METODOLOGIA PARA A CARACTERIZAÇÃO DE CAPITAÇÕES DOMÉSTICAS

Luis Castro Pinheiro [1], Dália Loureiro [2], Dídia Covas [3], Helena Alegre [4], Ilídia Pinheiro [5], Nuno Medeiros[6], João Mugeiro [7], Luis Branco[8]

[1]*Aluno de Mestrado, Instituto Superior Técnico, lcasp@netcabo.pt,*

[2]*Bolseira de doutoramento, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, dloureiro@lnec.pt,*

[3] *Professora Auxiliar, Instituto Superior Técnico, didia.covas@civil.ist.utl.pt ,*

[4] *Investigadora principal, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, halegre@lnec.pt,*

[5] *Assistente de Investigação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, ipinheiro@lnec.pt*

[6] *Responsável pela Unidade de assistência local, Empresa Portuguesa de Águas Livres S.A., nunomed@EPAL .pt,*

[7] *Responsável pelo Departamento de clientes directos, Empresa Portuguesa de Águas Livres S.A., jmugeiro@EPAL.pt*

[8] *Director da Área de Negócio da Distribuição, Empresa Portuguesa de Águas Livres S.A., luisbran@EPAL.pt*

Palavras-Chave: capitação, consumo doméstico, sistemas de distribuição de água

Resumo

O objectivo principal desta comunicação consiste na apresentação de uma metodologia para a caracterização de capitações domésticas em sistemas de distribuição de água. A metodologia é constituída por três partes. A primeira parte consiste na identificação e sistematização das principais variáveis que permitem caracterizar as capitações domésticos (e.g., características socio-demográficas da população, técnico-hidráulicas da rede, do edificado, do clima). Na segunda parte, procede-se ao levantamento dos dados necessários para a quantificação das variáveis identificadas e dos consumos facturados, através da elaboração de inquéritos e da consulta de dados de facturação. Na terceira parte, é efectuada uma análise das características mais relevantes para a caracterização de consumos e do tipo de relação existente entre estas e os consumos domésticos. Como caso de estudo, será analisada uma amostra com 315 consumidores domésticos, residentes em Lisboa, cujos consumos diários foram adquiridos por telemetria. O projecto encontra-se em desenvolvimento, apresentado-se nesta comunicação os principais resultados e conclusões até à data.

1. Introdução

Os sistemas de abastecimento de água são construídos e operados para fornecer água aos consumidores. Um conhecimento preciso sobre os consumos que ocorrem numa rede é crucial para o planeamento, dimensionamento e operação dos sistemas de distribuição de água. Limitações tecnológicas e económicas têm impossibilitado que este nível de conhecimento seja atingido com suficiente detalhe e qualidade (Coelho *et al*., 2006).

O consumo de cada cliente é tradicionalmente medido, ou estimado, mensal, bimestral ou semestralmente, tendo como única finalidade a facturação. O baixo grau de pormenor é suficiente para o cumprimento do seu objectivo primário, mas não para utilizações de engenharia que necessitem de conhecer com maior discretização a distribuição espacial e o comportamento temporal dos consumos (e.g., padrões de consumo).

Devido ao elevado número de clientes nas entidades gestoras, a leitura de contadores só é possível se forem adoptados sistemas de telemetria ou de "*datalogging*". Contudo, até hoje, a telemetria era apenas adquirida para medição de grandes consumidores e de caudais de rede, cujos volumes consumidos justificam um mais elevado investimento em equipamento de medição.

Recentes avanços tecnológicos, particularmente na área das comunicações móveis, vieram reduzir consideravelmente os custos de implementação de sistemas de telemetria domiciliária. A expansão emergente destes sistemas, para além de uma facturação mais eficiente, fornecerá um conhecimento detalhado sem precedentes e oportunidades ainda não exploradas, com uma base flexível e sistemática. Os dados de telemetria podem ser utilizados no controlo e operação da rede por exemplo no controlo de perdas de água, no planeamento e dimensionamento de novas redes ou expansão das existentes (e.g., através de um melhor conhecimento de padrões de consumo e factores de ponta) e na facturação (e.g., facturação mais detalhada e flexível). Igualmente, oferecem a possibilidade da criação de novas áreas de negócio, através da implementação de serviços adicionais aos clientes (e.g., facturação detalhada, alertas sobre aumentos súbitos de consumo). No entanto, a gestão adequada e a análise estatística do grande volume de dados que é gerado é fundamental para a obtenção de informação útil.

O objectivo principal do trabalho de investigação apresentado consiste na identificação e análise dos factores mais relevantes para a caracterização dos consumos domésticos em sistemas de distribuição de água e apresentação de uma metodologia para a sua caracterização (Alegre e Coelho, 1993; Loureiro *et al*., 2006). Entre estes factores salientam-se as características socio-demográficas da população, técnico-hidráulicas da rede e da tipologia do edificado. Como caso de estudo, está a ser analisada uma amostra de 315 consumidores domésticos, residentes na zona de Lisboa.

Este trabalho encontra-se ainda em fase de desenvolvimento (Pinheiro, 2007) e integra-se no projecto de investigação "Utilização de dados da telemetria domiciliária na gestão de sistemas de distribuição de água", co-financiado pela FCT, coordenado pelo LNEC, com a participação EPAL, S.A., actualmente em curso (2005-2008).

2. Caracterização do consumo domiciliário (Estado da arte)

O consumo domiciliário é um processo estocástico (conjunto de variáveis aleatórias que variam no tempo e no espaço), caracterizado por usos intermitentes de duração relativamente curta (Butler e Graham, 1995), podendo resultar de usos em espaços interiores (e.g., autoclismos, lavagem da roupa, louça, duches) e em espaços exteriores (e.g., rega). Este consumo depende, em primeiro lugar, do tipo de habitação e da sua ocupação (permanente ou temporária; com ou sem logradouro), do número de habitantes, da estrutura familiar, da idade e do clima (Alegre *et al.*, 1992).

De entre as principais limitações dos estudos existentes ao nível domiciliário refira-se a reduzida dimensão das amostras, quer em termos do número de consumidores estudado, quer em termos do período de análise, o que tem condicionado as técnicas de modelação e os resultados obtidos (Buchberger e Wu, 1995; Jankovic-Nisic *et al*., 2005; Arregui, 1998).

Alegre *et al.* (1992) combinaram consumos domésticos mensais, dados sócio-demográficos e dados sobre o sobre o edificado de forma a caracterizar os diferentes comportamentos dos consumidores.

Jankovic-Nisic *et al*. (2005) associaram a telemetria domiciliária aos dados recolhido na monitorização da rede de distribuição para estabelecer uma metodologia para o correcto estabelecimento de zonas de medição e controlo e instalação dos respectivos medidores de caudal.

Arregui (1998) analisou dados de consumo doméstico de modo a quantificar a quantidade de água não facturada aos consumidores devido a erros na leitura dos contadores. Esta análise foi efectuada em três edifícios durante um período de 21 dias. De acordo com o autor, um estudo sobre padrões de consumo doméstico seria importante para o correcto dimensionamento e selecção de contadores em função das características de consumo.

3. Recolha e processamento de dados de consumo

Como caso de estudo, está a ser analisada uma amostra de 315 consumidores domésticos, residentes no edifício das *Twin-Towers*, em Lisboa. Os dados diários de consumo estão a ser adquiridos através de sistemas de telemetria domiciliária instalados em baterias de contadores, ainda em fase experimental (Figura 1). Os dados estão a ser enviados para a unidade central da entidade gestora através de um sistema de telecomunicações via GSM. Este tipo de tecnologia ainda é de aplicação recente em sistemas de distribuição de água, mas permite fornecer informação mais detalhada quanto aos consumos e cuja utilização transcende o processo de facturação.

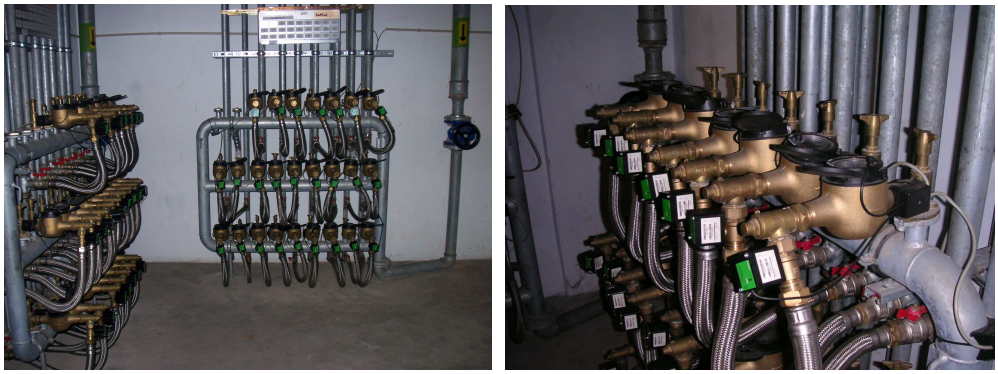

Figura 1. Contadores instaladas em bateria nos edifícios *Twin-Towers*.

A EPAL, S.A. disponibilizou os dados de consumo diário de todos os consumidores dos edifícios das T*win-Towers* (315 consumidores) cujas leituras foram efectuadas simultaneamente pelo sistema de telemetria e pelo sistema tradicional de leitura manual durante o período de 1 de Janeiro a 31 de Dezembro de 2006.

Estes dados foram disponibilizados em dois ficheiros. Um ficheiro contém as leituras diárias do consumo domiciliário obtido por telemetria contendo em cada linha o instante de leitura, o código do local de consumo (CLC) e o respectivo consumo acumulado. Um segundo ficheiro contém as características-base dos clientes e do edifício. Foi cruzada informação entre os dois ficheiros para que fossem identificados os clientes com o número de contador, andar, tipologia e o número de habitantes. Os dados foram organizados numa base de dados em MS®Excel e os consumos diários forma calculados (Quadro 1).

Quadro 1. Extracto de leituras de consumo diário obtidas por telemetria.

CLC / Data	4072294	4072295	4072296	4072297	4072298
01-09-2006	0	245	33	720	49
02-09-2006	145	84	47	770	1
03-09-2006	0	264	163	749	1
04-09-2006	100	411	34	712	0
05-09-2006	123	273	0	785	0

Depois de organizada a base de dados, procedeu-se ao processamento dos dados de consumo cuja metodologia se sintetiza nos pontos seguintes:

1. **Selecção de um período temporal para análise de dados de consumo** representativo e recente (uma vez que têm sido efectuados sucessivos ajustamentos ao sistema de telemetria instalado) e sem a ocorrência de períodos festivos com características atípicas de consumo. Seleccionou-se o período de 31/08/2006 a 30/11/2006.
2. **Identificação e preenchimento de falhas** nos registos diários de consumo obtidos por telemetria por interpolação linear no tempo para o período seleccionado.
3. **Eliminação dos consumidores não domésticos**, com base nas categorias de clientes fornecidas pela entidade gestora, **e de consumidores com consumos anómalos ou nulos**.
4. **Validação dos volumes diários de amostra** obtidos por telemetria por comparação com os volumes registados mensalmente pelos leitores-medidores ou através de auto-leituras. Esta validação foi efectuada para uma amostra aleatória de 5 contadores por edifício em cada um dos 6 edifícios das *Twin-Towers*, perfazendo um total de 30 contadores.

Dos 315 consumidores correspondentes à amostra inicial fornecida pela EPAL, S.A., depois de retirados os consumidores não domésticos e os consumidores com consumos anómalos ou nulos, foram considerados para análise 240 contadores.

4. Recolha e processamento de dados sócio-demográficos e técnicos

4.1 Metodologia

Paralelamente ao processamento dos dados de consumo, procedeu-se à recolha e tratamento dos dados socio-demográficos e técnicos relativos a cada consumidor dos edifícios das *Twin-Towers*. Para este efeito, adoptou-se a metodologia apresentada nos pontos seguintes:

1. Identificação de variáveis-base que caracterizam o consumo.
2. Estabelecimento do tipo de informação a recolher a partir de inquérito.
3. Elaboração do questionário.
4. Realização do inquérito.
5. Processamento dos dados recolhidos.

Apresenta-se nos subcapítulos seguintes a descrição detalhada dos pontos 1, 2 e 3, realizados até à data de redacção do presente artigo.

4.2 Identificação das Variáveis Base

Com vista ao estabelecimento de uma metodologia preliminar para identificação de relações entre o consumo e variáveis técnico-hidráulicas e sócio-demográficas, seleccionaram-se quatro variáveis-base a partir da informação fornecida pela EPAL, S.A.:

- o número de habitantes;
- a tipologia do apartamento;
- o número do piso;
- o número do edifício.

Estas variáveis-base foram agrupadas em classes que se apresentam no Quadro 2. O número de habitantes foi dividido em 4 categorias (1, 2, 3 e ≥4 habitantes). O mesmo foi efectuado para a tipologia e o andar, tendo sido a primeira variável dividida em T1, T2, T3, T4 e T5 e a segunda em patamares (A1, A2, A3 e A4) em função do piso (Quadro 2). Relativamente aos edifícios, de acordo com a informação fornecida pela EPAL, S.A., existem 6 edifícios distintos: os Edifícios I, II, III, IV, V e VI.

Quadro 2. Categorias das variáveis-base.

Variável Base	Categorias
Número de Habitantes	1 habitante; 2 habitantes; 3 habitantes ≥4 habitantes
Tipologia	T1, T2, T3, T4 e T5
Número do piso (patamar de pressão)	A1 (1º-5º andar); A2 (6º-10º andar) A3-(11º ao 15º andar) A4-(16º ao 26º andar)
Edifícios	Edifícios I, II, III, IV, V e VI

4.3 Estabelecimento do tipo de informação a recolher a partir de inquérito

Com base na revisão bibliográfica efectuada, sintetizam-se no Quadro 3 um conjunto de variáveis técnico-hidráulicas e sócio-demográficas potencialmente relacionadas com o consumo. O inquérito a realizar aos consumidores deverá ser concebido com base apenas nas variáveis aplicáveis ao caso em estudo.

Quadro 3. Síntese das variáveis técnico-hidráulicas e sócio-demográficas.

Grupo	Subgrupo	Discriminação do subgrupo
Agregado familiar	Agregado familiar	N.º de habitantes Existência de emprega doméstica
	Estrutura etária	
	Actividade profissional	N.º de habitantes desempregados N.º de habitantes reformados N de habitantes activos por sector de actividade N.º de habitantes estudantes
	Habilitações literárias	
	Rendimento familiar bruto anual	
Hábitos	Diário	N.º de duches e duração média, N.º de banhos de imersão N.º de casas de banho, N.º de *polibans*, N.º de banheiras
	Semanal	Tempo médio de permanência em casa N.º de vezes que pelo menos uma pessoa almoça/janta em casa N.º de lavagens de roupa e de louça Frequência e n.º médio de visitas
	Sazonal	N.º e duração dos períodos de férias
Alojamento	Tipologia do andar	
	Área	
Edifício	Tipo de edifício	Prédio, vivenda isolada, vivenda geminada
	Idade do edifício	
	Qualidade construtiva	
	Espaço ajardinado	Área Tipo de rega: gota-a-gota, aspersão, mangueira
	Piscina	Frequência de enchimento
	Comprimento do ramal após o contador até à rede predial	
	Reservatório domiciliário	
	Hidropressoras	Patamares de pressão
	Origem de abastecimento e usos	(e.g., rede pública, captações próprias)
Contador	Tipo de contador	
	Calibre	
	Classe metrológica	

4.4 Elaboração do Inquérito

O planeamento do inquérito foi efectuado atendendo às seguintes etapas:

- Concepção do questionário.
- Estabelecimento de contactos, com o apoio da EPAL, S.A., com os administradores dos condomínios, para acesso aos edifícios na fase de inquérito, obtenção de informação sobre o edifício e divulgação da nota explicativa.
- Divulgação de uma nota explicativa pelo prédio (elevadores, entradas), administração do condomínio e condóminos (com inquérito anexo para auto avaliação, como opção).
- Recolha dos inquéritos efectuados por auto-avaliação e realização de inquéritos, nos casos em que não foi possível a auto avaliação.

O inquérito encontra-se, actualmente em fase de realização, não tendo ainda sido processados os dados relativos às variáveis técnico-hidráulicas e sócio-demográficas.

5. Análise Exploratória

5.1 Metodologia

O objectivo da análise exploratória consiste na identificação das principais variáveis que caracterizam os consumos domésticos e do tipo de relação existente entre estas e os consumos domésticos. Para esse efeito, são calculadas estatísticas descritivas para os volumes diários e para as capitações. É efectuada uma análise em componentes principais para que sejam avaliadas as variáveis que melhor poderiam explicar o consumo. Será ainda elaborada uma análise de *clusters* para que se possam identificar e agrupar clientes com o intuído de se calcularem intervalos de confiança para a capitação. A metodologia adoptada para a análise exploratória dos consumos diários sintetiza-se de seguida:

1. **Cálculo de capitações**

   Cálculo das capitações diárias para os 90 dias do período de análise e para 240 clientes domésticos (seleccionados após processamento de dados), com base nos volumes diários e no n.º de habitantes inicialmente disponibilizado pela EPAL, S.A. e que será, posteriormente, validado através do inquérito.

2. **Cálculo de estatísticas descritivas das capitações diárias por consumidor**

   Cálculo de parâmetros estatísticos (média, desvio-padrão, mediana, percentil 25, percentil 75, máximo, mínimo, coeficiente de variação) das capitações diárias para os 240 clientes domésticos e para os três períodos semanais (dias úteis, sábados e domingos).

3. **Cálculo e análise de estatísticas descritivas da capitação média por categoria de consumidor**

   Para cada categoria associada ao n.º de habitantes e à tipologia, cálculo de um conjunto de parâmetros estatísticos da capitação média (média, a mediana, o desvio-padrão, o percentil 25, o percentil 75, o máximo, o mínimo e o coeficiente de variação) para três períodos semanais (dias úteis, sábados e domingos).

4. **Análise em componentes principais**

   Análise em componentes principais com o objectivo da identificação das variáveis que melhor explicam o consumo doméstico e como estas se relacionam entre si. Serão realizadas duas análises em componentes principais: uma para a capitação e outra para os consumos diários por habitação.

5. **Análise de *clusters***

   Análise de *clusters* com o objectivo de encontrar agrupamentos de acordo com as variáveis que melhor explicam o consumo doméstico diário. Esta análise deverá ser efectuada com os valores de consumos e das variáveis base normalizados. Serão analisados 3, 4 e 5 *clusters*. Esta análise ainda não foi efectuada à data.

6. **Identificação de consumidores atípicos**

   Consideram-se consumidores atípicos aqueles cujos coeficientes de variação sejam superiores a 1.5 simultaneamente para os dias úteis, sábados e domingos. Verificou-se que estes coeficientes correspondem a consumidores ausentes durante a maior parte do tempo, com consumos médios muito baixos. Nos casos em que os consumos apresentem coeficientes de variação inferiores a 1.5 em pelo menos um dos períodos em análise, consideraram-se os respectivos valores de consumo para análise. Foram identificados 3 consumidores, que correspondem a 1.25% da amostra de 240 consumidores /clientes.

Apresenta-se no subcapítulo seguinte o cálculo e análise das estatísticas descritivas da capitação média por categoria de consumidor.

5.2 Análise das estatísticas descritivas da capitação média por categoria

5.2.1 Variação da capitação média com o n.º de habitantes

Apresenta-se na Figura 2 a variação dos parâmetros estatísticos mais relevantes (a média, a mediana e os quartis 25 e 75) da capitação média diária com o n.º de habitantes. Esta análise foi efectuada para os três períodos semanais referidos e para os 240 consumidores. Verifica-se que:

- Os consumidores correspondentes à categoria de "1 habitante" apresentam os valores médios e as medianas da capitação média mais elevados (200-285 l/hab/dia), assim como a maior dispersão de valores de capitação média, associados a intervalos maiores os percentis 25 e 75 (150-100 l/hab/dia). Este comportamento indicia que, muito provavelmente, os consumidores desta categoria com capitações médias acima dos 250- 300 l/hab/dia têm mais do que 1 habitante, estando, portanto classificados na categoria errada.
- Os consumidores correspondentes às categorias de "2, 3 e ≥4 habitantes" apresentam valores característicos das capitações médias muito similares, sendo esta tendência mais acentuada para as classes de "2 e 3 habitantes".
- As capitações médias diminuem dos dias úteis para os sábados e para os domingos em qualquer das quatro categorias do nº. de habitantes. Por exemplo, a média para "1 habitante" diminui de 285 para 233 e para 226 l/hab/dia.
- Existe uma tendência para que a média das capitações médias diminua com o aumento do n.º de habitantes de 285, 160, 153 e 148 l/hab/dia, consoante seja 1, 2, 3 ou > 3 habitantes.

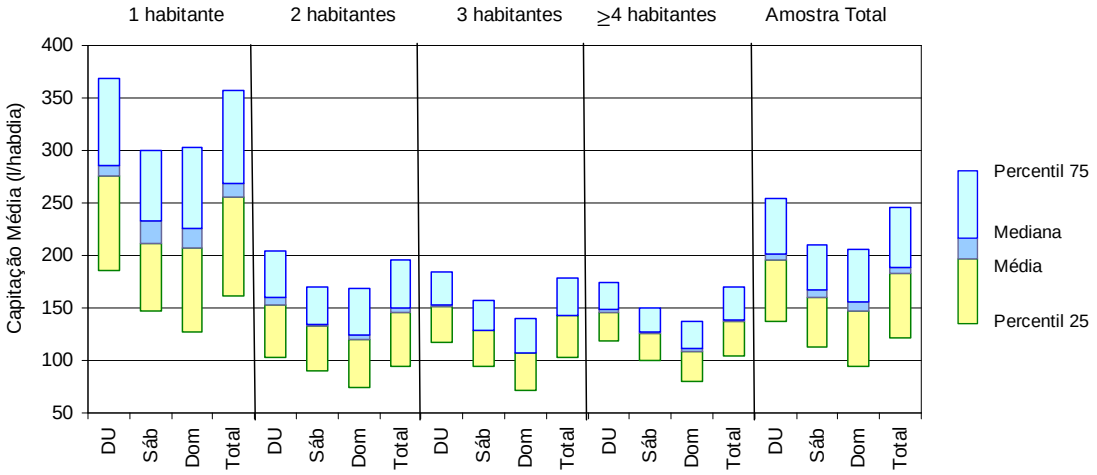

Figura 2. Variação dos parâmetros estatísticos (média, mediana e quartis 25 e 75) da capitação média com o n.º de habitantes e com os dias da semana.

Na Figura 3 apresentam-se os histogramas e os polígonos de frequência da capitação média para os dias úteis, assim como os polígonos de frequências de acumuladas. Para o efeito, foram definidas dez classes de valores de capitação (*cf.* Figura 3). As classes dominantes são: a classe [42, 89[para a categoria de "2 habitante" com cerca de 30% das ocorrências e a classe [89, 182[para as restantes categorias, com valores compreendidos entre 15 e 30% das ocorrências. A categoria de "1 habitante" é a única com um valor de ocorrências significativas de capitação (cerca de 12,5%) nas classes mais elevadas, entre [275, 368[.

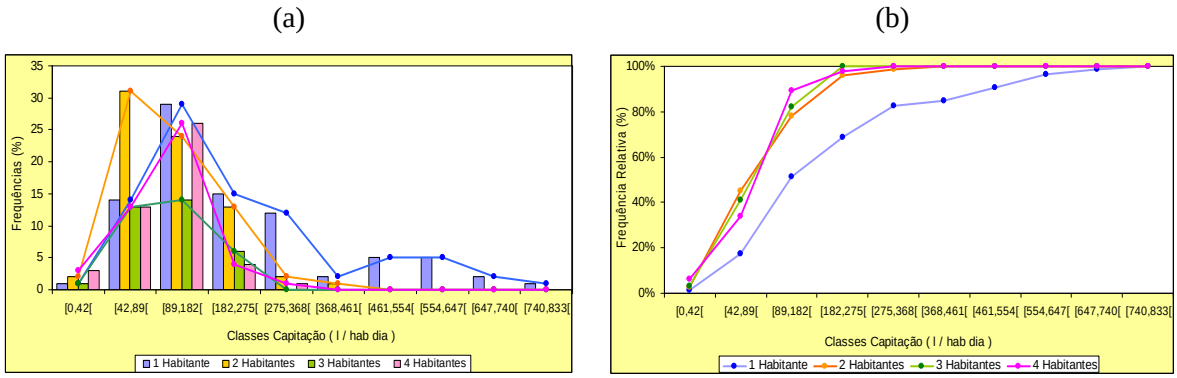

Figura 3. Capitação média para os dias úteis: (a) histogramas e polígonos de frequência e (b) polígono de frequências de acumuladas.

5.2.2 Variação da capitação média com a tipologia

Procedeu-se a uma análise similar à apresentada no subcapítulo anterior mas com o objectivo de estudar a variação das capitações médias com a tipologia dos consumidores. De acordo com a Figura 4 verifica-se que:

- Os consumidores correspondentes ao T5 apresentam os valores mais elevados das capitações médias e com maior dispersão.
- As capitações médias diminuem dos dias úteis para os sábados e para os domingos em qualquer das cinco categorias de tipologia.

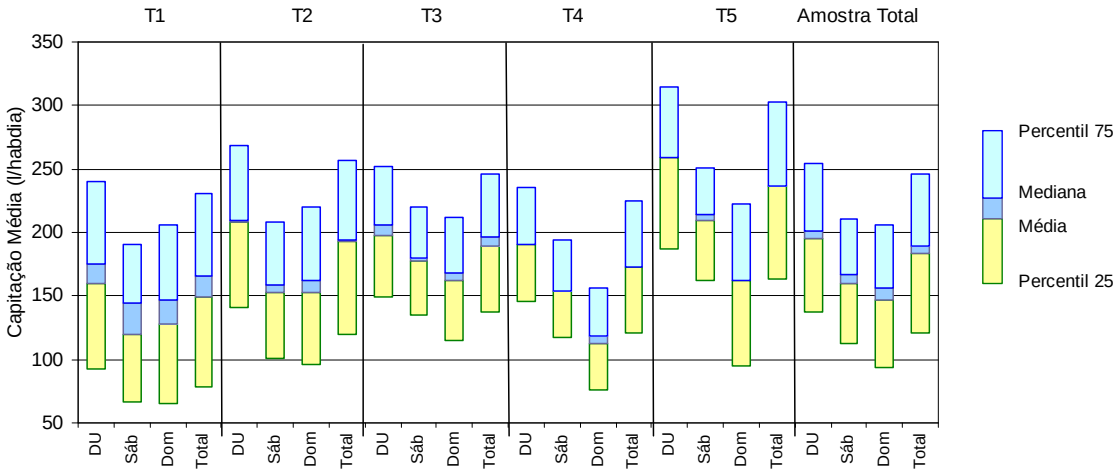

Figura 4. Variação dos parâmetros estatísticos (média, mediana e quartis 25 e 75) da capitação média com a tipologia dos consumidores e com os dias da semana.

5.2.3 Síntese

Apresenta-se na Figura 5 a variação da média da capitação média para os dias úteis com o n.º de habitantes e com a tipologia do consumidor. Verifica-se que:

- A média das capitações médias diminui com o aumento do nº. de habitantes de 285, 160, 153 e 148 l/hab/dia, consoante o n.º de habitantes seja 1, 2, 3 ou ≥4, para qualquer uma das tipologias – ver Figura 5(a) e(b).
- Os consumidores da categoria "1 habitante" apresentam os valores médios da capitação média mais elevados. Estes valores são tanto mais elevados quanto maior for a categoria da tipologia (aumentam do T1 para o T5) – ver Figura 5(b).
- Os consumidores com as tipologias T3 e T4 apresentam valores médios de capitação média muito similares para todas as categorias do n.º de habitantes, à excepção da de "1 habitante" – ver Figura 5(b). Estes valores médios são da ordem dos 160 a 175 l/hab/dia.

(a) (b)

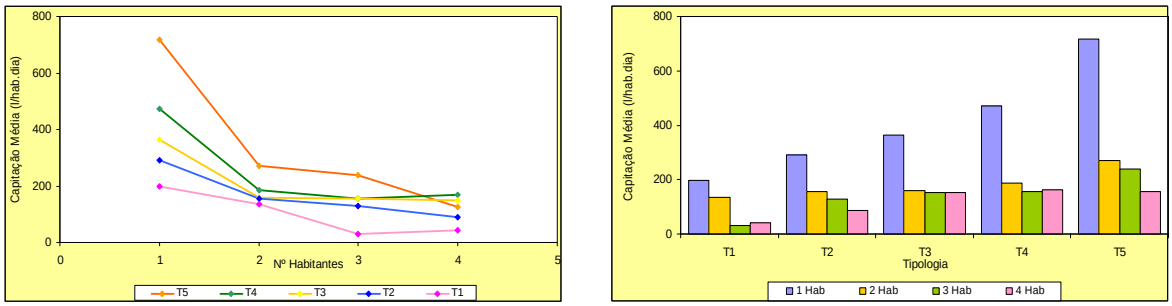

Figura 5. A média das capitações médias (l/hab/dia) para os dias úteis em função (a) do n.º de habitantes e (b) da tipologia.

6. Conclusões

Na presente comunicação, apresentou-se a aplicação de uma metodologia para a caracterização de capitações domésticas em sistemas de distribuição de água a uma amostra de 240 consumidores da zona de Lisboa, cujos consumos foram adquiridos por telemetria. Descreveram-se as principais fases da metodologia desenvolvidas até à data: recolha e processamento de dados de consumo, recolha e processamento de dados sócio-demográficos e técnicos, e análise exploratória de dados. O estudo encontra-se ainda em fase de desenvolvimento, tendo-se apresentado as principais fases já realizadas até à data, assim como as conclusões mais relevantes relativamente à variação da capitação média com a tipologia e nº. de habitantes dos consumidores.

A análise das capitações domésticas permite apoiar a entidade gestora em diversas áreas de intervenção, nomeadamente na área de clientes (e.g., implementação de serviços adicionais aos clientes, aplicação de tarifários mais adequados à facturação e gestão de consumos, e aferição de escalões de consumo), na área de projecto (e.g., cálculo de factores de ponta diária, importante para a gestão de volumes de reserva e para o pré-dimensionamento de condutas redes de distribuição de água) e na área de operação (e.g., emissão de alertas sobre roturas, consumos máximos e avarias).

7. Agradecimentos

A presente comunicação foi elaborada no âmbito do projecto POCI/ECM/60917/2004, co-financiado pela FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia (Portugal) tendo os investimentos nos equipamentos e instalações sido assegurados pela EPAL,SA.

8. Referências bibliográficas

Alegre, H., and Coelho, S. T. (1993). "A methodology for the characterisation of water consumption." Integrated computer applications in water supply Research Studies Press Ld., UK, 369-384.

Alegre, H., Machado, P., Craveiro, J., e Coelho, S. T. (1992) - "Caracterização dos consumosdomésticos de água na cidade de Lisboa, estudo realizado para a EPAL." Relatório 197/92, LNEC, Lisboa.

Arregui, F. (1998) - "Propuesta de una metodologia para el analysis y gestion del parque de contadores gua en un abastecimento," PhD thesis, Polytechnical University of Valencia, Spain.

Buchberger, S., e Wu, L. (1995) - "Model for instantaneous residential water demands." *Journal of* Hydraulic Engineering, 121(3), 232-246.

Butler, D., e Graham, N. J. D. (1995) - "Modeling dry weather wastewater flow in sewer networks." Journal of Environmental Engineering, 121 (2), 161-173.

Coelho, S.T., Loureiro, D., Alegre, H. (2006). "Modelação e Análise de Sistemas de abastecimento de Água" Série Guias Técnicos n.º 4, IRAR.

Edwards, K. e Martin, L. (1995). "A methodology for surveying domestic water consumption", Journal of the Chartered Intitution of Water and Enviromental Management, 9, 477 – 488.

Jankovic-Nisic, B., Maksimovic, C., Butler, D., e Graham, N. J. D. (2005) - "Use of flow meters for managing water supply networks." Journal of Water Resources Planning and Management, 130(2), 171-179.

Loureiro, D., Coelho, S. T., Machado, P., Santos, A., Alegre, H., and Covas, D. (2006). "Profiling residential water consumption." 8th Annual International Symposium on Water Distribution Systems Analysis, Cincinnati, Ohio, E.U.A., 27-30 de Agosto.

Pinheiro, L.C. (2007). "Análise socio-demográfica para a caracterização de consumos domésticos em sistemas de distribuição de água". Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa (*em desenvolvimento*).