



## DETERMINAÇÃO DE INDICADORES DE INVESTIMENTOS PARA REDUÇÃO DE PERDAS A PARTIR DA INSTRUMENTAÇÃO E ESTUDO DE UM DISTRITO DE MEDIÇÃO E CONTROLE – DMC

### **Daniel Manzi<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil, Mestre em Hidráulica e Saneamento (EESC/USP), Doutor em Hidráulica (FEC/UNICAMP). Consultor de Soluções Sênior da Itron.

### **Daniele Bertaco Ramirez<sup>(2)</sup>**

Bióloga e Engenheira Ambiental. Mestre em Saneamento e Ambiente (FEC/UNICAMP). Analista de Fiscalização e Regulação da ARES-PCJ.

### **Edilinson Martins<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil, Mestre em Hidráulica e Saneamento (EESC/USP). Analista de Fiscalização e Regulação da ARES-PCJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Joaquim Boer, 792- Jardim Helena – Americana - SP - CEP: 13.477-360 -Brasil - Tel: +55 (19) 3471-8449 - e-mail: [daniel.manzi@itron.com](mailto:daniel.manzi@itron.com).

### **RESUMO**

A gestão das perdas de água é um dos grandes desafios do saneamento brasileiro, que apresenta um índice nacional médio de perdas na distribuição de 38,1% para o ano de 2016, com valores locais que variam desde a casa dos 13% até 80% município a município (SNIS, 2018). Todavia, a necessidade e capacidade de investimentos para redução das perdas varia consideravelmente em função do tamanho e realidade da prestação dos serviços em cada município, e não há indicadores disponíveis para avaliação do nível econômico de investimento em perdas, para planejamento e programação das ações de forma adequada a cada realidade local. Com a finalidade de estudar e avaliar as estratégias possíveis para controle das parcelas reais e aparentes das perdas em um setor de distribuição de água, a ARES-PCJ realizou um Programa em um Distrito de Medição e Controle (DMC) de um município associado, que permitiu a determinação de práticas adequadas e factíveis de gestão de perdas enquanto ferramenta regulatória.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Distrito de Medição e Controle; Controle de Perdas; Indicadores de Investimentos.

### **INTRODUÇÃO**

O Brasil é um país de dimensões continentais, com uma população superior a 207 milhões de habitantes distribuída em 5.570 municípios (IBGE, 2018), cuja diversidade de realidades locais reflete em uma grande amplitude dos indicadores gerais da prestação dos serviços de saneamento entre municípios.

A gestão das perdas de água é um dos grandes desafios do saneamento brasileiro, que apresenta um índice nacional médio de perdas na distribuição de 38,1% para o ano de 2016, com valores locais que variam desde a casa dos 13% até 80% município a município (SNIS, 2018).

Com objetivo de uma regulação próxima da realidade local e com economia de escala, surgiu em maio de 2011 a Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – ARES-PCJ, como um consórcio público de municípios para fiscalização e regulação dos serviços de saneamento.

Atualmente com 52 municípios associados, a ARES-PCJ atua na definição de normas, padrões e tarifas para os serviços em uma região de elevado stress hídrico e responsável por cerca de 4% do PIB brasileiro (COBRAPE, 2011).

Mesmo em uma região de intenso desenvolvimento humano e econômico, também é possível observar uma grande variação dos índices de perdas na distribuição entre os 52 municípios associados a ARES-PCJ, com valores variando desde 13% até 60%, com média de 31,1%.



As técnicas usuais de controle e redução das perdas de água normalmente envolvem aspectos de gestão e investimentos em ativos como (FARLEY, 2008; AWWA, 2009; WHO, 2011; IWA, 2014):

- Setorização das redes de distribuição em zonas de controle ou Distritos de Medição e Controle (DMC);
- Medição dos volumes de entrada nestas zonas;
- Controle da pressão na rede de distribuição;
- Gerenciamento e substituição de hidrômetros;
- Pesquisa e gestão ativa de vazamentos;
- Controle da inadimplência;
- Combate às fraudes;
- Gestão comercial adequada;
- Gestão de infraestrutura, como troca de redes e ramais.

Todavia, a necessidade e capacidade de investimentos para redução das perdas varia consideravelmente em função do tamanho e realidade da prestação dos serviços em cada município e não há indicadores disponíveis para avaliação do nível econômico de investimento em perdas, para planejamento e priorização das ações de forma adequada a cada realidade local.

Desta forma, a atuação das Agências Reguladoras em prol do Princípio da Eficiência na prestação dos serviços de saneamento, previsto no Art. 2º da Lei federal nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007), requer métricas adequadas de avaliação técnica e econômica dos investimentos necessários e recuperações factíveis de perdas em sistemas de abastecimento de água, respeitadas as escalas e características particulares de cada prestação dos serviços.

Com a finalidade de estudar e avaliar as estratégias possíveis para controle das parcelas reais e aparentes das perdas em um setor de distribuição de água, a ARES-PCJ realizou um Programa em um Distrito de Medição e Controle (DMC) de um município associado, de forma a ser possível definir quais taxas de redução de perdas são realmente aplicáveis aos sistemas existentes nos demais municípios associados, além de subsidiar a elaboração de estratégias factíveis para redução de perdas nos demais municípios regulados e exigíveis pela Agência Reguladora no exercício de suas funções.

## **OBJETIVO**

O presente estudo pretende apresentar o desenvolvimento e aplicação de metodologia para instrumentação, diagnóstico, implementação de estratégias de redução de perdas e avaliação de seus resultados em um Distrito de Medição e Controle – DMC, visando a produção de indicadores de investimento para balizar as ações dos municípios e agência reguladora.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

### **Descrição e características da área de estudo**

O DMC denominado Jardim Laudisse é um setor de distribuição de água do município de Santa Bárbara d'Oeste – SP, operado pelo Departamento de Água e Esgoto (DAE) de Santa Bárbara d'Oeste, composto por 222 ligações com ocupação predominantemente residencial. O setor estava fisicamente isolado antes da instrumentação e já possuía uma Válvula Redutora de Pressão – VRP com operação convencional (mecânica) e não otimizada.

Com uma extensão total de redes de cerca de 2,7 km, o setor possui ocupação com edificações térreas com áreas entre 80 e 200 m<sup>2</sup>.

A Figura 1 ilustra a disposição geral do DMC e VRP.



**Figura 1: Aspecto geral do DMC estudado**

### Ações implementadas

A metodologia adotada para realização do estudo consistiu na instalação de equipamentos e realização de serviços, compostos em 5 etapas gerais, conforme ilustra a Tabela 1.

**Tabela 1: Metodologia aplicada**

Etapa		Atividades
1	Diagnóstico das perdas no DMC	<ul style="list-style-type: none"><li>• Instalação de medidor de vazão na entrada do setor</li><li>• 1º Balanço Hídrico: sem redução de pressão</li></ul>
2	Redução de pressão	<ul style="list-style-type: none"><li>• Instalação de controlador inteligente de pressão na VRP e monitoramento dos pontos críticos de pressão (altas e baixas pressões)</li><li>• Controle e redução das pressões no setor</li><li>• 2º Balanço Hídrico: com redução de pressão</li></ul>
3	Gerenciamento e substituição dos hidrômetros	<ul style="list-style-type: none"><li>• Substituição de todos os hidrômetros do DMC por medidores Classe C equipados com telemetria, alimentando sistema supervisorio</li><li>• 3º Balanço Hídrico: com substituição dos hidrômetros</li></ul>
4	Pesquisa e gerenciamento de vazamentos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realização de pesquisa acústica de vazamentos e reparo</li><li>• 4º Balanço Hídrico: com localização e reparo de vazamentos</li></ul>
5	Obtenção e extrapolação de indicadores de investimento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estudo e extrapolação de indicadores da relação custo/benefício de cada estratégia implementada e seu custo marginal por ligação</li></ul>

### Medições de vazão de entrada e pressões

O monitoramento das vazões de entrada do DMC foi realizado através de um medidor tipo Voltmann horizontal com saída pulsada e modem GPRS de vazão que, junto de sensores de pressão na entrada do setor (antes e depois da VRP) e nos pontos críticos da rede (pontos alto e baixo), alimentam sistema supervisorio de coleta e análise de dados, conforme ilustram as Figuras 2 a 4.



Figura 2: Macromedidor, VRP e sensor de pressão



Figura 3: Sensor de pressão do ponto crítico baixo



Figura 4: Sensor de pressão do ponto crítico alto

### Controle de pressão

O controle de pressão do DMC foi implementado com a instalação do sistema automático de controle de pressão Itron - i2O, que consiste em equipamentos e software com algoritmo para otimização da pressão na rede de distribuição e com possibilidade de controle pelas variáveis de pressão e vazão, utilizando o controle automático para alcance de pressões alvos pré-estabelecidas para o ponto crítico.

O sistema é composto de controlador de VRP com sensor de pressão e modem GPRS integrado, no qual além de controlar a VRP, também coleta, armazena e envia os dados de pressões à montante e à jusante, vazão e temperatura em intervalos de tempos remotamente ajustados e agendados, em cada ponto de controle, para o servidor remoto.

### Troca de hidrômetros e rede de dados

Foram substituídos todos os micromedidores do setor por hidrômetros volumétricos (70% do total) e velocimétricos (30% do total), todos da Classe metrológica C, vazão nominal de operação ( $Q_n$ ) de 1,5 m<sup>3</sup>/h e saída pulsada com comunicação de dados para rede fixa via rádio.

A comunicação de dados entre os módulos de comunicação instalados nos hidrômetros (EverBlu) e os concentradores de informações (Access Points) alimentam sistema supervisorio a distância para gerenciamento do parque de hidrômetros, ilustrado na Figura 5.

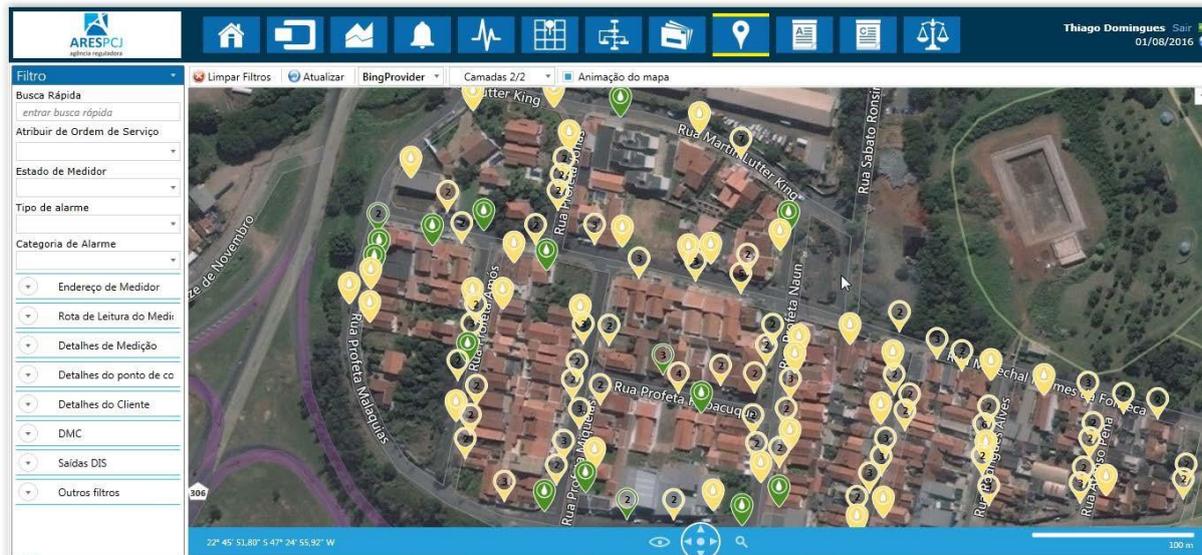


Figura 5: Posição georreferenciada dos micromedidores no setor

## RESULTADOS OBTIDOS

### Diagnóstico das Perdas no DMC

O balanço hídrico simples, entre volumes macro e micromedidos no setor, indicou para os três primeiros meses de monitoramento um índice médio de perdas (IP) entre 66% e 72%, conforme ilustra a Tabela 2.

Tabela 2: Índices iniciais de perdas no DMC

Mês	Janeiro/16	Fevereiro/16	Março/16
Macro medido (m <sup>3</sup> )	10.861	10.415	10.060
Micro medido (m <sup>3</sup> )	3.663	2.894	3.389
Índice de Perdas – IP	66%	72%	66%
Perdas por ligação (L/ligação.dia)	1.072	1.061	992
Consumo Per Capita (L/hab.dia)	149	122	138

### 1ª Ação: Controle de pressão

Uma análise inicial das pressões nos pontos monitorados do setor, previamente a qualquer controle de pressão, revelou forte oscilação das pressões de operação ao longo do dia, conforme ilustram a Figura 6, onde:

- Pressão na entrada da válvula do regulador de pressão (P1), representada pela linha vermelha, varia entre 90 mca e 64 mca.
- Pressão de saída da válvula reguladora (P2) é representada pela linha azul, apresenta valor de saída fixa de pressão com 65 mca.
- Pressão no ponto crítico baixo (P3), representada pela linha verde, varia entre 58,8 mca e 37 mca.
- Pressão no ponto crítico alto (AZP), representada pela linha amarela, varia entre 39,4 mca e 19,5 mca.

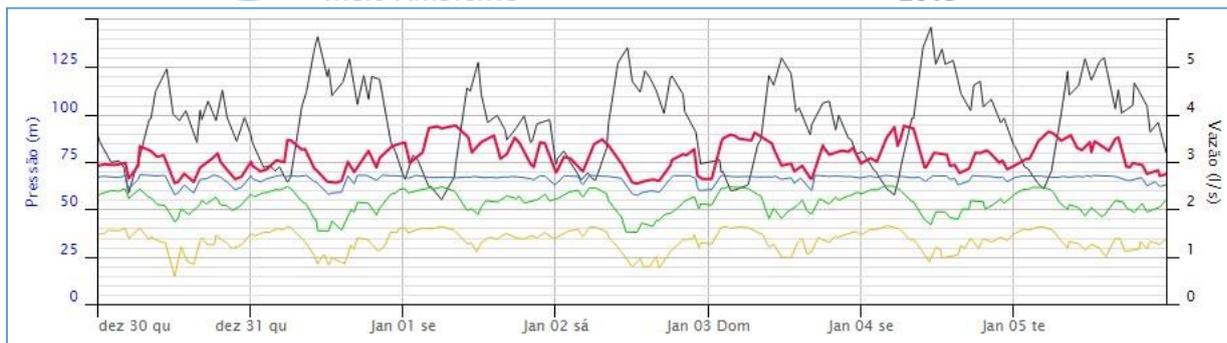


Figura 6: Pressões iniciais no setor

Com o controle inteligente de pressões no setor foram observadas reduções significativas de vazões de entrada e mínima noturna no DMC, sem prejuízo do fornecimento de água aos usuários, conforme ilustram a Tabela 3 e Figura 7.

Tabela 3: Resultados do controle de pressão no DMC

ETAPA		Pressão de saída da VRP (mca)		Pressão no ponto crítico baixo (mca)		Pressão no ponto crítico alto (mca)		Volume de entrada (m <sup>3</sup> /dia)		Vazão mínima noturna (L/s)	
Situação inicial	Máxima	67,9		58,8		39,4		348,0		2,9	
	Média	65,2		50,2		31,5					
	Mínima	57,7		37,0		19,5					
Modulação	Máxima	52,4		41,4		21,2		197,9		1,3	
	Média	44,3		36,4		16,9					
	Mínima	37,6		30,3		11,3					
Redução	Máxima	15,5	23%	17,4	30%	18,3	46%	150,1	43%	1,7	57%
	Média	20,9	32%	13,8	28%	14,6	46%				
	Mínima	20,1	35%	6,8	18%	8,2	42%				

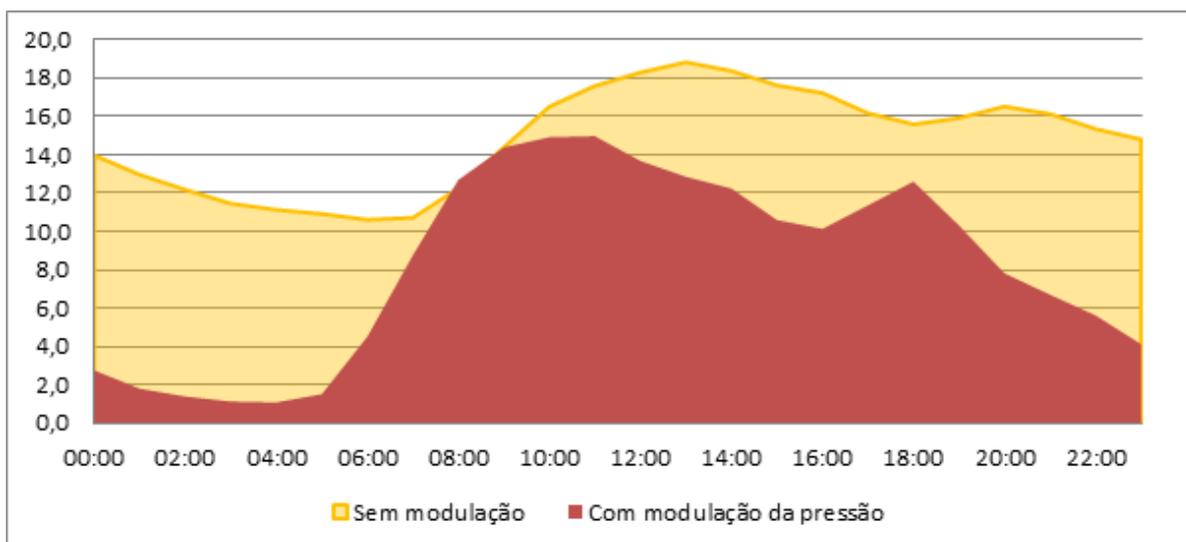


Figura 7: Perfil típico das vazões de entrada do DMC com e sem controle de pressão (m<sup>3</sup>/h)



## Pesquisa de campo

Previamente a troca de hidrômetros, foi realizada uma pesquisa de campo na totalidade dos pontos de consumo, com objetivo de levantar as informações relacionadas a seguir e, conseqüentemente, permitir o dimensionamento do novo parque de hidrômetros e melhorar a análise dos dados de consumo e índices de perdas.

Entre outras informações, o levantamento permitiu avaliar dados do ponto de consumo (número de habitantes, tamanho da residência, padrão de entrada (direto/caixa de água/outro)), dados técnicos do hidrômetro existente (marca, modelo, diâmetro, vazão nominal) e padrão e condições de instalação (horizontal/vertical, inclinado, indicativo de fraude ou by-pass, caixa/cavalete, interferência de leitura e/ou sinal de radiofrequência), cujos resultados principais indicaram:

- Número de habitantes médio por ligação: 3,58 habitantes/ligação;
- Área média das residências: 163 m<sup>2</sup>;
- Posição de instalação dos medidores: 192 (86%) na horizontal e 30 (14%) na vertical.

Os resultados da pesquisa, aliados a uma avaliação preliminar in loco das condições metrológicas dos medidores originais (hidroteste), orientaram a definição dos tipos e dimensões dos medidores a aplicar no setor, visando sua máxima eficiência de medição.

## Troca de hidrômetros

Com a substituição dos hidrômetros, ocorrida entre os meses de maio e junho/2016, houve incremento significativo dos volumes micromedidos na área de estudo nos meses subsequentes (julho e agosto), comparados com o ano anterior (2015) da ordem de 32%, conforme ilustra a Tabela 4.

**Tabela 4: Incremento do volume micromedido com a troca de hidrômetros**

Mês/Ano	Julho	Agosto	Média
Micro medido (m <sup>3</sup> ) 2016	3573	3733	3653,0
Micro medido (m <sup>3</sup> ) 2015	2842	2695	2768,5
<b>Incremento micromedido (m<sup>3</sup>)</b>	<b>731 (26%)</b>	<b>1038 (38%)</b>	<b>884,5 (32%)</b>

## Análise dos hidrômetros substituídos

Todos os medidores retirados do setor passaram por ensaios de verificação metrológica, que consistiram na verificação em bancada calibrada e certificada pelo INMETRO, dos erros nas vazões nominais (Q<sub>n</sub>), de transição (Q<sub>t</sub>) e mínima (Q<sub>min</sub>), conforme Portaria INMETRO n° 246/2000 e norma NM NBR 212.

Os resultados indicaram grandes desvios dos medidores originais, tanto nas vazões mínima de operação (Q<sub>min</sub>) quanto nas vazões de transição (Q<sub>t</sub>), conforme ilustram as Tabelas 5 e 6 e Figura 8.

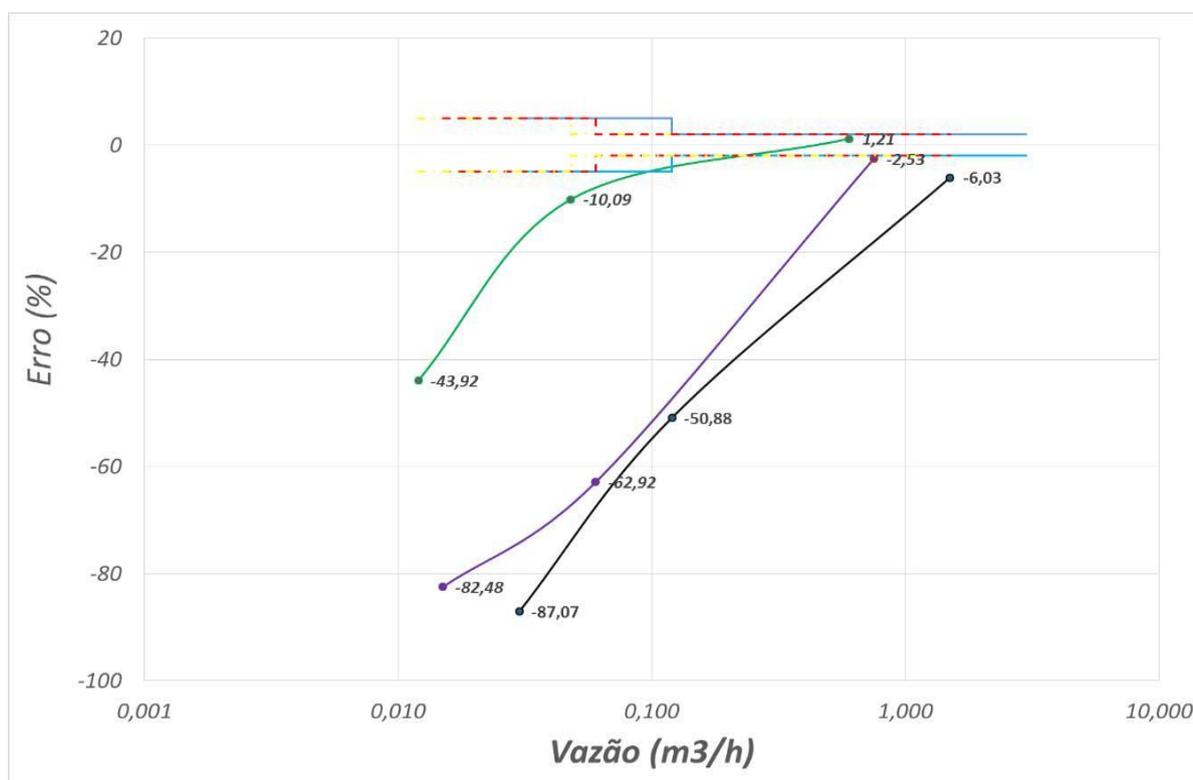
**Tabela 5: Desvios dos medidores substituídos em função de idade e modelo**

Modelo	Idade	Qtde	Q <sub>min</sub>		Q <sub>t</sub>		Q <sub>n</sub>	
			Erro médio (%)	Desv. Pad.	Erro médio (%)	Desv. Pad.	Erro médio (%)	Desv. Pad.
Q <sub>n</sub> =0,6 m <sup>3</sup> /h	Até 5 anos	24	-39,74	41,85	-5,07	12,54	1,69	1,62
	De 5 até 10	94	-44,99	43,38	-11,37	24,21	1,09	1,87
Q <sub>n</sub> =0,75 m <sup>3</sup> /h	De 5 até 10	43	-82,48	34,77	-62,92	39,91	-2,53	4,67
Q <sub>n</sub> =1,5 m <sup>3</sup> /h	De 5 até 10	46	-90,13	27,57	-53,35	31,15	-6,58	14,91
	Malor que 10	10	-72,97	36,02	-39,54	40,57	-3,58	2,39



**Tabela 6: Desvios dos medidores em função de modelo**

MODELO	CURVA	Vazão (m³/h)	Qmin	Qt	Qn
Qn=1,5 m³/h	—	Erro % Real	-87,07	-50,88	-6,03
Qn=0,75 m³/h	—	Erro % Real	-82,48	-62,92	-2,53
Qn=0,6 m³/h	—	Erro % Real	-43,92	-10,09	1,21



**Figura 8: Desvios dos medidores em comparação com o "túnel" de erro aceito para medidores novos**

### Pesquisa de vazamentos

Nos meses de junho e julho o DAE de Santa Bárbara d'Oeste realizou pesquisas de vazamentos na área do DMC, cujos reparos levaram a uma redução importante da vazão mínima noturna e também do índice de vazamentos, dado pelo Fator de Pesquisa, que é a relação entre a vazão mínima noturna e a vazão média diária, como apresenta a Tabela 7.

**Tabela 7: Evolução das vazões no setor até a pesquisa de vazamentos**

Mês	Fator de pesquisa: FP = VMN / Qmédia	Vazão Mínima Noturna - VMN (L/s)	Volume de Entrada (m³)
Março/2016	0,77	2,9	10060
Abril/2016	0,25	0,66	6799
Maior/2016	0,34	0,83	6489
Junho/2016	0,37	0,90	6379
Julho/2016	0,29	0,70	6205
Agosto/2016*	0,07	0,12	2215

Observação: \* Para o mês de agosto os dados foram considerados dado até o dia 14/08.



Com a pesquisa foram identificadas na área, ainda, a ocorrência de 3 (três) ligações ativas de água e não hidrometradas ou cadastradas no banco de dados do DAE.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### Avaliação econômica

#### a) Com o controle da pressão

Considerando os meses de março e abril/2016 como referências para a avaliação das situações antes e após o controle de pressão, houve uma redução do volume aportado ao DMC de 3.015 m<sup>3</sup> (ver tabela 8) que, considerada a tarifa média do DAE de R\$ 2,39/m<sup>3</sup>, leva a uma redução de R\$ 7.206,00 e um **retorno de investimento só para controle de pressão (payback) de 5,2 meses de retorno, somente para o sistema de controle de VRP.**

**Tabela 8: Volumes macromedidos, micromedidos e perdidos após redução da pressão**

Mês	Macro medido (m <sup>3</sup> )	Micro medido (m <sup>3</sup> )	Volume perdido (m <sup>3</sup> )
Março-2016	10.060	3374	6686
Abril-2016	6.799	3128	3671
Redução	3.261	246	3015

#### b) Da Troca de hidrômetros

As Tabelas 9 e 10 ilustram o incremento nos volumes micromedido e faturado do setor com a substituição de hidrômetros realizada:

**Tabela 9: Incremento no volume micromedido com a troca de hidrômetros**

Período	Antes da troca		Período de troca		Após a troca	
	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto
Mês						
Micro medido (m <sup>3</sup> ) 2016	3374	3128	3298	2594	3573	3733
Micro medido (m <sup>3</sup> ) 2015	3069	2655	3270	2942	2842	2695
Incremento micro medido	305	473	28	-348	731	1038
Incremento de volume médio micromedido em julho e agosto (m <sup>3</sup> )						<b>886 (32%)</b>

**Tabela 10: Incremento do volume faturado com a troca de hidrômetros**

Período	Antes da troca		Período de troca		Após a troca	
	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto
Mês						
Volume faturado (m <sup>3</sup> ) 2016	3798	3658	4021	4281	4292	3869
Volume faturado (m <sup>3</sup> ) 2015	3572	3763	3902	3956	3483	3521
Incremento faturado	226	-105	119	325	809	348
Incremento de volume médio faturado em julho e agosto (m <sup>3</sup> )						<b>578 (16,5%)</b>

Para análise financeira do retorno de investimento com a troca de hidrômetros foi considerada apenas a recuperação do volume faturado, que efetivamente gera receita, embora a recuperação do volume micromedido total também seja importante para a redução do índice global de perdas.



Assim, considerando o custo da troca dos 221 hidrômetros de R\$ 26.520,00 e um incremento no faturamento de 578 m<sup>3</sup> a uma tarifa de R\$ 2,39, foi observado um **retorno do investimento com a troca de todos os hidrômetros do DMC em 19,2 meses**.

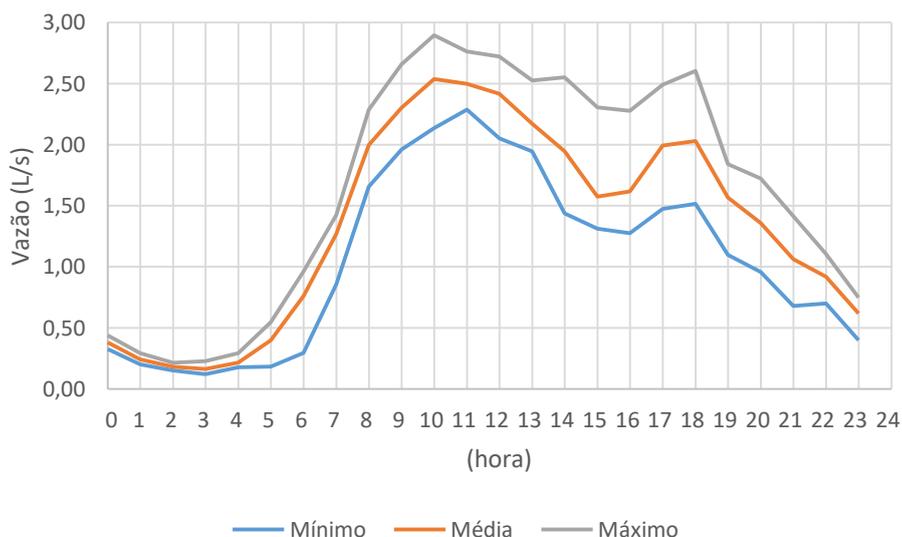
Todavia, quando priorizada a recuperação financeira com a troca de hidrômetros, em detrimento de uma recuperação maior em termos de índice de perdas, a boa prática sugere que deveriam ter sido trocados somente os hidrômetros acima da faixa de consumo de 10m<sup>3</sup>, que produzem aumento de faturamento.

Com isso, o total de medidores a trocar cairia para apenas 122 hidrômetros a um custo de R\$ 15.860,00, com recuperação do mesmo volume faturado (578 m<sup>3</sup>) e um **melhor retorno do investimento com a troca otimizada dos hidrômetros e igual a 11,4 meses**.

### Perfis de consumo

O monitoramento sistemático dos volumes consumidos no setor permite análises detalhadas dos perfis de consumo dos usuários, permitindo extrapolar dados importantes do projeto de novos sistemas, operação dos sistemas existentes e avaliação dos consumos noturnos para determinação de perdas físicas.

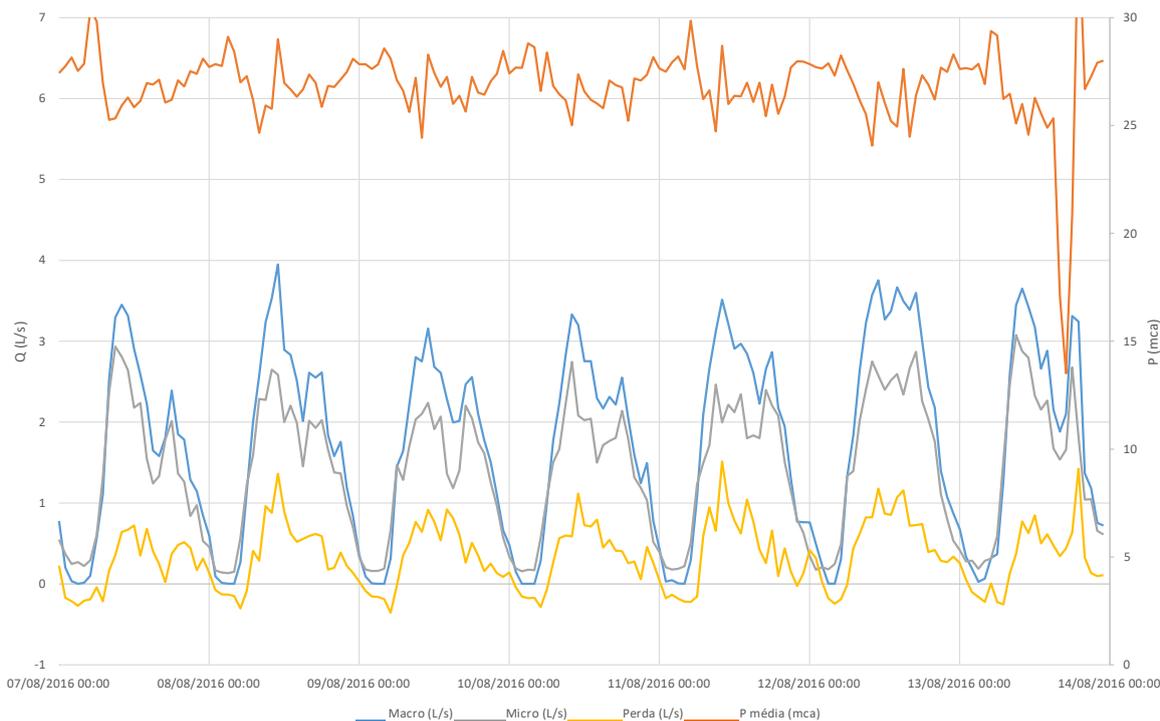
A análise dos consumos horários no mês de julho/2016 (Figura 9) permite a determinação de um perfil médio de consumo, com consumos noturnos médios de 0,17 L/s, com máximo de 0,23 L/s e mínimo de 0,12 L/s, valores superiores aos considerados para consumo noturno nos EUA, por exemplo, iguais a 2 galões/hora (cerca de 7,57 L/h ou 0,0021 L/s).



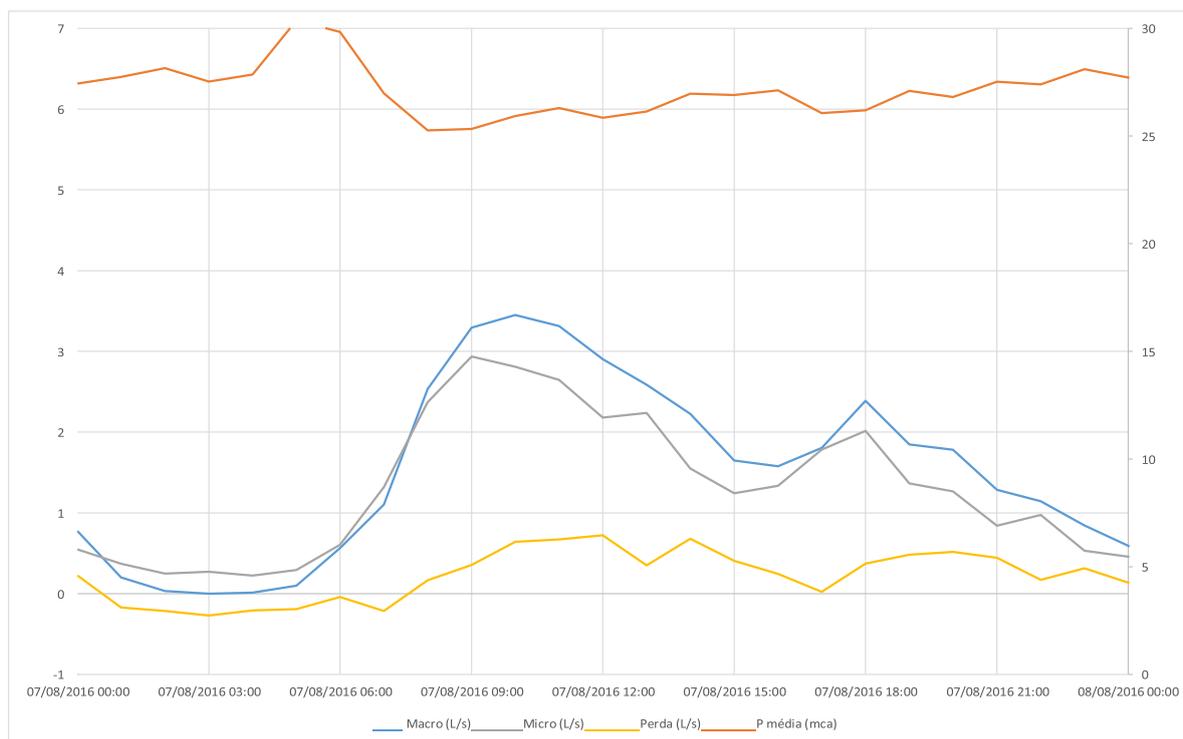
**Figura 9: Perfil de consumo para o mês de julho/2016**

### Avaliação horária das perdas

As Figuras 10 e 11 apresentam resultados da avaliação horária das vazões de entrada, consumo, perdas e pressão média no DMC para o período de agosto/2016, após implementação de todas as estratégias descritas.



**Figura 10: Vazões e pressão média no período de 07 a 14/08/2016**



**Figura 11: Detalhe das vazões e pressão média no período em 07/08/2016**

Os resultados permitem observar valores de macromedição menores que os valores de micromedição no período de 1h00 às 4h00, com perdas “negativas”, que sugerem desvios significativos na macromedição para vazões muito baixas e que demandaram pela troca do macromedidor do setor no final do ano de 2016.

Enquanto no período das 5h00 às 9h00 foram observados valores de perdas muito baixos, da ordem de zero, no horário comercial (das 10h00 às 19h00) ocorrem as maiores diferenças entre os valores de macro e



micromedições (perdas), inversamente às pressões médias, o que sugere a existência de ligações não hidrometradas ou ocorrência de fraudes na área do DMC, mesmo com baixos índices de perdas.

### Indicadores gerais

A evolução dos indicadores de perdas do setor ao longo de todas as etapas de redução de perdas aplicadas no projeto é apresentada na Tabela 11:

**Tabela 11: Evolução dos indicadores**

ETAPA	Vazão média de entrada (m <sup>3</sup> /dia)	Vazão Mínima Noturna - VMN (L/s)	Volume micromedido (m <sup>3</sup> )	Índice de Perdas – IP (%)	Fator de pesquisa - FP	Índice de perdas por ligação (L/lig.dia)	Consumo Per Capita (L/hab.dia)
Situação inicial (março/2016)	324,5	2,90	3389	66%	0,77	974	138
Controle de pressão (abril/2016)	226,6	0,66	3336	51%	0,25	522	140
Início troca de hidrômetros (maio/2016)	209,3	0,83	3128	52%	0,34	491	127
Final da troca (junho/2016)	212,6	0,90	3281	49%	0,37	467	138
Julho/2016	209,6	0,70	3576	42%	0,29	384	150
Agosto/2016 (1 a 15)	148	0,12	1672	24%	0,07	166	141

Os resultados permitem observar que todos os indicadores de perdas avaliados foram reduzidos, com uma visão geral do projeto mês a mês e que pode ser relacionada com as ações implementadas.

Por exemplo, resultou muito evidente que somente com uma gestão de pressão adequada é possível reduzir significativamente os indicadores de perdas (praticamente pela metade), como mostram os dados de março para abril.

Os dados mostram também que somente com o controle da pressão, sem uma política de pesquisa e consertos de vazamentos sistemáticas, os valores não diminuem – por exemplo, depois do período de abril a junho, no mês de julho houve melhora no IP, resultado do reparo de um vazamento no final de julho que estava mantendo relativamente alta a vazão mínima noturna no período.

Outro ponto a destacar é que a troca dos hidrômetros é importante não somente quando visamos o aumento de receita, mas também para a diminuição das perdas totais, sendo sempre interessante um estudo do potencial de recuperação de água e não somente de aumento de receita. O presente projeto optou por substituir todos os hidrômetros com classe metrológica “C” para todas as economias, dado que o foco era a máxima redução dos índices de perdas com o uso das tecnologias – e não a maximização da recuperação financeira.

A telemetria adotada no projeto não impacta diretamente nos indicadores de perdas, porém foi fundamental para a análise dos perfis de consumo e acompanhamento diário da situação do setor, possibilitando gerar um balanço hídrico diário. Além disso, a telemetria traz a reboque benefícios que não são possíveis de mensurar, como leitura remota (que elimina o erro de leitura do leitorista), alarmes de consumo e outros.



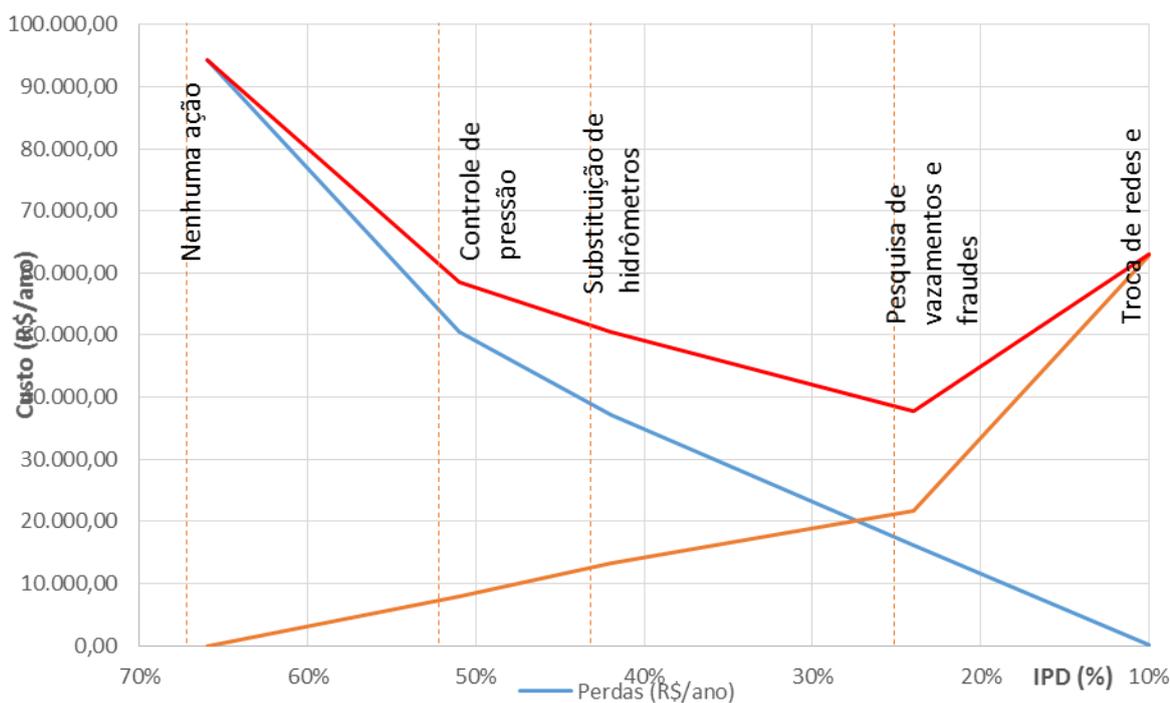
A Tabela 12 apresenta o resumo dos resultados obtidos com a adoção do programa até o dia 15 de agosto, quando após esta data a VRP apresentou problema, causando alguns arrebitamentos no setor, o que obrigou ao DAE substituí-la.

**Tabela 92: Resultados finais do projeto até agosto/2016**

Indicadores	Inicial	Final	Redução
Índice de perdas (%)	66%	24%	42%
Vazamento por ligação (L/ramal.dia)	974	166	83%
Consumo Per Capita (L/hab.dia)	138	141	-
Perda Total (m <sup>3</sup> )	6671	1085*	5586
Redução com controle de pressão (%)		56%	
Redução com troca de hidrômetros (Volume Faturado)		16%	
Redução com pesquisa de vazamento e outras ações		25,5%	

### Indicadores econômicos

Considerando uma tarifa média de fornecimento de R\$2,39/m<sup>3</sup> para o DAE de Santa Bárbara d'Oeste e uma razão de recuperação de receita tarifária de 0,5 em relação à recuperação de perdas, além dos custos dos investimentos realizados e de uma eventual troca de redes e ramais em todo o setor, é possível visualizar as curvas de recuperação econômica para o setor, em termos do índice percentual de perdas e da análise das perdas por ligação, como apresentam as Figuras 12 e 13.



**Figura 12: Custos das perdas em função do índice percentual**

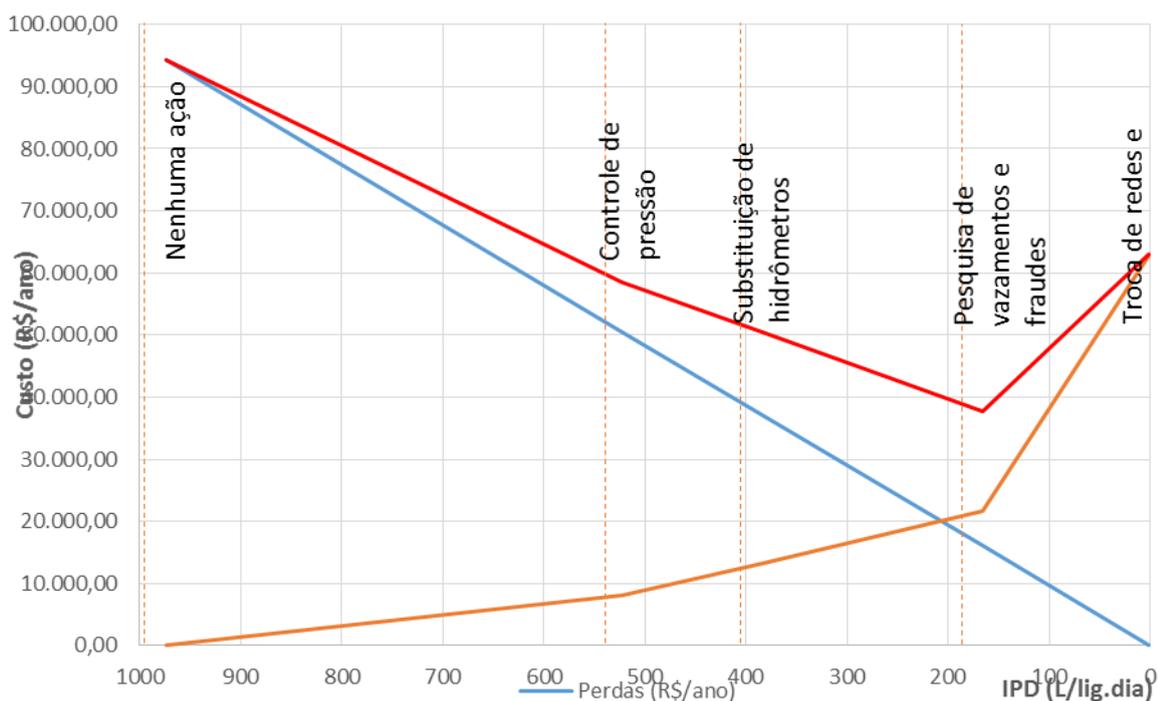


Figura 13: Custos das perdas em função do índice por ligação

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Diante do cenário de aumento de custos fixos e variáveis e de escassez de recursos hídricos, o conhecimento e controle das perdas nos sistemas de abastecimento de água assume papel decisivo na sobrevivência dos serviços de saneamento.

A bibliografia e o mercado oferecem uma ampla gama de técnicas e ferramentas que permitem o controle e redução de perdas, mas análises técnico-econômicas de projetos de redução de perdas ainda são incipientes no Brasil, sobretudo em termos do estabelecimento de políticas regulatórias.

Com o projeto foi possível conhecer as respostas das diversas técnicas aplicadas a um setor real de distribuição, permitindo ao regulador estabelecer limites de comando e controle aos regulados para estratégias factíveis de redução de perdas e aumento da eficiência na operação de sistemas de abastecimento de água.

Em termos das perdas físicas, os resultados obtidos pelo projeto permitiram observar que, no setor estudado, a participação das perdas físicas no índice inicial de perdas era mais significativa. Com isso, o controle de pressão apresentou grande impacto na redução das perdas: quase metade da redução dos índices em porcentagem e em L/ramal.dia. Também, somente com o controle de pressão, foi possível obter fatores de pesquisa relativamente baixos (da ordem de 0,3), mesmo sem pesquisa de vazamentos.

Um importante tabu também pode ser revisto com os resultados obtidos, uma vez que não houve queda do consumo per capita ou do volume micro medido com a redução de pressão – preocupação recorrente dos operadores.

Ainda sobre a micromedicação, a amostragem dos desvios de medição indicou erros significativamente altos para todos os casos avaliados, o que sugere boa recuperação com a troca dos hidrômetros. Porém, como cerca de 45% dos medidores estavam dentro da faixa de consumo mínimo, a recuperação financeira foi cerca da metade daquela observada com a troca dos medidores, o que sugere uma avaliação dos hábitos de consumo suplementarmente a avaliação metrológica quando da troca de hidrômetros.



Em termos gerais, todas as ações de redução de perdas tiveram retornos de investimento adequados, com menos de 24 meses, com destaque ao controle de pressão (4,9 meses) e a troca otimizada dos medidores (11,4 meses).

Os resultados permitem concluir, ainda, que o acompanhamento das perdas exclusivamente pela relação percentual entre volumes de entrada e saída não permite uma avaliação efetiva das perdas e das melhores estratégias de atuação, sendo recomendados os usos também dos indicadores em L/ramal.dia e do Fator de Pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AWWA – American Water Works Association. Water audits and loss control programs: Manual M36. Denver, EUA. 2009.
2. BRASIL (2007). Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2007.
3. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016. Brasília. 2018.
4. COBRAPE - Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. Plano das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2020 – Relatório síntese. 2ª edição revisada. São Paulo. 2011.
5. FARLEY, M. The Manager's Non-Revenue Water Handbook: a guide to understand water losses. USAID, 2008.
6. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Website: <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em 01/05/2018.
7. IWA – International Water Association. Water management and water loss. IWA Publishing. 2014.
8. WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. Leakage management and control – a best practice training manual. Switzerland. 169p. 2011.