



**ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS**



**ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

I SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

SISTEMAS DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA  
IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO DO SISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA AO CONCELHO DE CASCAIS

EDUARDO RIBEIRO DE SOUSA

Doutor em Eng<sup>a</sup> Civil, Prof. do IST, Sócio da Hidrosistemas. Lisboa, Portugal

ÁLVARO COSTA

Eng<sup>o</sup> Civil, Director-Delegado do S.M. de Água e  
Saneamento da Câmara Municipal de Cascais. Cascais, Portugal

RESUMO

Cada autarquia local responsável pelo abastecimento de água a uma comunidade enfrenta problemas bem diferentes de qualquer outra em termos das características do sistema, no que respeita aos aspectos de planeamento, projecto, exploração e manutenção, dos recursos financeiros, do pessoal técnico e do volume de informação disponíveis, etc.. Para a resolução eficiente de uma grande parte destes problemas, a utilização de computadores, através da aplicação de modelos computacionais, tem um papel importante, senão decisivo, desde que analisadas as condições e as necessidades específicas de cada caso.

Ciente da importância que estas novas tecnologias têm no planeamento e exploração de sistemas está em curso na Câmara Municipal de Cascais através dos seus Serviços Municipalizados de Água e Saneamento um estudo para implementação do modelo matemático do sistema de abastecimento ao concelho. Na presente comunicação, para além de uma descrição sumária do sistema de abastecimento de água, apresentam-se os princípios que nortearam o início de um estudo com estas características, enunciam-se o âmbito e os objectivos respectivos, assim como se descreve a metodologia que está a ser desenvolvida no trabalho. Inclui-se, também, uma descrição sumária sobre as acções de formação do pessoal técnico afecto à exploração do sistema previstas ao longo do estudo.

## 1. INTRODUÇÃO

Em Portugal e com excepção de um caso, o abastecimento de água é da responsabilidade das Autarquias Locais, envolvendo-as, portanto, num processo de grande complexidade e responsabilidade para o qual nem sempre possuem os meios adequados quer técnicos quer financeiros.

Afirmar que a problemática inerente a um sistema de abastecimento de água é um processo complexo e de grande responsabilidade, torna-se, no momento presente, um acto necessário em face de uma certa ligeireza e superficialidade a que ainda se vem assistindo ao abordar destas questões.

Cabe às Autarquias Locais um papel cada vez mais importante nesta problemática, para o que é urgente dispor de meios tecnicamente eficazes para a prestação deste serviço público tão importante.

É, no entanto, na escolha dos meios referidos que muitas vezes surgem grandes dificuldades, já que, quer por falta de informação quer porque se pensa o que se passa "lá fora" não é para usar em Portugal, as hesitações são grandes e sobretudo a abordagem a todas as questões inerentes a este processo é feita de modo simplista e quase sempre tendente à fuga de dificuldades.

Também é importante afirmar aqui, que se em Portugal existe uma deficiente gestão da água, isso não se deve apenas aos Municípios. De facto, estes são chamados a tarefas para as quais não existe regulamentação ou se a há é deficiente, já que não são tidas em conta as recomendações que, ao longo dos últimos anos, diversas organizações internacionais têm feito sobre esta matéria. A título de exemplo transcreve-se a seguir uma das conclusões da Conferência da Água das Nações Unidas, realizada em Mar del Plata, em 1977:

"... Todos os países deveriam analisar e manter em processo de permanente actualização as suas estruturas legislativas e administrativas relacionadas com a gestão das águas e, à luz da sua experiência mútua, promulgar, quando conveniente, legislação completa tendente a uma acção coordenada no planeamento dos recursos hídricos; poderá ser desejável que as disposições adoptadas relativamente à gestão, à conservação e à protecção contra a poluição dos recursos hídricos sejam reunidas num único instrumento jurídico, no caso da estrutura constitucional do país o permitir; a legislação deveria ainda definir o estatuto da propriedade pública das águas e das grandes hidráulicas, e incluir disposições relativas aos problemas de propriedade do solo e aos conflitos que deles podem resultar; deveria ainda ser suficientemente flexível para se adaptar á evolução das prioridades e das perspectivas adoptadas em relação aos problemas da água ..."

Em presença do conhecido vazio legislativo actualmente existente em Portugal, que podem fazer os Municípios que são chamados a gerir a água dentro do seu território administrativamente definido? Pouco mais que recorrer à boa vontade e reconhecido interesse que os seus técnicos vêm dedicando a esta matéria, muito embora diariamente sejam chamados à resolução de tarefas com carácter pontual e provisório.

É assim que cada Autarquia e os seus técnicos se vêm debatendo com problemas de difícil solução, uma vez que, apresentando cada uma delas as suas especificidades nesta matéria, existe uma dispersão e ausência de uniformidade na resolução de situações complexas que inevitavelmente surgem.

Muito embora exista um certo receio em abraçar técnicas actuais que contribuam decisivamente para a resolução de problemas inerentes a um serviço de abastecimento de água, é um facto que elas não podem ser ignoradas e julga-se que é chegado o momento de definitivamente abandonar o espírito do "Velho do Restelo".

É dentro das técnicas actuais referidas que se deve enquadrar a modelação matemática de sistemas de distribuição de água, já que através dela é possível atingir objectivos importantes, dentro dos quais se destacam os seguintes:

- analisar problemas relativos a baixas ou altas pressões na rede ou falhas em estações elevatórias e reservatórios, de modo a estabelecer as necessárias acções correctivas;
- desenvolver programas de acção de emergência, tais como incêndios, rupturas, falhas em estações elevatórias, etc.;
- determinar as prioridades nos investimentos a realizar;
- avaliar as capacidades do sistema em face de previsões de consumos antecipadamente estimados;
- comparar alternativas ao sistema existente incluindo os respectivos custos;
- avaliar os efeitos devidos a alterações ou ampliações no sistema;
- desenvolver um esquema computadorizado para controlar o sistema em tempo real.

Obviamente que os objectivos atrás enunciados são difíceis de atingir e torna-se necessário utilizar o bom senso para determinar o enquadramento para cada caso, tendo em atenção a realidade económico-financeira de cada Município. No entanto, e a título de aviso parece oportuno transcrever o que já em Julho de 1975 foi publicado na revista periódica da prestigiada "American Water Works Association" (AWWA):

"... a modelação matemática é em norma economicamente justificável quando um sistema de abastecimento de água atinge 4000/5000 consumidores"

Refira-se que o sistema de abastecimento de água ao concelho de Cascais abrange, actualmente, cerca de 57 000 consumidores.

## **2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO**

O concelho de Cascais, limitado a norte pelo concelho de Sintra, a este pelo concelho de Oeiras, a oeste e a sul pelo Oceano Atlântico, engloba no seu território cinco bacias hidrográficas correspondentes às ribeiras de Sassoeiros, das Marianas, de Caparide e das Vinhas, cujo escoamento se dá na direcção aproximadamente norte-sul. Na zona noroeste do concelho existe ainda, uma outra bacia hidrográfica correspondente à ribeira do Guincho, que desagua na orla marginal oeste.

Demograficamente é um concelho marcado, por um lado, pela influência da sua proximidade da cidade de Lisboa, o que têm levado à criação de zonas habitacionais da população que diariamente se desloca para a capital a fim de exercer a sua actividade profissional, e, por outro, pelas suas características como zona de atracção turística. A população residente é actualmente de cerca de 150 000 habitantes, ocupando sobretudo a faixa marginal, o que leva a que, no

seu conjunto, as freguesias de Cascais, Estoril, Parede e Carcavelos aglutinem, só por si, cerca de 70% da população do concelho (aproximadamente 100 000 habitantes). Quanto à população flutuante embora não existam dados rigorosos sobre este aspecto, é convicção dos serviços competentes do Município que durante o verão se atingem os 30 000 habitantes.

No que respeita à actividade industrial ela tem pouco significado, uma vez que os únicos núcleos assinaláveis se localizam na Aldeia do Juzo (freguesia de Cascais), Carcavelos e área da freguesia de S. Domingos de Rana, assentando as suas actividades nos campos da electrónica e dos materiais de construção.

No que respeita à produção de água potável, embora o concelho de Cascais disponha de origens próprias, o sistema de abastecimento de água está muito dependente do abastecimento da Empresa Pública das Águas Livres (EPAL), através da conduta da Costa do Sol, que a partir do reservatório de telheiras (em Lisboa) garante grande parte das necessidades de água do concelho. No período de 1979 a 1983 esta dependência atingiu o nível mais elevado em 1981 (85% da EPAL e 15% de origens próprias) e o nível mais reduzido em 1979 (64% da EPAL e 36% de origens próprias).

Para efeitos de tornar mais clara a descrição sumária do sistema de abastecimento de água concelhio, cuja representação esquemática altimétrica relativa às principais condutas adutoras, reservatórios e estações elevatórias se apresenta na Fig. 1, considera-se separadamente as seguintes partes:

- o sistema da Costa do Sol, onde se estabelece, ainda, uma diferenciação entre a conduta da Costa do Sol (designada também por conduta "alta" da EPAL) e a conduta de Cascais (designada de modo idêntico por conduta "baixa" da EPAL);
- sistemas que estabelecem a ligação entre diversos reservatórios do sistema de abastecimento de água, já sob o controle exclusivo dos S.M.A.S. de Cascais;
- sistemas que estabelecem a ligação a captações locais, como sejam as galerias de minas na Serra de Sintra, os diversos furos de captação de Atrozela, Quenena, Bicesse e Pizão e a albufeira da barragem do Rio da Mula.

A conduta adutora da Costa do Sol atravessa o concelho no sentido aproximado leste-oeste, sensivelmente correspondente ao terço inferior do mesmo, entrando junto à povoação de Arneiro. O diâmetro da conduta adutora é de 750 mm e termina actualmente na conduta que une os reservatórios do Goulão (R32 5000 m<sup>3</sup>) e do Alto do Estoril (R31 1000 m<sup>3</sup>).

Ao longo do seu traçado são feitas derivações designadamente as que terminam nos reservatórios de Moinhos de Rana (R22 - 7600 m<sup>3</sup>) com o diâmetro de 600 mm, de Caparide (R24 - 4000 m<sup>3</sup>) com o diâmetro de 300 mm e de Pau Gordo (R27 - 6000 m<sup>3</sup>) com o diâmetro de 250 mm.

Refira-se que o primeiro dos reservatórios (Goulão) apenas consegue ser alimentado directamente pela conduta da Costa do Sol durante curtos períodos, geralmente de noite, sendo nos restantes períodos os caudais aduzidos para os outros reservatórios.

Actualmente está em construção o prolongamento da conduta da Costa do Sol entre os reservatórios do Alto do Estoril (R31) e do Cobre (R40) com um diâmetro de 800 mm.

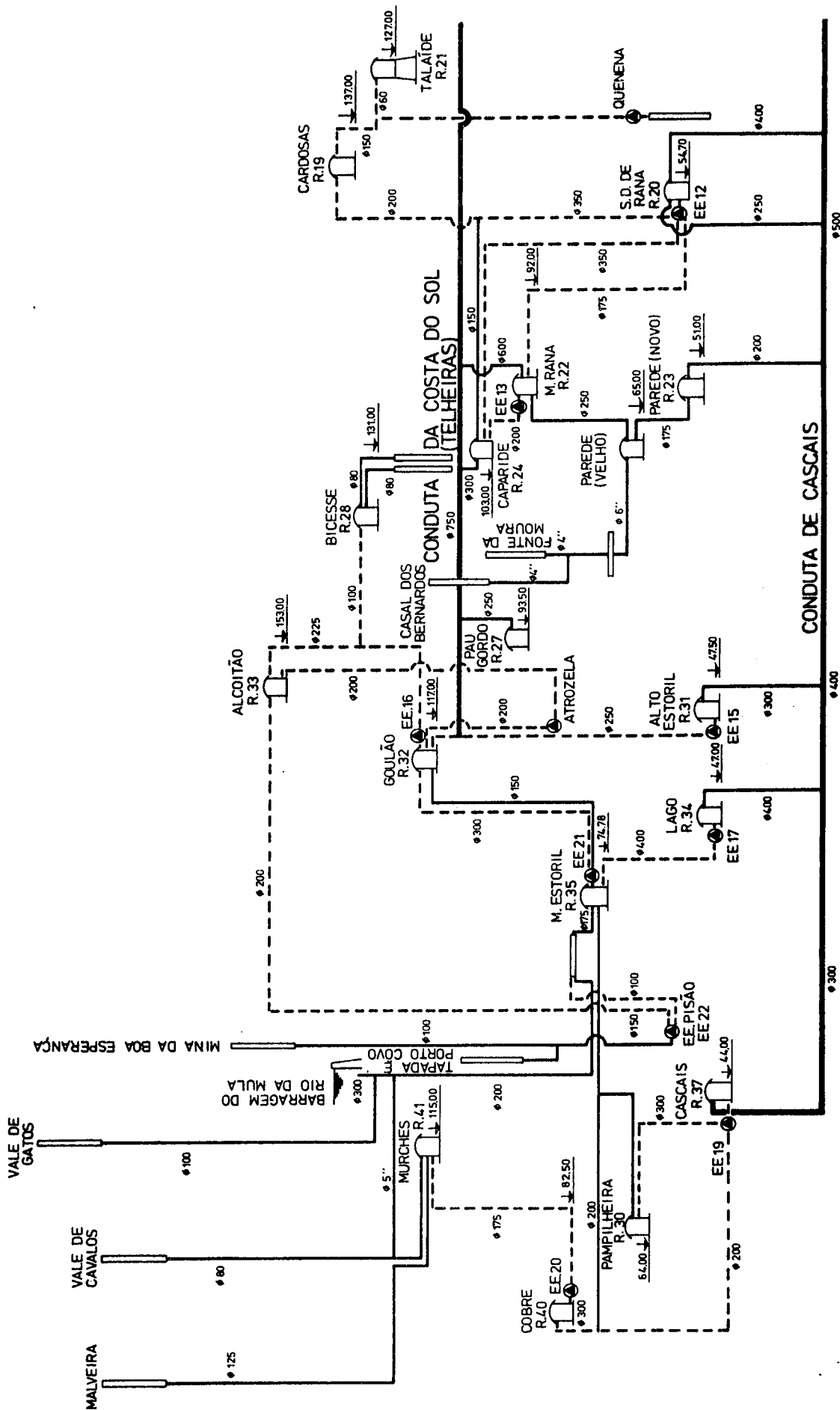


FIG. 1 - Esquema altimétrico do sistema de distribuição de água ao Concelho de Cascais

A conduta de Cascais ou conduta "baixa" da EPAL faz a sua entrada no concelho junto à Quinta do Marquês, com um diâmetro de 500 mm, tendo um desenvolvimento ao longo da marginal e acompanhando a via férrea até ao Estoril, inflectindo depois para norte e terminando no reservatório de Cascais (R37 - 3000 m<sup>3</sup>). Em certas condições operacionais é possível alimentar, ainda, a partir da conduta "baixa" da EPAL, o reservatório da Pampilheira (R30 - 4000 m<sup>3</sup>).

A conduta de Cascais, de forma idêntica à anterior - a da Costa do Sol -, ao longo do seu traçado apresenta diversas derivações, designadamente as que terminam nos reservatórios de S. Domingos de Rana (R20 - 2500 m<sup>3</sup>) com o diâmetro de 400 mm, junto à Quinta do Marquês, e com diâmetro de 250 mm, junto a Carcavelos e frequentemente seccionada, da Parede-Novo (R23 - 1500 m<sup>3</sup>) com o diâmetro de 200 mm, do Alto Estoril (R31 - 1000 m<sup>3</sup>) com o diâmetro de 300 mm e do Lago (R34 - 250 m<sup>3</sup>) com o diâmetro de 300 mm. A partir desta derivação a conduta segue para a Vila de Cascais, terminando, como se referiu, no reservatório do mesmo nome. O diâmetro da conduta adutora, entre as derivações para os reservatórios da Parede-Novo e do Lago, reduz-se para 400 mm, fixando-se para jusante desta última em 300 mm.

No que respeita aos sistemas que estabelecem a ligação entre diversos reservatórios do sistema de abastecimento de água, já sob o controle exclusivo dos S.M.A.S. de Cascais, eles destinam-se a permitir a garantia de uma grande flexibilidade operacional, embora, por vezes, coloquem problemas de optimização na exploração nem sempre fáceis de resolver, sobretudo quando não se dispõe de meios adequados e modernos, como seja a modelação matemática e, em último caso, dum processo de gestão em tempo real. Dada a complexidade deste sistema apenas se fará referência, na presente comunicação, aos que se consideram mais relevantes.

Em termos de concepção geral do sistema de abastecimento de água os reservatórios ligados à conduta da Costa do Sol podem receber, por bombagem, água aduzida a partir da conduta "baixa" da EPAL e graviticamente na situação inversa. Assim, o reservatório de Moinhos de Rana (R22) pode ser alimentado, para além da água aduzida a partir da conduta "alta" da EPAL, por bombagem na estação elevatória EE12. Também o reservatório de Caparide (R24) pode ser alimentado a partir da conduta "baixa" da EPAL, após bombagem nas estações elevatórias EE12 ou EE13.

Pela descrição anteriormente feita, o reservatório do Alto Estoril (R31) pode ser alimentado directa e simultaneamente, por gravidade, a partir de ambas as condutas da EPAL. Também é possível garantir esta situação operacional de dupla adução ao reservatório do Goulão (R32), através da conduta adutora da Costa do Sol e da estação elevatória do Alto Estoril (EE15). Refira-se que esta conduta tem uma função de adutora-distribuidora. Para além disso, a estação elevatória do Goulão (EE16) permite alimentar simultaneamente os reservatórios de Bicesse (R28 - 115 m<sup>3</sup>) e de Alcoitão (R33 - 1000 m<sup>3</sup>).

O reservatório do Monte Estoril (R35 - 2000 m<sup>3</sup>) é alimentado essencialmente pela conduta de Cascais, a partir do reservatório do Lago (R34) por bombagem na estação elevatória EE17, podendo, ainda, receber água por gravidade a partir do reservatório do Goulão (R32). Dependendo das condições operacionais do abastecimento, o reservatório do Monte Estoril pode, por bombagem na estação elevatória EE21, alimentar o reservatório do Goulão.

Para descrição dos sistemas que estabelecem a ligação a captações locais toma-se, para efeitos de designação, o nome das captações que lhes servem de base.

A partir da captação de Quenena a água é levada para os reservatórios de Talai-

de (R21 - 100 m<sup>3</sup>) e de Cardosas (R19 - 3000 m<sup>3</sup>). Este último pode ainda ser alimentado a partir do reservatório de S. Domingos de Rana (R20) por bombagem na estação elevatória EE12.

Os caudais captados na Fonte da Moura e no Casal dos Bernados são transportados para o reservatório da Parede-Velho (R30 - 990 m<sup>3</sup>), ligado ao reservatório da Parede-Novo (R23 - 1500 m<sup>3</sup>) através da própria rede de distribuição local.

Os caudais captados nos furos da Atrozela são transportados por duas condutas por bombagem de 200 mm cada uma, que permitem reforçar os volumes disponíveis nos reservatórios do Goulão (R32) e de Alcoitão (R33 - 1000 m<sup>3</sup>). Por outro lado, os caudais captados na Tapada, Porto Covo, Boa Esperança e Pizão, depois de concentrados na estação elevatória com esta última designação (EE22), são bombados para o reservatório de Alcoitão (R33), através de uma conduta adutora de 200 mm de diâmetro, ou, em alternativa, para a caixa de junção da Cruz de Popa. Deste local são transportados graviticamente para o reservatório do Monte Estoril (R35).

A partir das captações do Rio da Mula (capacidade de armazenamento de 400 000 m<sup>3</sup>), de Vale de Gatos e de Vale de Cavalos os caudais disponíveis são transportados para o reservatório de Murches (R41 - 2000 m<sup>3</sup>) e do Monte Estoril (R35) com passagem, neste caso, pela caixa de junção da Cruz de Popa.

As captações da Malveira são utilizados, para além do abastecimento local, como reforço dos volumes necessários no reservatório de Murches (R41), através de uma conduta de 125 mm de diâmetro. A partir deste reservatório é possível, ainda, fazer a adução gravítica para o reservatório do Cobre (R40 - 13 000 m<sup>3</sup>), através de uma conduta de 175 mm de diâmetro.

Finalmente, o reservatório de Murches pode ser alimentado a partir do reservatório do Cobre (R40) por bombagem na estação elevatória EE20, dado que a conduta de 175 mm de diâmetro que os liga pode funcionar como conduta elevatória. Idêntica situação se verifica com a conduta de 250 mm de diâmetro que estabelece a ligação entre os reservatórios do Cobre (R40) e de Cascais (R37), mediante o recurso à estação elevatória localizada junto a este reservatório (EE19).

A terminar refira-se que o sistema de abastecimento de água ao concelho de Cascais engloba 27 reservatórios incluindo a albufeira do Rio de Mula com 400 000 m<sup>3</sup> de capacidade. Os restantes 26 reservatórios tem uma capacidade total da ordem dos 58 000 m<sup>3</sup>. Relativamente ao ano de 1983 os consumos verificados no dia de maior consumo, no mês de maior consumo (caudal diário médio) e anual (caudal diário médio) foram da ordem dos 46 100, 38 500 e 33 000 m<sup>3</sup>, respectivamente. Isto significa que para cada uma das situações anteriores a reserva do sistema é de 1,3 dias, 1,5 dias e 1,8 dias respectivamente. Em face destes valores poder-se-ia concluir que se está perante um sistema de abastecimento com reserva adequada, o que de facto não acontece uma vez que é extremamente vulnerável à flutuações de fornecimento por parte da EPAL, apresenta uma localização dos reservatórios inadequada à concentração populacional e carece de meios técnicos modernos para a sua gestão.

### **3. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO**

#### **3.1 - Enquadramento do problema**

Do que se apresentou no capítulo anterior, embora de uma forma sumária, conclui-se que se está perante um sistema de abastecimento de água de uma certa complexidade operacional e que o seu adequado funcionamento só será conseguido se houver uma mudança radical dos processos até agora seguidos na sua explora-

ção. De facto, a diversidade de situações que exigem o pôr em prática soluções em tempo oportuno requer uma rápida tomada de decisão e execução, de modo a conseguir-se, e este será um dos objectivos a atingir, um funcionamento controlado e optimizado do sistema que garanta uma eficácia do nível de serviço prestado.

Certamente que este objectivo se torna impossível de atingir com os meios tradicionais de análise actualmente ao dispor dos S.M.A.S. de Cascais, apesar da grande experiência prática adquirida ao longo dos anos. Daí que se tenha decidido optar pelo recurso a técnicas avançadas de modelação matemática através da implementação de um modelo computacional do sistema de abastecimento de água ao município de Cascais, mais a mais existindo conhecimento técnico nacional neste campo. Muito embora se reconheçam à partida certas dificuldades que possam surgir, seguiu-se o princípio de que "o óptimo é inimigo do bom".

Em face desta decisão, restou analisar as diversas hipóteses para a abordagem do problema tendo em atenção os condicionalismos provenientes fundamentalmente de aspectos económico-financeiros e de dados de base disponíveis. Relativamente ao primeiro destes pontos entende-se que apenas se deve avançar para um determinado estudo quando estiverem garantidas as condições de financiamento, pelo que, logo após a tomada de decisão, foi inscrita uma verba dentro do orçamento dos SMAS que permitisse ainda dentro do ano corrente, o início e o desenvolvimento de uma parte significativa dos estudos necessários. Sabido que era, que a implementação do modelo matemático exigiria, de uma forma indirecta, o apetrechamento em equipamento de medida não instalado de momento no sistema, foi considerada uma verba adicional no *Plano Trienal do Município*.

Garantidas que estavam as condições de financiamento, pelo menos com um razoável grau de certeza, houve que analisar os aspectos técnicos do problema, nomeadamente no que respeita aos dados disponíveis e respectiva fiabilidade. De facto, os SMAS de Cascais possuem de momento um cadastro do sistema de distribuição de água à escala 1:2000 completo e perfeitamente actualizado, assim como elementos estatísticos (consumos, caudais bombados, níveis de água nos reservatórios, etc.) que embora carecidos de rigor exemplar e não directamente recolhidos para efeitos de modelação matemática constituem uma boa base. Dentro desta óptica entendeu-se que haveria toda a vantagem em iniciar o processo recorrendo a consultores externos aos SMAS e que reunissem, acima de tudo, qualidade e meios técnicos compatíveis com a tecnologia exigida por um estudo com estas características.

Para o efeito, foi lançado no início de 1984 um concurso, baseado nos termos de referência que definiam com a maior clareza possível o âmbito e os objectivos do estudo e que permitissem a análise rigorosa e imparcial das propostas que viessem a ser apresentadas.

Como resultados do concurso decidiu a Câmara Municipal de Cascais através dos seus Serviços Municipalizados adjudicar a realização do estudo a um consórcio de duas empresas de consultores portuguesas que, de acordo com a proposta apresentada, oferecia garantia de qualidade, experiência e meios técnicos próprios para a elaboração de estudos de modelação de sistemas de distribuição de água. O âmbito e objectivos do estudo, iniciado muito recentemente, e a metodologia que está a ser seguida, constituem os aspectos que serão discutidos até ao final da presente comunicação.

### **3.2 - Âmbito e objectivos do estudo**

De acordo com os termos de referência do concurso, o estudo a realizar compreende o desenvolvimento, implementação, calibração e exploração de um modelo computacional automático destinado a servir de instrumento de planeamento e



de apoio à exploração do sistema de abastecimento de água ao Concelho de Cascais. Dado que os Termos de Referência definiam expressamente como objectivo a implementação futura de telecontrolo e telemedida com centralização de informação, tendo em vista o funcionamento do sistema em tempo real, torna-se necessário, para além de um modelo de verificação do equilíbrio hidráulico, um outro com capacidade para simular a resposta do sistema a sucessivas alterações no tempo das condições de funcionamento (simulação dinâmica). Esta classificação insere-se dentro dos princípios enunciados numa outra comunicação do Simpósio (RIBEIRO DE SOUSA 1984). As características e as linhas orientadoras que devem nortear a escolha dos modelos a utilizar no estudo são também apresentadas nessa comunicação.

No estudo a desenvolver espera-se poder vir a atingir directamente (no decorrer do trabalho) ou indirectamente (mediante exploração futura pelos SMAS dos modelos desenvolvidos) os seguintes objectivos:

a) A nível de planeamento:

- . definição do melhor aproveitamento da capacidade disponível do sistema de abastecimento de água, a partir da qual se poderá ser conduzido a prescindir de determinados tipos de investimentos inicialmente previstos pelos SMAS;
- . análise previsional das necessidades de remodelação e/ou ampliação do sistema de abastecimento a curto, médio e longo prazo, que permitirá definir o escalonamento de investimentos no domínio do abastecimento de água;
- . análise da viabilidade técnica do licenciamento de novas urbanizações ou unidades industriais e definição das suas implicações em matéria de investimento;
- . racionalização da encomenda de projectos de remodelação e/ou ampliação do sistema de abastecimento de água através da identificação prévia, via modelo computacional permanentemente disponível e com possibilidade de resposta quase imediata, de zonas de "estrangulamento" a curto, médio e longo prazo;
- . análise de soluções alternativas para a definição de futuras origens próprias, para além das actuais, no Concelho de Cascais, com o objectivo, na medida do possível, de atingir uma maior autonomia em relação ao sistema da EPAL, principalmente em períodos críticos de consumo.

b) A nível de exploração:

- . definição criteriosa de procedimentos de exploração em condições normais de funcionamento do sistema de abastecimento, de forma a minimizar os respectivos encargos, em particular os relativos ao consumo de energia;
- . avaliação do nível de qualidade de serviço e das condições de armazenamento no sistema durante e após a ocorrência de situações de emergência, tais como a interrupção do fornecimento de água pela EPAL, a ocorrência de incêndios, a saída temporária de serviço, parcial ou total, de estações elevatórias ou a rotura de condutas principais, e a definição de procedimentos de exploração para fazer face a tais situações;
- . análise dos efeitos de situações anormais de consumo no armazenamento do sistema durante a ocorrência de uma sucessão de dias de elevados consumos, a partir da qual podem ser definidos procedimentos de poupança de água;
- . avaliação das condições de funcionamento hidráulico das tubagens do sistema, nomeadamente a detecção de alterações nas rugosidades e nas perdas de carga, assim como a avaliação de perdas e fugas no sistema.

c) A nível de transferência de tecnologia e formação de pessoal - Em estudos com estas características é muito importante a componente de transferência de tecnologia entre a empresa que realiza o estudo e a entidade responsável pela gestão do sistema de distribuição de água. Dentro deste princípio considera-se que a efectivação desta transferência para os SMAS se poderá concretizar através das seguintes linhas de orientação:

- . participação e integração activa de técnicos dos SMAS na equipa de trabalho do consórcio, durante a realização do estudo;
- . realização de acções de formação (cursos de formação ou seminários) com o objectivo de permitir uma melhor divulgação e consequente aproveitamento das possibilidades que o estudo realizado põe à disposição dos SMAS;
- . transferência dos modelos computacionais ("software") desenvolvidos ao longo do estudo para o equipamento de cálculo automático de que os SMAS dispõem ou venham a dispor.

Em síntese, os objectivos que se espera que venham a ser atingidos com o presente estudo situam-se a dois níveis diferentes: o técnico e o de transferência de tecnologia e formação de pessoal.

### 3.3 - Metodologia do estudo

Para o cumprimento do primeiro nível de objectivos definidos no parágrafo anterior, as características do estudo recomendam que a sua elaboração seja desenvolvida em duas fases. A primeira - "Implementação dos Modelos Computacionais" - constitui essencialmente um trabalho de base durante o qual são realizadas, por um lado, todas as actividades de informática relativas ao desenvolvimento, implementação e teste do(s) modelo(s) computacional(ais) e, por outro, toda a preparação dos elementos de base específicos do sistema de abastecimento de água ao Concelho de Cascais de forma a preparar os ficheiros de dados para os modelos, a qual culminará com a elaboração de um conjunto de execuções dos modelos, obtendo-se assim os primeiros resultados da aplicação desta tecnologia. Esta 1ª fase compreenderá o desenvolvimento de dez grandes actividades, designadamente as seguintes:

- 1ª) Identificação do(s) modelo(s) computacional(ais) adequado(s);
- 2ª) Desenvolvimento e/ou adaptação do(s) modelo(s) computacional(ais);
- 3ª) Testes do(s) modelo(s) computacional(ais);
- 4ª) Preparação das plantas de cadastro do sistema de distribuição;
- 5ª) Esquematização do sistema e preparação dos mapas de trabalho com a topologia e os elementos de base (consumos);
- 6ª) Preparação dos ficheiros de dados em computador;
- 7ª) Definição das execuções preliminares a realizar;
- 8ª) Execuções preliminares do(s) modelo(s) e análise de sensibilidade;
- 9ª) Identificação e recolha de dados disponíveis para calibração do(s) modelo(s) computacional(ais);
- 10ª) Definição das especificações para a recolha de dados adicionais.

A segunda fase - "Exploração dos modelos" -, como a própria designação sugere, corresponde à obtenção dos resultados práticos da aplicação da modelação ao sistema de abastecimento de água. É nesta fase que, de uma forma sistemática e inteiramente fundamentada (a 2ª fase inicia-se com a recolha de dados de campo e a calibração dos modelos computacionais), serão realizadas execuções in-

tensivas dos modelos com vista ao estudo de alternativas a nível de planeamento e exploração do sistema, a partir das quais serão analisadas, discutidas e propostas medidas correctivas para a melhoria global da gestão do sistema de abastecimento. Esta 2ª fase compreenderá o desenvolvimento das seis grandes actividades seguintes:

- 11ª) Preparação e execução dos ensaios de campo para recolha de dados adicionais;
- 12ª) Calibração do(s) modelo(s) computacional(ais);
- 13ª) Exploração intensiva do(s) modelo(s);
- 14ª) Estudo de alternativas a nível de planeamento e exploração;
- 15ª) Análise crítica e síntese de resultados;
- 16ª) Armazenamento dos resultados.

As actividades associadas a cada uma das fases referidas e a sua interdependência estão representadas no diagrama lógico que se apresenta na Fig. 2.

Da análise deste diagrama lógico de actividades conclui-se que a identificação e recolha de dados disponíveis para calibração do(s) modelo(s) computacional(ais) (actividade nº 9 da 1ª Fase) inicia uma cadeia de tarefas que culmina com a calibração dos modelos propriamente dita (actividade nº 12 - 2ª Fase). Esta calibração consiste na determinação das características físicas e de operação de um dado sistema de distribuição e dos correspondentes dados que fornecidos aos modelos matemáticos traduzem fielmente o comportamento do sistema.

A calibração de um modelo (principalmente quando se trata de modelos de simulação dinâmica) exige o conhecimento das pressões e dos consumos no sistema de distribuição, as pressões e os caudais bombados nas estações elevatórias ou sobrepessoras, os níveis de água nos reservatórios, etc. Informação deste tipo, pelo menos tão completa como desejável e orientada para a utilização em modelos matemáticos, não está, em geral, disponível. Apesar de existir um conjunto valioso de informação respeitante ao sistema de abastecimento de água ao Concelho de Cascais, é inevitável, e este aspecto deve ser encarado sem hesitações, que se proceda à recolha de informação adicional. No entanto, como a recolha de informação de campo é uma actividade onerosa devido aos meios humanos e materiais envolvidos, há que primeiro identificar os dados que possam estar disponíveis nos SMAS e julgar da sua maior ou menor adequação e só depois decidir sobre o equipamento necessário para a completar ou recolher nova informação. Só desta forma será possível minimizar os encargos respectivos para os SMAS.

Este ponto crucial foi o factor determinante na divisão do desenvolvimento do estudo em duas fases.

Como por um lado, a decisão do equipamento necessário e os locais mais adequados para a sua instalação podem ser muito melhor fundamentados a partir das execuções preliminares dos modelos e análise de sensibilidade (actividade nº 8 - 1ª fase) e, por outro, a aquisição e fornecimento do próprio equipamento não depende exclusivamente dos SMAS e dos consultores, entre as duas fases serão:

- a) analisada e aprovada a aquisição ou o aluguer dos equipamentos propostos para a realização dos trabalhos de campo;

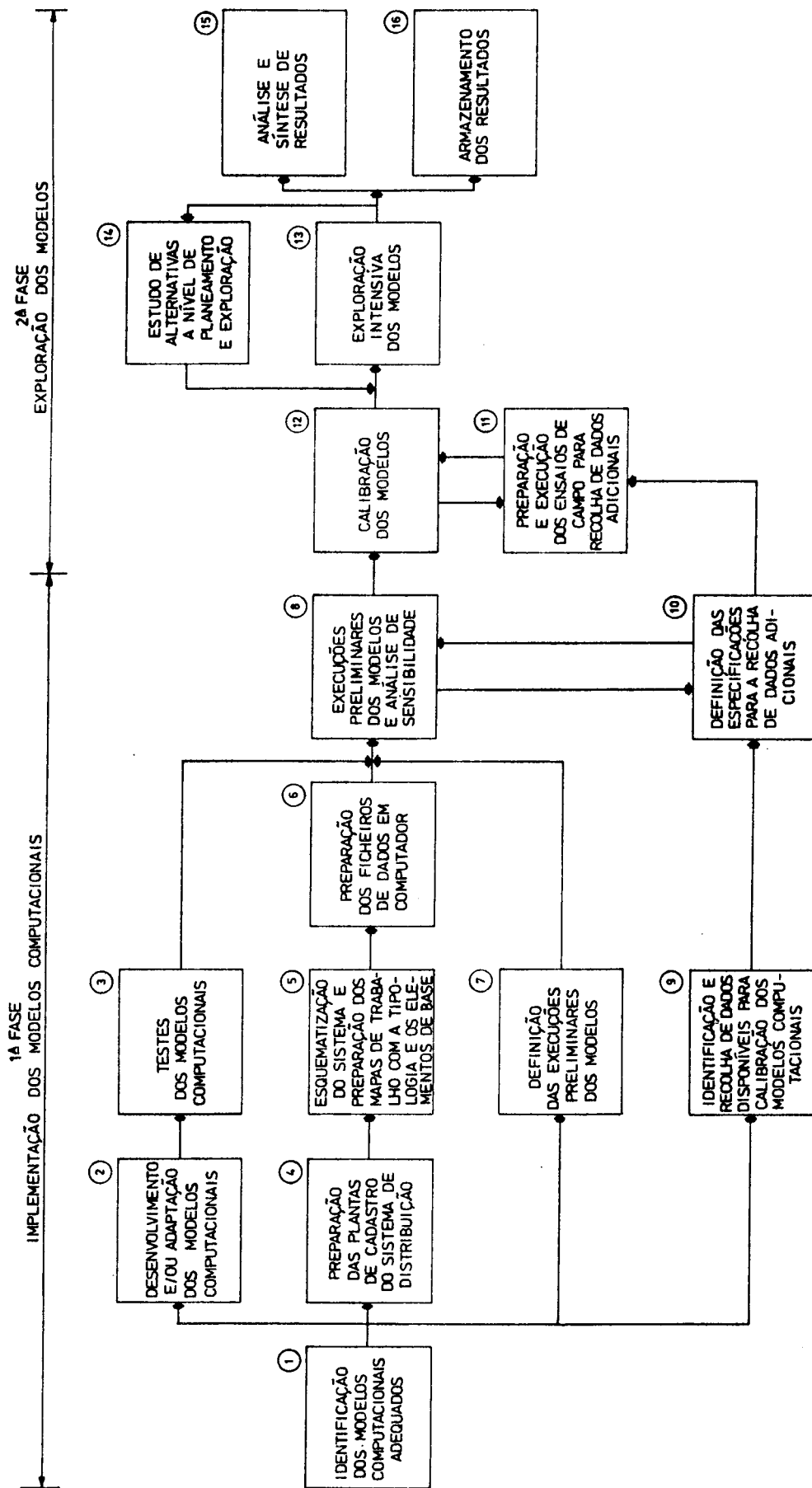


FIG. 2 - Diagrama lógico das actividades

- b) lançados os concursos que levem à apresentação de propostas por parte dos concorrentes interessados e consequente adjudicação do fornecimento e montagem do equipamento que melhores garantias oferecer.

Como todo este processo pode ser demorado, não significa que ele só tenha início após o fim da 1ª fase, uma vez que como o sistema não é estudado simultaneamente é possível, à medida que o estudo decorre, ir identificando o tipo de equipamento e locais para a sua instalação. Este princípio é, aliás, o que está a ser seguido, uma vez que ainda durante a 1ª fase se pode vir a dispôr de algum desse equipamento, reforçando, desde logo, a fiabilidade das execução preliminares referentes à actividade nº 8.

Para o cumprimento do segundo nível de objectivos definidos no parágrafo anterior, figuram actividades tais como a definição do sistema de "hardware" a ser utilizado (com hipótese de utilização do sistema de cálculo automático já existente nos SMAS) posteriormente ao período durante o qual decorre o estudo, à transferência dos modelos computacionais ("software" e ficheiros de dados) desenvolvidos ao longo do estudo para este equipamento e a formação de pessoal.

A definição do sistema de "hardware" futuro passa por uma identificação de um conjunto de especificações, das quais se podem destacar a capacidade de memória necessária, o tipo de compiladores requeridos, a capacidade de armazenamento em periféricos e o tempo de execução dos modelos. Algumas destas especificações só podem ser correcta e rigorosamente avaliadas após obtida experiência dos modelos computacionais para o caso específico do sistema de distribuição de água ao Concelho de Cascais. Nestas condições, esta actividade apenas é iniciada durante a 2ª fase do estudo anteriormente referida, e por uma questão de prudência. A metodologia que irá ser seguida, prevê a análise, em primeiro lugar, do sistema de "hardware" actualmente existente nos SMAS, de forma a avaliar a viabilidade da sua utilização futura. Desta análise poderão vir a verificar-se três situações:

- a) O sistema dos SMAS cumpre as exigências necessárias;
- b) O sistema do SMAS poderá vir a cumprir as exigências necessárias, desde que seja reformulada a sua actual configuração;
- c) Necessidade de encontrar uma solução alternativa ao sistema existente nos SMAS.

No primeiro caso, é possível passar de imediato à transferência dos modelos computacionais desenvolvidos ao longo do estudo. Pelo contrário, nos dois restantes casos torna-se necessário a preparação do respectivo caderno de encargos, de forma a que seja possível lançar os concursos que levem à apresentação de propostas por parte dos concorrentes interessados e consequente adjudicação do fornecimento e montagem do equipamento.

O âmbito, a data de início e o prazo para o desenvolvimento da transferência dos modelos computacionais estão muito dependentes das conclusões obtidas na actividade anterior, em particular se se vier a optar pela reconfiguração do sistema de cálculo automático actualmente existente nos SMAS ou pela aquisição de um novo equipamento. Terminada esta actividade passarão os SMAS a dispôr autonomamente dos modelos computacionais do seu sistema de abastecimento de água, desenvolvidos no âmbito do estudo.

As acções de formação de pessoal previstas no âmbito do estudo podem ser agrupadas em dois grandes blocos. Do primeiro fazem parte todas as acções de formação que se desenvolverão ao longo da execução do estudo, das quais se destacam:

a formação contínua através da participação e integração activa de técnicos dos SMAS na equipa das empresas de consultores executante dos estudos, a realização de um curso de treino destinado aos elementos que venham a constituir as equipas de medição no âmbito dos ensaios de campo para a recolha de dados adicionais e, finalmente, a realização de um seminário no final de cada fase do estudo, com o objectivo de divulgar os resultados alcançados no desenvolvimento do mesmo.

No segundo bloco de acções de formação insere-se o treino continuado dos técnicos dos SMAS que venham a ser destacados para a exploração dos modelos, após a implementação destes no equipamento de cálculo automático afecto a esse fim. Este treino continuado tem por objectivo permitir uma progressiva autonomia na exploração dos modelos do sistema de abastecimento de água do Concelho de Cascais, por parte dos SMAS.

#### **4. AGRADECIMENTOS**

A presente comunicação decorre do contrato celebrado entre os Serviços Municipalizados de Água e Saneamento da Câmara Municipal de Cascais e o consórcio das empresas Hidroprojecto, Consultores de hidráulica e Salubridade, SARL e Hidrosistemas, Estudos Especiais de Sistemas Hídricos e Ambientais, Lda., para a realização do "Estudo para Implementação do Modelo Matemático do Sistema de Abastecimento de Água ao Concelho de Cascais". A estas entidades os autores agradecem reconhecidamente o terem tornado possível a elaboração da presente comunicação.