

## I-116 - ESTUDO DE CASO: REDUÇÕES DE PERDAS ATRAVÉS DE AÇÕES INTEGRADAS

**Gabriela de Almeida Moura<sup>(1)</sup>**

Técnica em Sistemas de Saneamento pela Escola Técnica Estadual Getúlio Vargas - SP. Estudante de Engenharia Ambiental e Urbana – Universidade Federal do ABC. Encarregada de controle do abastecimento na empresa SABESP – SP.

**Marcos Tadeu dos Reis**

Tecnólogo pela Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo – FATEC – SP. Tecnólogo na empresa SABESP – SP.

**Fernando Flores Catta Preta**

Tecnólogo pela Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo – FATEC - SP. Gerente de Divisão da SABESP – SP.

**Jair Manoel da Silva**

Administrador de Empresas e Pós-graduado em Gestão Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública de São Paulo. Gerente de Departamento da SABESP – SP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Paulo Di Favari, 60 – Bairro Rudge Ramos - São Bernardo do Campo – São Paulo - SP - CEP: 09618-100 - Brasil - Tel: (11) 4366-8631 - e-mail: [gamoura@sabesp.com.br](mailto:gamoura@sabesp.com.br)

### RESUMO

A crescente necessidade de sustentabilidade econômica faz com que as companhias de saneamento busquem, cada vez mais, melhor desempenho em seus resultados. Os principais fatores relacionados ao desempenho são a eficiência operacional, redução de custos, menor índice de perda de água e aumento na satisfação dos clientes atendidos.

Diante destas premissas, foram desenvolvidas ações integradas pela área operacional, setor de engenharia e área comercial da unidade, com o foco na integração das áreas e processos, redução de custos e planejamento adequado dos investimentos e intervenções.

O estudo apresentado busca trazer, além da importância da integração entre os processos, a relevância da utilização de ferramentas avançadas e novas tecnologias, como a modelagem hidráulica e medidores de alta precisão, de modo a garantir o desempenho favorável esperado com ações estruturadas, planejadas e abrangentes, reduzindo a carga empírica das soluções empregadas atualmente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estratégia Operacional, Modelagem Hidráulica, Modelos Matemáticos, Redução de Perdas, Sistemas de Abastecimento.

### INTRODUÇÃO

A Terra é considerada o Planeta Água, no entanto, a distribuição espacial irregular dos recursos hídricos em relação a ocupação humana, acaba gerando os mais diferentes cenários quando o assunto é a disponibilidade hídrica para o consumo humano. Segundo a Organização Meteorológica Mundial - OMM, mais de 1 bilhão de pessoas já vivem em situação de escassez hídrica, e estima-se que em 30 anos, haverá 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou séria falta de água, considerando o acelerado crescimento populacional atual.

O Brasil tem uma posição privilegiada em relação aos outros países, no entanto, mais de 73% da água doce produzida no país encontra-se na Bacia Amazônica, que é habitada por menos de 5% da população, portanto, restam 27% de água doce para os 95% restantes da população (Embrapa, 2001).

A Organização das Nações Unidas (ONU) definiu como em situação crítica as regiões que apresentam disponibilidade hídrica abaixo de 1.500 m<sup>3</sup>/hab/ano. A partir dos dados do Censo Demográfico de 2000, verifica-se que o Brasil apresenta disponibilidade hídrica de 40.000 m<sup>3</sup>/hab/ano, distribuídos de modo bastante

desigual no território nacional (SNIS, 2015). Como exemplo, a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, na Região Metropolitana de São Paulo, que apresenta disponibilidade hídrica de apenas 201 m<sup>3</sup>/hab/ano. (SNIS, 2015).

A busca pela redução de perdas é um tema sempre atual devido ao quadro de escassez hídrica na qual estão as principais metrópoles brasileiras, e também devido ao alto custo relacionado ao gasto com energia elétrica, além da sua relação com a saúde financeira dos prestadores de serviço. Desde modo, a única saída viável é buscar minimizar os custos decorrentes das perdas através de um gerenciamento apropriado dos sistemas de abastecimento, e através de ações bem planejadas que tragam o máximo de resultado do investimento empregado.

As perdas se dividem em perdas aparentes e perdas reais. As perdas aparentes estão relacionadas as perdas comerciais, devido problemas na medição. As perdas reais, conhecidas como perdas físicas, referem-se a toda água disponibilizada para distribuição que não chega aos consumidores, e acontecem por vazamentos em redes, ramais, conexões, reservatórios e outras unidades operacionais. Elas compreendem, em sua maioria, os vazamentos em tubulações da rede de distribuição, provocados especialmente pelo excesso de pressão, habitualmente verificado em regiões com grande variação topográfica.

Conforme o SNIS, quase a totalidade das perdas reais e aparentes em um sistema de abastecimento acontece na distribuição. Abaixo a tabela com a situação brasileira para as perdas na distribuição.

Região	Índice de Perdas na Distribuição (%)
Norte	46,3
Nordeste	45,7
Sudeste	32,9
Sul	33,7
Centro-Oeste	35,5
<i>Fonte: SNIS, 2015.</i>	

Nos dias atuais, é comum que as empresas de saneamento adotem soluções empíricas para resolver problemas no abastecimento, onde em sua grande maioria, envolvem altos custos e não se demonstram tão eficientes quanto o esperado.

A principal alternativa para simulação dos sistemas de abastecimento é o modelo matemático, que é uma relevante ferramenta para análise hidráulica, constituindo um importante componente na avaliação do funcionamento das redes de distribuição de água para abastecimento.

Um ambiente simulado é a via mais rápida, e de menores custos, para avaliar o desempenho de diferentes estratégias para controle de sistemas hidráulicos (FERREIRA, 2003).

A primeira etapa para conseguir um modelo hidráulico fiel ao sistema de abastecimento que se deseja representar é a etapa de calibração do modelo, esta calibração consiste na validação dos dados encontrados em campo com os dados disponíveis no modelo matemático. Nesta etapa é possível realizar correções no modelo, e torná-lo o mais real possível, ou seja, cada vez mais próximo da realidade encontrada no campo.

Através da modelagem é possível prever o comportamento do sistema em diferentes situações, identificar inconsistências ou problemas no sistema de distribuição a serem solucionados, e propor intervenções com a segurança de seus impactos e resultados.

## OBJETIVO

Neste estudo de caso buscamos apresentar uma metodologia de trabalho no qual as análises de campo em conjunto com a modelagem hidráulica, promovem integração na atuação da equipe Operacional da unidade com a área de Engenharia e setor Comercial, através de ações integradas, obtendo resultados expressivos na redução das perdas.

## **DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO**

### **PRIMEIRA ETAPA**

Até o ano de 2016, o abastecimento do município em estudo era proveniente de apenas uma linha de adução, que alimentava o principal reservatório do sistema, deste se derivava uma linha de adução para abastecer um segundo reservatório, e por fim, deste segundo se originava outra linha para abastecer o terceiro e último reservatório do sistema. Esta configuração encadeada de reservatórios promovia sérios problemas de intermitência, uma vez que sob qualquer evento de insuficiência de adução, a recuperação dos níveis era demasiadamente lenta.

No decorrer do ano de 2016, foram realizados investimentos para o assentamento de novas adutoras, ações que promoveram a independência dos reservatórios do município, cada um passou a possuir uma entrada isolada do sistema adutor. Nesta nova configuração, as antigas adutoras que conectavam os reservatórios entre si caíram em desuso.

No entanto, no setor de abastecimento no qual se baseia o presente estudo de caso, a configuração do sistema de distribuição ainda era precária, a saída para abastecer aproximadamente 49 mil ligações era através de uma única alça de DN 500 mm, tubulação que operava em seu nível crítico de trabalho, sempre com altíssimas velocidades devido ao alto consumo, promovendo uma elevada perda de carga ao sistema de distribuição, tendo como consequências a intermitência no abastecimento, principalmente nas cotas críticas do setor, trechos localizados em pontos desfavoráveis ao abastecimento ou regiões de elevada topografia.

Sendo assim, diante deste cenário, a proposta estudada pela engenharia para sanar o problema de limitação de vazão, era a construção de mais uma alça de saída de DN 800 mm, que seria capaz de sanar a vazão requerida pelo consumo do setor, e solucionar os problemas no abastecimento. Porém, as adversidades para aplicação desta solução eram de elevada relevância, uma vez que tratava-se de um alto investimento devido ao tamanho da obra, também devido a dificuldade de se encontrar o encaminhamento ideal para uma tubulação de diâmetro tão significativo, além dos materiais e mão de obra a serem empregados.

A aproximação das equipes da área operacional com a engenharia da unidade e área comercial possibilitou a aplicação prática do modelo matemático na correção de rumos. No presente setor foi aplicada esta metodologia de atuação integrada, onde ainda em 2016, foi iniciado o levantamento de dados e validação para calibração do modelo hidráulico, sendo possível a avaliação dos projetos propostos anteriormente.

Através da modelagem e dos estudos realizados, foi possível simular alternativas ao abastecimento através da antiga tubulação de adução que estava desativada, mas em plenas condições de trabalho.

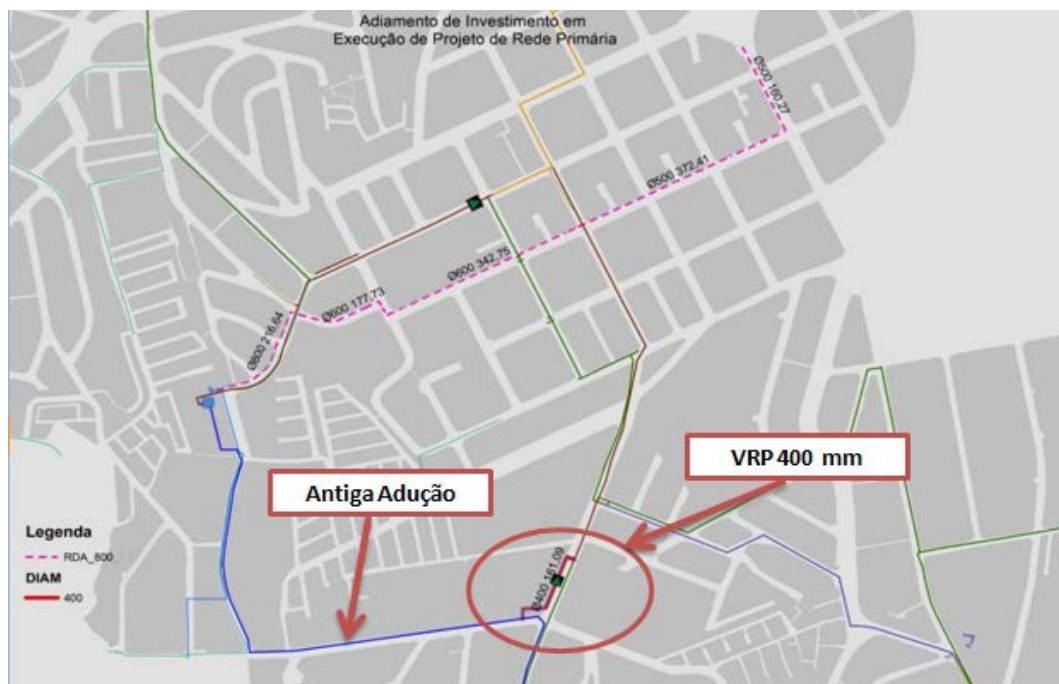
Analizando esta alternativa através do modelo, foi possível simular com consistência as condições de campo, sendo concebida a proposta de que fosse realizada uma derivação em marcha desta linha de adução direto ao abastecimento, de modo a suprir a vazão requerida pelo consumo, solução que demonstrou-se mais vantajosa do que a apresentada inicialmente.

Após análise da viabilidade das obras e intervenções, no início de 2017 foi então realizado o prolongamento de 150 m de rede de DN 400 mm, e a posterior instalação de uma válvula redutora de pressão de mesmo diâmetro para controle remoto automatizado do abastecimento, prolongamento proveniente da linha em desuso analisada.

Após conclusão das obras, foi realizado o acompanhamento do abastecimento no setor, e verificado que as ações executadas sanaram o problema de intermitência nas cotas críticas do setor em questão, ou seja, através da modelagem foi possível simular e propor soluções simples, mas altamente vantajosas, que substituíram soluções complexas e de custo elevado.

A antiga rede de adução passou então a compor o sistema de distribuição, os problemas de falta de água foram sanados, e ainda, de acordo com a estimativa de crescimento populacional do setor, é possível assegurar segurança hídrica para o sistema por, pelo menos, 10 anos.

Na figura 1, abaixo, é possível ver o trecho de tubulação de DN 800 mm inicialmente proposto, e a intervenção realmente executada.



**Figura 1 - Prolongamento de 150 m de rede de DN 400 mm, e posterior instalação de válvula redutora automatizada de DN 400 mm, intervenção que possibilitou o adiamento do investimento para o assentamento de rede de reforço de 800 mm.**

Outra ação integrada aplicada no projeto foi a avaliação técnica da micromedição neste setor, através da área de engenharia, onde foram estabelecidos critérios de atuação para substituição de medidores em locais estratégicos, focando os esforços nos pontos onde o resultado esperado era mais expressivo. A aplicação de medidores de moderna tecnologia nestes locais promoveu de imediato o aumento do volume medido através da redução da submedição.

Por meio das análises de engenharia aplicada ao sistema em conjunto com a área de operação, foi possível também o assentamento de 900 m de rede de reforço de DN 400 mm, além da implantação de uma estação de bombeamento para atender a área de coroa, ações nas quais foi possível o planejamento e simulação prévia através da modelagem, e onde os resultados previamente apresentados no modelo, foram verificados na prática após a conclusão das obras, além do mais, as realizações citadas trouxeram um aporte significativo de infraestrutura e, consequentemente, melhoria operacional ao sistema como um todo.

## RESULTADOS OBTIDOS – PRIMEIRA ETAPA

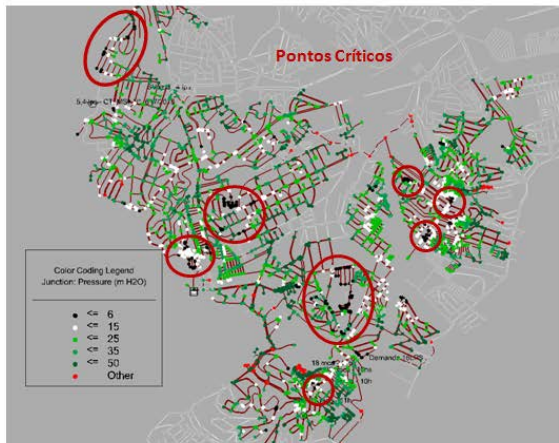
Os primeiros resultados obtidos foram a melhoria na regularidade do abastecimento, e ampliação da satisfação dos clientes atendidos, fato verificado através da redução nas reclamações relacionadas a falta de água em 53%, comparando o ano de 2016 com o ano de 2017, conforme detalhado na tabela 1, abaixo.

DESCRIÇÃO DO SERVIÇO ACATADO	2016	2017
FALTA DE AGUA GERAL	141	57
POUCA PRESSAO DE AGUA GERAL	52	10
FALTA DE AGUA LOCAL	110	85
POUCA PRESSAO DE AGUA LOCAL	66	21
CARRO TANQUE - GRATUITO	3	1
<b>TOTAL</b>	<b>372</b>	<b>174</b>
<b>Tabela 1 - Reclamações acatadas nas centrais de atendimento no ano de 2016 e 2017.</b>		

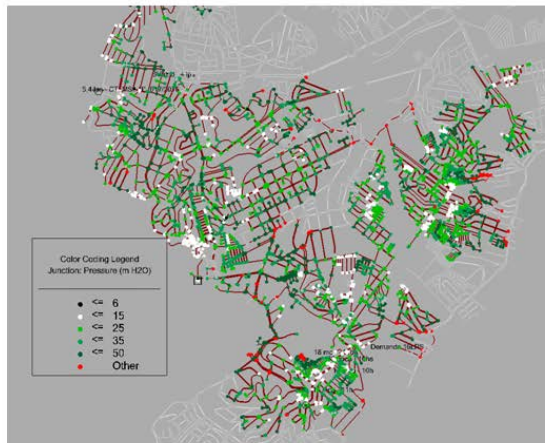
Os mapas abaixo refletem dois cenários de abastecimento no horário de maior consumo, e demonstram a situação do setor antes das obras (figura da esquerda) e após as obras de melhoria na infraestrutura (figura da direita).

Através destes mapas é possível avaliar a melhoria no abastecimento, os pontos críticos destacados em vermelho na figura da esquerda representam os locais onde o abastecimento era intermitente antes das obras. Estes pontos críticos e de baixa pressão não são mais verificados na figura da direita, ou seja, após as obras de melhoria na infraestrutura foram eliminados, cenário no qual todos os clientes do setor estão sendo satisfatoriamente abastecidos de maneira regular, plena e com qualidade.

**Antes**



**Depois**



**Figura 2 – Situação do abastecimento nos pontos críticos antes e após obras de melhoria da infraestrutura. Verifica-se a eliminação da intermitência no abastecimento.**

Em relação às ações focadas na micromedicação, estas se basearam principalmente na substituição dos medidores convencionais por medidores de tecnologia mais elevada, os medidores ultrassônicos, que não possuem partes móveis no seu interior, e por este motivo, provocam baixa perda de carga na entrada de água das instalações, não sofrendo impacto em decorrência do gerenciamento de pressão realizado nos setores de abastecimento. Além da melhoria na medição, corrigindo os erros provenientes da submedição, estes medidores possibilitam operar o sistema com pressões mais próximas aos valores mínimos previstos nas normas sem causar impacto aos clientes.

Outro ponto relevante em relação a utilização deste tipo de medidor é a ampliação da faixa de trabalho, uma vez que possuem um amplo range de medição com maior precisão.



Em 2017 foram realizadas atuações em 7 grandes consumidores, que trouxeram uma recuperação de 2.080 m<sup>3</sup>/mês, que representam o aumento de R\$ 12.300 por mês, conforme detalhado abaixo.

Quantidade Trocas (Hidro) Fase 1	Volume Recuperado (m <sup>3</sup> /mês)	Valor Recuperado (R\$/mês)
7	2.080,00	R\$ 12.300,00
<b>Tabela 2 - Resultado na Micromedição obtido após trocas estrategicamente selecionadas.</b>		

Em linhas gerais, as intervenções realizadas na primeira etapa do trabalho trouxeram como resultados a melhoria no abastecimento a população, consequentemente, a ampliação da satisfação dos clientes e melhoria na micromedição. Outro fator relevante de destaque foi a melhoria operacional do sistema, através da eliminação de fatores críticos que impediam o adequado gerenciamento das pressões nas tubulações da malha do sistema de distribuição, uma vez que devido as altíssimas velocidades verificadas nas linhas primárias, as pressões de trabalho precisavam operar sempre em valores máximos, de modo a suprir a perda de carga devido a precariedade do sistema. Após as obras, foi possível realizar de maneira adequada o gerenciamento das pressões nas tubulações, através das válvulas redutoras automatizadas, que passaram a abranger 100% do setor.

## SEGUNDA ETAPA

Através das ações descritas acima, foram resolvidos problemas críticos do setor, promovendo a regularidade do abastecimento. Estas ações, além de aumentarem a satisfação dos clientes, possibilitaram o andamento da segunda fase do projeto, que consiste na aplicação da modelagem e engenharia de modo a potencializar o gerenciamento das pressões e a redução de perdas, aparentes e reais.

O modelo do setor foi de forma contínua atualizado e calibrado, e através do mesmo, foram previstas as ações listadas abaixo, onde por meio das quais espera-se atingir a redução nos índices de perdas.

Para esta segunda fase estão previstas as ações destacadas abaixo:

- Assentamento de 8.814 m de rede para reforço de rede e ampliação da oferta de água;
- Implantação de 2 minibombas para atendimento de áreas de coroa;
- Implantação de 11 válvulas redutoras de pressão automatizadas para melhoria da gestão de pressão no setor;
- Renovação do parque de medidores analisados, através do estabelecimento de curva de prioridade.

## RESULTADOS ESPERADOS – SEGUNDA ETAPA

Para a segunda fase do projeto está prevista também troca de 21.489 medidores, de grande e pequena capacidade, trocas que tem como estimativa de resultado um retorno de mais de 70 mil m<sup>3</sup>/mês no Volume Medido.

Quantidade Trocas (Hidro) Fase 2	Volume Recuperado (m <sup>3</sup> /mês)	Valor Recuperado (R\$/mês)
21489	70.282,00	R\$ 289.836,00
<b>Tabela 4 - Resultado na Micromedição estimado na segunda etapa.</b>		

Abaixo a estimativa da taxa de retorno dos investimentos (payback). De acordo com os dados analisados, espera-se que os resultados do projeto superem os valores investidos em 14 meses após a conclusão das obras.

Investimentos	Valor Investido	Recuperação	Valor Recuperado (R\$/mês)	Payback (meses)
Obras - Fase 1	R\$ 1.582.465,87	Redução de Perdas - Fase 1	R\$ 21.347,03	14
Micromedido - Fase 1	R\$ 14.046,00	Retorno VM - Fase 1	R\$ 12.300,00	
Obras - Fase 2	R\$ 1.947.927,09	Redução de Perdas - Fase 2	R\$ 41.587,49	
Micromedido - Fase 2	R\$ 1.574.780,00	Retorno VM - Fase 2	R\$ 289.836,00	
Total Investido	R\$ 5.119.218,96	Total Recuperado (R\$/mês)	R\$ 365.070,51	
Tabela 5 - Estimativa da taxa de retorno do projeto (Payback)				

Com todas as ações previstas, será possível também realizar a divisão do setor em pequenas áreas de medição e controle, onde será possível refinar o gerenciamento das pressões através das válvulas redutoras automatizadas, uma vez que dentro do sistema existem áreas com diferentes características topográficas e, consequentemente, diferentes pressões de operação.

Através dos investimentos propostos, estima-se que o índice de perdas na distribuição cairá de 41%, verificados atualmente, para 32% após as obras. O Índice de Perdas na Distribuição Total – IPDT, que hoje é de 356 L\*lig\*dia, será de 266 L\*lig\*dia após a conclusão das obras.

IANC ATUAL (%)	IANC FUTURO (%)
41%	32%
IPDT ATUAL (L*Lig*dia)	IPDT FUTURO (L*Lig*dia)
356	266
<b>Tabela 6 - Resultados Esperados</b>	

## CONCLUSÕES

Com a análise dos resultados obtidos na primeira etapa do projeto, e também dos resultados esperados com as ações previstas na segunda etapa, concluímos que a atuação através de ações integradas entre a área operacional, engenharia e comercial promove a potencialização dos esforços, trazendo maior foco nas ações, e consequentemente, melhores produtos e resultados, além de promover a integração entre as áreas e pessoas, trazendo sinergia aos processos da unidade.

Sendo assim, verificamos que atuação integrada com visão sistêmica é o diferencial na obtenção de resultados expressivos no combate as perdas, redução que representa economia de energia, preservação ambiental do recurso hídrico, perenidade do abastecimento com água de qualidade para as próximas gerações e sustentabilidade econômica para as empresas de saneamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MOTTA, R.G. Importância da Setorização adequada para combate às perdas reais de água de abastecimento público. 2010. 176 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
2. VIEGAS, J.V.. Redução de Pressão – Uma alternativa técnica para melhorar a eficiência operacional, 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa, 2001.
3. BITTENCOURT, M. EMANUEL, G.M. Diminuição de vazão mínima noturna por redução de pressão, XIX Exposição de Experiências Municipais do Saneamento. Poços de Caldas, 2015.
4. MINISTÉRIO DAS CIDADES, GONÇALVES, E. LIMA, C.V. Guias práticos – Volume 4 – Controle de pressões e operação de válvulas redutoras de pressão. Brasília, 2007.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12218/94: projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
6. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2015. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.
7. FERREIRA, J. A. F. Modelação de Sistemas Hidráulicos para Simulação com *Hardware-in-the-loop*. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Mecânica. 2003.