

34ª ASSEMBLEIA NACIONAL DA ASSEMAE

8ª EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS

MUNICIPAIS EM SANEAMENTO

ANÁLISE CRÍTICA DOS NOVOS PROCEDIMENTOS PARA
DETECÇÃO DE VAZAMENTOS NÃO VISÍVEIS.

Autores:

José Antonio Golfetto – Sabesp – Controle de Perdas - Sul

Luis Augusto Vieira dos Santos - Sabesp - Controle de Perdas - Sul

Nilton Zaniboni – Sabesp – Planejamento Integrado de Operação

Pierre Ribeiro de Siqueira - Sabesp - Controle de Perdas - Sul

ANÁLISE CRÍTICA DOS NOVOS PROCEDIMENTOS PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS NÃO VISÍVEIS.

Objetivo

A medida de eficiência operacional das empresas de saneamento nos dias atuais são seus indicadores de controle de perdas. Os mais recentes conceitos e estudos acabam colocando a detecção de vazamentos não visíveis entre as quatro mais importantes ações para o controle e diminuição de perdas, não importando que tipo de índices ou indicadores seja utilizado. Este trabalho tem como objetivo apresentar, através dos resultados obtidos pelas equipes de detecção de vazamentos da Sabesp, Região Metropolitana de São Paulo, UN Sul, Divisão de Controle de Perdas Sul - MSEP, obtidos ao longo dos anos de 2002/2003, utilizando os procedimentos estabelecidos pela ABENDE - Associação Brasileira de Ensaio não Destrutivos, as vantagens e desvantagens destes procedimentos e também propor algumas sugestões, em função das experiências obtidas ao longo de dois anos de aplicação dos mesmos.

Metodologia

A metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho baseia-se na avaliação dos relatórios obtidos, seu acompanhamento e discussão, testes comparativos entre os vários modos de trabalho, análise econômico-financeira para melhor aproveitamento e dimensionamento das equipes.

Para melhor entendimento, cabe um pequeno histórico sobre a detecção de vazamentos e o início da implantação dos procedimentos ABENDE.

Até meados do ano de 1999, a detecção de vazamentos não visíveis na UN Sul mantinha equipes noturnas, utilizando basicamente geofones mecânicos para a execução de seu trabalho, que consistia de varreduras em setores de abastecimento, áreas de VRP's, Boosters e nas pesquisas denominadas "especiais", pesquisas estas solicitadas pelos Pólos de manutenção para auxiliar suas equipes de reparos na localização de vazamentos pontuais.

As equipes praticavam o trabalho noturno pois os equipamentos utilizados não possuíam a capacidade de detecção dos atuais, nem existiam as técnicas e procedimentos necessários para trabalhar com pressões menores, características do período diurno.

Com a introdução de novos equipamentos para a detecção de vazamentos não visíveis, com amplificadores eletrônicos de maior sensibilidade e maior amplitude de detecção, criou-se a condição de detectar-se vazamentos no período diurno.

Para tanto, sentiu-se a necessidade de se conhecer e praticar os procedimentos adequados que permitissem a melhor utilização dos equipamentos, dentro dos fatores limitantes que o trabalho diurno impõe.

Esses novos procedimentos foram criados por representantes de um grupo de empresas, públicas e privadas, a partir de modelos de trabalho existentes em diversos países, adaptando as melhores idéias às

condições nacionais. A partir desse modelo, criou-se as bases necessárias para que, uma vez comprovado o acerto do mesmo, este fosse inserido na **Associação Brasileira de Ensaios não Destrutivos - ABENDE**, denominado **PR – 051**, visando a padronização de sua aplicação pela qualificação e certificação dos técnicos em detecção, bem como das exigências mínimas de equipamento.

Cabe abrir um parágrafo para uma rápida explicação da **ABENDE**.

Essa associação foi criada visando padronizar procedimentos de trabalho, em ensaios não destrutivos, inicialmente ligados a indústria Petrolífera, Principalmente a Petrobrás, estendendo num período posterior para áreas como a indústria aeronáutica, nuclear, naval e automobilística, apenas para citar as que agregam maior tecnologia de ponta.

A participação de empresas como a Sabesp, Sanepar, Cobrape, BBL, Sanit, Mogno, Etep, etc, em todos os passos na criação desses procedimentos foi um fator determinante para que estas práticas tivessem o aval da seriedade e qualidade necessárias para que sua aplicação e aceitação na ABENDE, permitindo um real ganho de eficiência e eficácia no trabalho de detecção de vazamentos não visíveis.

Isso posto, a UN Sul treinou em torno de 45 pessoas envolvidas na atividade de detecção de vazamentos não visíveis, tendo já qualificado e certificado dois Nível N3 - Universitários, um Nível N2 - Técnico e um Nível N1 -Operacional, estando o restante da equipe em processo de qualificação.

Parte dessas pessoas estão ligadas diretamente aos Pólos de manutenção, visando dar continuidade nas pesquisas “especiais”, desvinculando, as equipes ligadas diretamente na varredura propriamente dita da execução destes serviços.

Resultados Obtidos (esperados)

Com o surgimento dos novos procedimentos, o histórico obtido anteriormente com as varreduras noturnas, em termos de extensão executada por período não permitia balizar o trabalho no período diurno, sendo necessário um período de desenvolvimento para melhor conhecimento das reais possibilidades das equipes e adequação de produtividade com a utilização dos novos procedimentos.

As metas estabelecidas para as equipes de varredura noturna na Unidade de Negócios Sul, baseavam-se na possibilidade de atender tanto as demandas dos Pólos quanto as necessidades reais de varredura, tendo como meta um máximo de 900 Km, estabelecido durante o ano de 2000, meta esta atingida no final do mesmo ano.

Com um total de 7 homens, divididos conforme as necessidades, eram realizadas uma média de 25 “pesquisas especiais” por período, muitas vezes em detrimento da varredura propriamente dita, causando descontinuidade nos trabalhos específicos, afetando diretamente a qualidade do trabalho de varredura, com um índice de acertos em torno de 90%. aquém do considerado satisfatório.

Houve então um período de transição, no qual o pessoal que atuava diretamente na varredura no período noturno passou pelo treinamento dos procedimentos ABENDE, sendo gradativamente realocados, com quatro deles sendo encaminhados para os Pólos de Manutenção, visando auxiliar os elementos que lá atuavam em outras funções mas que foram indicados para passar pelo treinamento dos procedimentos e não possuíam experiência neste trabalho, implantando as pesquisas “especiais” em cada Pólo com pessoal próprio, mantendo uma equipe adequada para suas necessidades e permitindo desvincular este serviço do serviço de varredura propriamente dito.

Para a montagem das equipes voltadas diretamente para as varreduras, mesclou-se o restante dos elementos da equipe anterior com novos contratados, que também foram submetidos ao treinamento dos procedimentos.

No início não foram estabelecidas metas, dando-se ênfase mais para o treinamento de pessoal e análise do procedimento.

Gradativamente, a utilização dos procedimentos mostraram-se válidos, permitindo um ganho no índice de acertos da ordem de 8%, pulando dos antigos 90% para 98% em média, com índices de performance e índices de cobertura dentro dos padrões pré-estabelecidos nas metas gerenciais.

Cabe observar que houve, em função da mudança do período do trabalho, duas mudanças fundamentais:

- um acréscimo de atribuições para as equipes de detecção, pois além da varredura propriamente dita, também são verificados possíveis perdas aparentes em cavaletes e hidrômetros, fiscalização de contratadas e apoio a áreas sensíveis, tais como Controle Sanitário, Manobra e Pólos de Manutenção.
- Uma diminuição de custos com pessoal, devido a eliminação dos custos com adicional noturno.

A somatória desses fatores acabou gerando um ganho significativo no trabalho de detecção de vazamentos não visíveis, tornado a prática bastante atrativa e permitindo um aprimoramento no planejamento das atividades

Deste modo, houve um ganho na qualidade e no melhor aproveitamento de mão de obra especializada, antes restrita devido às limitações do período noturno.

A partir deste ponto, começou-se a estipular metas para as equipes, baseando-se no livro GORP- Gestão Operacional para redução de Perdas – 1999/2002 - estabelecendo a varredura de no mínimo 40% da extensão do sistema de abastecimento de água da MS, com frequência dupla, em torno de 3600 Km/ano, com ênfase nas áreas críticas, além de oferecer suporte, quando necessário, para as áreas de Controle Sanitário, Controle de Operação e em casos excepcionais, aos Pólos de Manutenção (Regionais).

A partir deste período, visando atingir as metas estabelecidas, começou-se uma avaliação para a determinação do número ideal de técnicos por equipe, que permitisse alcançar essas metas sem perder o foco da qualidade e custos, dentro da disponibilidade de pessoal, levando-se em conta a necessidade de deslocamento e número de equipamentos disponíveis.

Com 6 homens disponíveis, a montagem das equipes permitia algumas combinações para realizar os estudos de melhor performance utilizando os procedimentos, e os resultados obtidos foram:

- Com a utilização de dois homens por equipe, a performance diária ficou em no máximo 04 Km, ou um total mensal de 80 km, considerando uma média de 20 dias úteis /mês.
- Com a utilização de três homens por equipe, a performance diária girou em torno de 07 Km por dia, ou 140 Km/mês.
- Com a utilização de quatro homens por equipe, a performance diária girou em torno de 9Km, ou seja 180 Km/mês.

Pelo demonstrado, a equipe de melhor performance acabou sendo a de três homens por equipe, pois com duas equipes de três homens pode ser feito 280 km/mês, e uma equipe de quatro homens não apresenta um aumento significativo na produtividade, pois pode ser observado que quando alteramos a equipe de dois para três homens, o aumento é de 75% na quantidade de extensão varrida.

Com quatro homens, esse aumento foi de 29%, que somada a uma equipe dos dois homens restantes, teríamos um total mensal de 260 Km.

Deve ser observado que estas extensões são baseadas nas equipes realizando apenas as varreduras, desconsiderando as solicitações de pesquisas “especiais” feitas pelos Pólos, Centro de Controle e Controle Sanitário, valendo principalmente para as empresas que prestam serviço para as Cias de saneamento.

Em função dessa estrutura das equipes, das metas estipuladas e das experiências de campo, percebeu-se que poderia ser obtido um aumento de eficiência com a modificação dos procedimentos em alguns pontos, tais como, implantando a varredura instantânea, ou seja, definindo os pontos suspeitos e confirmando ou não a existência de vazamentos no local no mesmo instante, desde que as condições estejam ideais, evitando o retorno da equipe ao mesmo local outro dia, sem prejuízo à qualidade e obtendo-se um aumento de produtividade.

Tecnicamente o maior ganho deu-se na ausência de variações de pressão ou de outras condições que inviabilizasse a determinação do vazamento no dia seguinte, pois as condições desde a determinação do ponto suspeito até a efetiva locação do provável vazamento praticamente não se alteram.

Ressalta-se que essa modificação no procedimento e adequação de estrutura permitiu um planejamento dos serviços a níveis nunca alcançados anteriormente, possibilitando organizar o dia a dia das equipes, disponibilidade de equipamentos e facilitando a organização dos responsáveis pelos reparos nas áreas a se programarem com antecedência, disponibilizando recursos para os mesmos.

Também merece destaque o incremento de novas tecnologias, principalmente dos "logger's" ou registradores de ruído de vazamentos com possibilidade de correlação.

Essa nova tecnologia, pelo seu pioneirismo, necessitou de estudos para que sua utilização fosse feita com a maior eficácia e eficiência possíveis, abrindo um leque de oportunidades para o avanço da detecção de vazamentos não visíveis e consequentemente da efetiva redução de perdas reais.

Estimativas de ganhos com os novos procedimentos.

A detecção de vazamentos não visíveis, com a utilização dos novos procedimentos, permite avaliar de modo mais consistente a recuperação das perdas reais, principalmente se levarmos em consideração os seguintes parâmetros:

Magnitude dos vazamentos é = C+L+R, onde:

C= Conhecimento da existência de um vazamento;

L= Tempo de localização do vazamento;

R= Tempo de reparo do vazamento.

Todo o problema se dá em saber o quanto dura um vazamento não visível, pois os vazamentos visíveis acabam tendo uma magnitude significativamente mais baixa, pois são rapidamente reparados, apesar de normalmente apresentarem grandes vazões.

Já os vazamentos não visíveis necessitam de uma análise mais apurada. No caso da aplicação de uma política sistemática de pesquisa para a detecção de vazamentos não visíveis, podemos afirmar que o tempo médio de duração do vazamento é a metade do intervalo de tempo entre as pesquisas.

Se considerarmos um sistema que tenha um bom gerenciamento de infra-estrutura, gerenciamento de pressões e uma boa velocidade e qualidade de reparos, considerando que a vazão de um vazamento, com uma

abertura de 6 mm e com uma pressão média em torno de 15 mca gira em torno de 16m³/dia, se executarmos a pesquisa no intervalo de um ano, os vazamentos terão a duração de seis meses, ou 180 dias.

Baseados nesse número, podemos calcular que a magnitude desse vazamento é de 2880 m³.

Na Sabesp, Unidade de Negócios Sul, aplicando-se os procedimentos tanto com a Mão-de-obra própria quanto contratada, foram varridos, no ano de 2002, a extensão de 2372 Km, sendo locados 1819 vazamentos. Considerando o exposto, a vazão estimada recuperada foi de **5.238.720 m³**.

Este valor é uma aproximação razoável do que pode ser efetivamente recuperado quando aplicamos os procedimentos, mas os ganhos tendem a ser maiores, na medida em que analisamos os trabalhos realmente executados pelas equipes.

Cabe observar que as varreduras são preferencialmente executadas com uma periodicidade maior em áreas que historicamente apresentam um quadro de vazamentos não visíveis acima da média, com problemas de pressão elevada, redes antigas, etc., mas também é muito utilizada para controlar as áreas de VRP's e Boosters, áreas estas que mantêm um certo equilíbrio no número de vazamentos, pois permitem um controle das vazões mínimas noturnas, excelentes indicadores da existência ou do aparecimento de vazamentos.

Mas o maior diferencial que estes novos procedimentos acabaram apresentando foi a possibilidade de acesso aos cavaletes, possibilidade esta raramente conseguida no período noturno, que ampliou significativamente a análise e observação de problemas nos mesmos, que são responsáveis por uma perda real bastante significativa. Além disso, no período diurno pode-se solicitar a intervenção quase imediata das equipes de manutenção, no caso de um vazamento de proporções maiores, colaborando decisivamente com a diminuição dos volumes das perdas reais.

Algumas desvantagens observadas.

A principal desvantagem observada é o custo elevado de aquisição e manutenção dos equipamentos utilizados na prática dos procedimentos ABENDE, pois os mesmos são em sua maioria importados, com baixo ou nenhum nível de nacionalização, consequentemente dificultando sua aplicação em pequenas empresas de saneamento, pois o Pay-back do investimento acaba sendo muito longo.

Outro item que de certo modo pode ser considerado uma desvantagem acaba sendo a obrigatoriedade de apenas realizar-se as varreduras em locais que apresentem pressão mínima igual ou maior que 15 mca. Esta obrigatoriedade é justificada pela dificuldade de se determinar o ponto exato do vazamento com pressões menores, mas em casos da existência desses vazamentos, normalmente se aplica o trabalho noturno, com os consequentes custos inerentes a esse trabalho.

Este procedimento também se aplica em áreas com trânsito excessivo e em algumas áreas industriais.

Tabelas e gráficos dos resultados alcançados

A seguir serão mostrados algumas tabelas e gráficos para ilustrar os resultados alcançados pela equipe de detecção de vazamentos não visíveis da Sabesp, Unidade de Negócios-Sul, MS, Departamento de Eng^a de Operação, MSE, Divisão de Controle de Perdas – Sul, MSEP e de contratada, utilizando os procedimentos, durante o ano de 2002/2003 e contratadas da área.

Tabela 1:

Relatório anual - Detecção de vazamentos não visíveis - MS										
Ano 2002										
Mão de obra Própria + Contratada										
Mês	Mão de obra própria	Contratada	Total	Abertura de F.C	Baixa de F.C	Fiscalização Executada	F.C não Executada	Retrabalho	Exec.	Erro na detecção
Janeiro	115	27	142	142	142	142	3	3	136	3
Fevereiro	146	43	189	189	189	189	19	6	164	2
Março	122	70	192	192	192	192	2	3	187	4
Abril	135	100	235	235	235	235	12	5	218	5
Mai	96	78	174	174	174	174	14	2	158	3
Junho	57	40	97	97	97	97	7	1	89	1
Julho	58	65	123	123	123	123	5	1	117	0
Agosto	55	78	133	133	133	133	9	0	124	0
Setembro	124	47	171	171	171	171	5	0	166	0
Outubro	112	52	164	164	164	164	2	0	162	0
Novembro	112	0	112	112	112	112	2	0	110	0
Dezembro	87	0	87	87	87	87	0	0	87	0
Total	1219	600	1819	1819	1819	1819	80	21	1718	18

% de Fiscalização	100,0%
% Folha de Campo Executada	94,4%
% de Retrabalho	1,20%
% de F.C não Executada	4,4%

A tabela 1 demonstra a quantidade de vazamentos que podem ser locados por mês, somando-se a mão-de-obra própria, com um total de 06 homens envolvidos no trabalho, mais a contratada, com outros 06 homens . Os meses de novembro e dezembro, no que se refere à contratada, não apresenta resultados pois o contrato com a mesma foi concluído.

Cabe observar que a fiscalização é executada apenas pelas equipes de Mão-de-obra própria, que além dos trabalhos de varredura propriamente ditos, também executam serviços de apoio ao Centro de Controle (manobra), Controle Sanitário e em casos excepcionais, aos Pólos de Manutenção.

Tabela 2 :

Extensão de redes varridas com a utilização dos novos procedimentos executados durante o ano de 2002/2003			
MOP + Contratada*			
Mês	extensão - 2002-(Km)	extensão - 2003 - (Km)	
Janeiro	194	97,02	
fevereiro	224	66,98	
Março	233	18,06	
Abril	265	158,73	
maio	212,13	282,71	
junho	213,68	250,64	
julho	276,31	298,43	
agosto	164,06	316,49	
setembro	198,09	204,24	
outubro	187,65	239,57	
novembro	128,58	219,92	
dezembro	121,05	162,53	
Total	2417,55	2315,32	

A tabela anterior demonstra a produtividade das equipes de detecção de vazamentos não visíveis, incluindo mão de obra própria como de contratadas, em relação à extensão de varreduras executadas por mês. A variação de extensão de alguns meses se deu ao encerramento e/ou início de contratos.

A meta estabelecida no Planejamento anual, de 3600 Km/ano em frequência dupla nas áreas com histórico de maior incidência de vazamentos não visíveis não foi atendida, principalmente pelo fato de ter-se encerrados os contratos com as prestadoras de serviço, bem ter como havido ao longo do período várias solicitações de apoio por outras unidades. No entanto, se somar-se as extensões dessas solicitações, ter-se-ia atingido e até superado a meta.

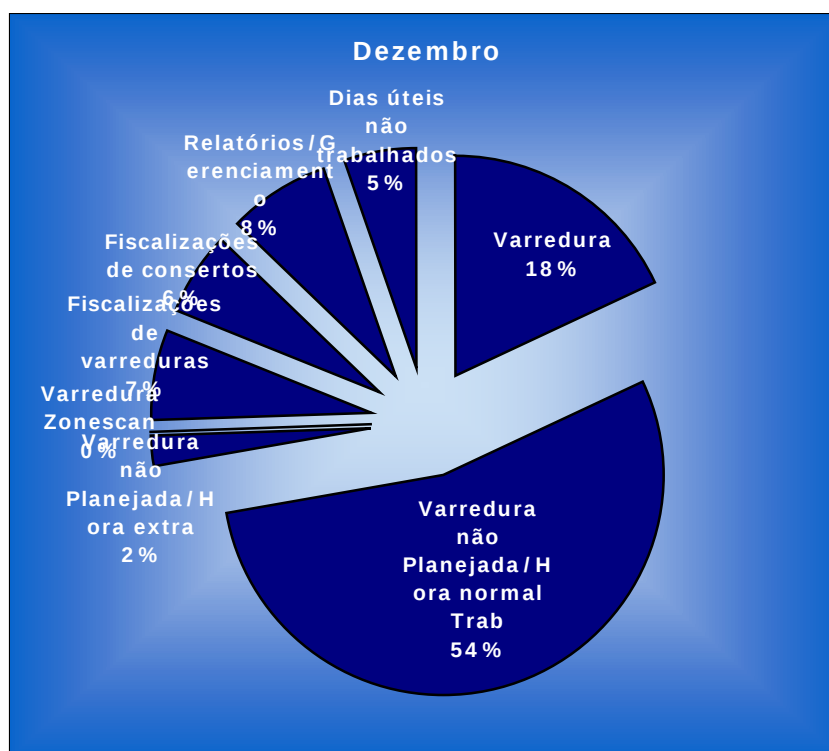
Tabela 3 : Perdas Aparentes:

Relativas ao ano de 2002/2003					
Ligações MS Ref. Janeiro 2002/ 2003	Ligações vistoriadas	Vaz. Cav.	Hidros Inclinados	Hidros c/problemas	Suspeita de fraude
567231	320858	4424	11404	968	614
Índice de não conformidades 320858/17140= 18					

A Tabela acima demonstra alguns resultados que foram conseguidos pelas equipes de detecção de vazamentos não visíveis, que basicamente tornaram-se possíveis com a aplicação dos novos procedimentos. Quando o trabalho começou a ser executado durante o período diurno, permitindo o acesso aos cavaletes e outros pontos de contato com a rede de distribuição necessários para a execução da varredura, a visualização e análise destes problemas acabaram por consolidar esta possibilidade, agregando valores ao trabalho da varredura em si, contribuindo de maneira importante na diminuição das perdas.

Gráfico :

Este exemplo de gráfico representa os serviços executados pela Mão-de-obra própria, no período de dezembro de 2003.



Importante observar que as atividades demonstradas no gráfico referem-se apenas às equipes das próprias empresas de saneamento, pois não se aplicando para as contratadas.

Novas tecnologias

A detecção de vazamentos não visíveis, como já demonstrado, agrega hoje um razoável aporte de tecnologia, permitindo um alto índice de confiabilidade dos trabalhos executados.

Novas tecnologias estão sendo disponibilizadas, principalmente os “Logger’s de ruídos”, equipamentos que ficam instalados em pontos de contato direto com as redes de distribuição, como por exemplo cavaletes, registros, válvulas, etc., permitindo um aprimoramento das detecções de vazamentos pois podem ser programados para “varrer eletronicamente” a área onde ficam instalados, no horário que for mais conveniente, (em torno de 100m de raio para cada sensor implantado), monitorando e analisando as características de ruídos por eles detectados, e comunica-se via rádio com o equipamento receptor. Através da análise de amplitude e distribuição dos ruídos, o aparelho informa ao operador a possibilidade da existência ou não de vazamentos na área de influência de cada sensor, delimitando dessa maneira a área em que será necessária a pesquisa de vazamentos. Tal equipamento será de grande valia na gestão de vazamentos.

Conclusões/Recomendações

Após três anos de trabalho utilizando os procedimentos ABENDE para detecção de vazamentos não visíveis, foi observado que produtividade e eficiência não sofreram nenhum tipo de redução, permitindo, pelo contrário, uma melhora significativa no índice de acertos e um acréscimo de serviços antes não possíveis.

As modificações no procedimento trouxeram a possibilidade de planejar e acompanhar as varreduras em níveis não alcançados anteriormente, com ganhos de qualidade, redução de custos e melhor entendimento com os responsáveis dos consertos dos vazamentos locados, permitindo inclusive determinar qual o dimensionamento ideal para cada equipe, em função do trabalho a ser executado, da disponibilidade e do tempo esperado para execução dos mesmos.

Desse modo, este trabalho pode servir como ponto partida para mudanças nos procedimentos, visando sempre o aprimoramento dos serviços de varredura para detecção de vazamentos não visíveis e a conseqüente diminuição de perdas reais.

Bibliografia

1. Alves, Wolney C. et alli. Macromedicação. - Ministério do Planejamento e Orçamento, Brasília, 1999.
2. American Water Works Association – AWWA. Water Transmission and Distribution – Denver, 1996.
3. American Water Works Association – AWWA. Water Audits and Leak Detection, Denver, 1996.
4. California Department of Health Services and U.S. Environmental Protection Agency – EPA. Water Distribution System Operation and Maintenance, Sacramento, 1996.
5. Convênio SENAI/SABESP/APEOP. Segurança: Curso de Instalador de Ramal Predial de Água, São Paulo, 1999.
6. Favero, J. A. e Suzuki, C. T.. Metodologia de Aplicação de Distrito Pitométrico no Programa de Redução e Controle de Vazamentos. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, 1987.

7. Hueb, J. A. .. Control de Fugas en Los Sistemas de Distribución de Agua Potable. CEPIS, Lima, 1985.
8. Jeffcoate, P. and Saravanapan, A. . The Reduction and Control of Unaccounted-for Water. Work Bank Technical Paper nº 72, Washington, 1987.
9. Lambert, A; Myers, S. and Trow, S.. Manging Water Leakage – Economic and Technical Issues. Financial Times, London, 1998.
10. Meiches, L. A . M.. Controle de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água . Dissertação apresentada à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de Mestre em Engenharia. São Paulo, 1984.
11. Payão, J.C., Schmidt, W e Schoroder, G.. Fundamentos de Ensaio de Vazamentos e Estanqueidade. ABENDE, São Paulo, 1996.
12. SABESP. Geofonamento e Locação de Rede - Coceitos e Aplicação. São Paulo, 1990.
13. SABESP. Indicadores de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água. São Paulo, 1997.
14. SABESP. Pitometria. São Paulo, 1980.
15. SABESP/BBL. Curso de Controle de Pressão Através de Válvulas Redutoras de Pressão. São Paulo, 1999.
16. SABESP/BBL. Metodologia para análise e Caracterização do Relacionamento entre Perdas Físicas e Variação de Pressão na Rede de Distribuição de Água. São Paulo, 1999.
17. Sarzedas, G.L.. Controle de Pressão na Rede. Ministério do Planejamento e Orçamento, Brasília, 1999.
18. Suman, L. E. e Sevciuc, N.. Deteccão de Vazamentos Não-Visíveis em Tubulação Enterrada de Líquidos sob Pressão, com a Utilização de Equipamentos Acústicos e Correlacionador de Ruído de Vazamento. Trabalho apresentado no XV Congresso Nacional de Ensaios Não-Destrutivos, São Paulo, 1996.
19. U.K. Water Industry. Managing Leakage Report A . – Sumary Report. London, 1994.
20. Water Research Centre – WRC. Leakage Police and Practice. Report 26, London, 1985.
21. Waterworks Bureau of the Sapporo Municipal Government. Water Leak Prevention. Sapporo, 1994.0-p
22. CETRE/ABENDE. Apostila de Deteccão de Vazamentos Não-Visíveis. São Paulo, 2000.
23. SABESP. Controle e Redução de Perdas na RMSP. São Paulo, 2001
24. SABESP/MSEP. Relatório Mensal de Deteccão de Vazamentos Não-Visíveis. São Paulo, 2002/2003.