- área	0,17	0,54	2,70	21,48	1,142	40,474	-0,044	-147,209

- jardim, bacia, frequência, associado, funcionário hora (funch), quadra e pátio.

• Regressão linear nº 01.3.35.2/4

Elementos excluídos da regressão = 61: todos os anteriores, mais os que tem fonte própria e mais os seguintes: 01010, 011, 025, 041, 054 e 108.

- chuveiro	0,67	0,67	66,47	66,47	30,008	-	-	-40,932
- área	0,08	0,73	7,21	43,09	36,733	-0,014	-	-94,517
- func. hora	0,23	0,75	2,99	31,51	42,473	-0,013	-0,372	-94,795

• Regressão linear nº 01.2.35.3/4

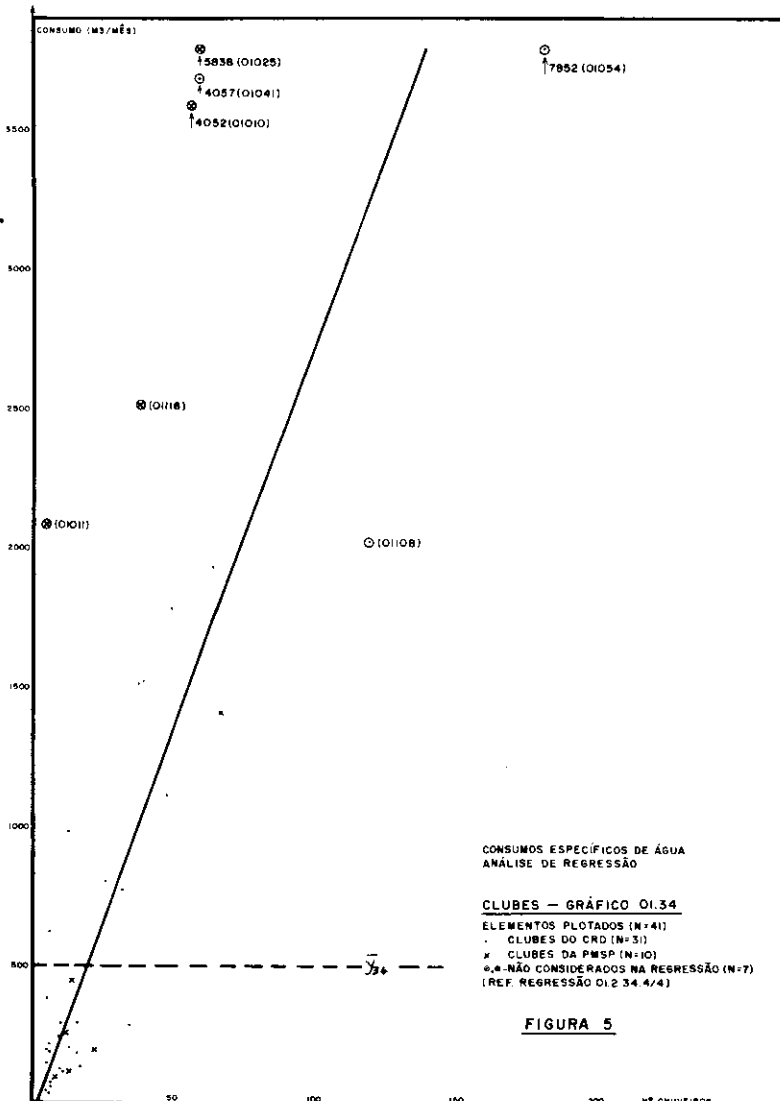
Elementos excluídos da regressão = 61: todos os anteriores.

- chuveiro	0,67	0,67	66,47	66,47	30,008	-	-	-40,932
- func. hora	0,23	0,70	2,89	36,58	36,379	-0,400	-	-42,919

• Regressão linear nº 01.2.34.4/4

Elementos excluídos da regressão = 62: todos os anteriores e mais o de nº 01116.

- chuveiro (*)	0,74	0,74	92,69	92,69	27,267	-	-	-29,338
- func. hora	0,34	0,75	0,87	46,59	30,209	-0,176	-	-30,771



Quadro 14 — Tabela para determinação de consumos específicos

Tipo de Consumidor	Consumo (m ³ /mês)
Clubes Esportivos (1)	(26 x nº chuveiros)
Edifícios Comerciais (2)	(0,08 x área construída)
Escolas - Pré, 1º e 2º Graus	(0,05 x área construída) + (0,1 x nº de vagas) + (0,7 x nº de funcionários) + 20
Escolas de Nível Superior	(0,03 x área construída) + (0,7 x nº de funcionários) + (0,8 x nº de bacias) + 50
Creches	(3,8 x nº de funcionários) + 10
Hospitais	(2,9 x nº de funcionários) + (11,8 x nº de bacias) + (2,5 x nº de leitos) + 280
Pronto-Socorros (3)	(10 x nº de funcionários) - 70
Hotéis de 1ª Categoria (4)	(6,4 x nº de banheiros) + (2,6 x nº de leitos) + 400
Hotéis de 2ª Categoria (5)	(3,1 x nº de banheiros) + (3,1 x nº de leitos) - 40
Motéis	(0,35 x área construída)
Lavanderias Industriais	(0,02 x kg de roupa/mês)
Prédios de Apartamentos	(6 x nº de banheiros) + (3 x nº de dormitórios) + (0,01 x área construída) + 30
Restaurantes	(7,5 x nº de funcionários) + (8,4 x nº de bacias)

- (1) - estabelecimentos com quadra esportiva e/ou piscina e pelo menos 5 chuveiros
 (2) - estabelecimentos sem instalações de restaurantes e/ou lanchonete
 (3) - estabelecimentos com mais de 20 funcionários
 (4) - estabelecimentos de categoria média e acima (5, 4 e 3 estrelas)
 (5) - estabelecimentos de categoria abaixo da média

5.5. Comparação com os modelos atuais

Os modelos propostos são, para as variáveis consideradas neste estudo e para as condições de contorno estabelecidas anteriormente, os mais precisos e práticos estimadores de consumo de água de cada tipo de estabelecimento. Não há outros modelos que, utilizando as variáveis levantadas na pesquisa, possam gerar resultados mais próximos dos consumos medidos (tomados como reais) do que os dos modelos propostos.

Mesmo assim, convém confrontar os desvios das estimativas dos novos modelos com os daqueles atualmente utilizados cujas variáveis também foram levantadas pela pesquisa, e que são:

Tipo de Consumidor	Consumo (l/24 h)
Hotéis (sem cozinha e sem lavanderias)	120/mépede
Hospitais	250/leito
Escolas-externato	50/capita
Prédios de apartamento	400/dom. família + 200/dom. empregada
Restaurantes	25/refeição
Lavanderias	30/kg de roupa
Creches	30/capita
Escritórios	200/W/C

A avaliação de tais desvios é dada pelo indicador:

$$SR = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

onde: n = número de casos ou observações que entraram na regressão

Y_i = consumo medido de cada elemento.

\hat{Y}_i = consumo estimado pelo modelo, aplicado a cada elemento.

SR = somatória dos desvios, ou valores residuais, ao quadrado.

O confronto entre as duas estimativas pode ser dado pela relação:

$$S = \sqrt{\frac{SR(\text{modelo existente})}{SR(\text{modelo proposto})}}$$

que indica a sensibilidade do modelo proposto em relação ao atual, ou seja, mostra a proporção entre os desvios dos dois modelos. A análise não indica o sentido dos desvios, isto é, se os valores de consumo estimados pelos modelos são maiores ou menores que os reais (medidos). Mesmo porque os modelos propostos geram estima-

tivas cujos desvios têm somas algébricas bem próximas de zero. A reta de regressão, ou reta dos mínimos quadrados, pode ser entendida como a reta média dos pontos do experimento.

Os valores de S explicam, por exemplo, que para os prédios de apartamento, os desvios das estimativas do modelo atual são, em média, 3,6 vezes maiores que os do modelo proposto, para os mesmos elementos observados, em número de 47, conforme tabela acima. E assim por diante, para os demais tipos de consumidor. Finalmente, os valores de S sugerem que os modelos existentes, especialmente para hotéis, escolas, restaurantes e creches, são totalmente inadequados como estimadores de consumo de água.

Tipo de Consumidor (*)	N.º de Elementos	Valor de S
Hotéis de 2ª categoria	22	36,4
Hospitais	45	2,8
Escolas pré, 1.º e 2.º graus	31	53,8
Prédios de apartamento	47	3,6
Restaurantes	38	90,0
Lavanderias industriais	7	3,7
Creches	16	7,7
Edifícios comerciais	34	1,9

(*) Identificados pelas novas nomenclaturas.