

## 45 - ANÁLISE DE RETORNO EM OBRAS DE SUBSTITUIÇÃO DE REDES (ESTUDO DE CASO)

**Paulo Mendes da Silva**<sup>(1)</sup>

Engenheiro Civil pela Universidade Nove de Julho e Especialista em Estruturas pela Universidade Nove de Julho. Engenheiro no Programa Corporativo de Gestão de Perdas da SABESP.

**Julio Tamai**

Engenheiro Civil pela Universidade Guarulhos. Engenheiro no Programa Corporativo de Gestão de Perdas da SABESP.

**Emerson Kioshi Waki**

Engenheiro Civil pela Universidade Paulista. Engenheiro da Arcadis.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Costa Carvalho, 300 - Pinheiros – São Paulo - SP - CEP: 05429-000 - Brasil - Tel: (11) 3787-3607 - e-mail: [silvapm@sabesp.com.br](mailto:silvapm@sabesp.com.br)

### RESUMO

A renovação de redes, dentre as ações de combate e controle de perdas de água, é uma ação que apesar de apresentar bons resultados, demanda investimentos de uma parcela significativa do orçamento disponível das companhias de saneamento básico. Neste contexto, o presente trabalho avalia os ganhos obtidos em duas áreas de estudo onde aproximadamente 80% de suas redes antigas, predominantemente em ferro fundido, foram substituídas por redes em polietileno. Nesta avaliação foram analisadas as condições de abastecimento antes e após a implantação das obras com a adoção da metodologia de trabalho de checagem dos limites de setores através de testes de estanqueidade, realização de campanhas de medições de vazão e pressão em pontos estratégicos e cálculo de indicadores de perdas conforme preconizado pela IWA.

Os resultados do estudo mostraram que para ambas as áreas houve um significativo ganho com as obras, com redução no IPDt em 91% para a Área de Estudo 1 e 64% para a Área de Estudo 2. A análise de viabilidade econômica, resultou em um payback de 12 anos e TIR de 14,15% para a Área de Estudo 1 e payback de 11 anos e TIR de 18,95% para a Área de Estudo 2 considerando uma taxa de desconto de 8,06%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Substituição de Redes, Avaliação de retorno, Índice de Perdas por Ligação.

### INTRODUÇÃO

O Brasil é o país onde se encontra a maior concentração de reservas hídricas do mundo e apesar desse fator, possui regiões que sofrem com a escassez ou falta de água potável. A região sudeste, em especial o estado de São Paulo, possui apenas 6% dos recursos hídricos disponíveis do país, enquanto abriga cerca de 10% da população brasileira e mantém alto grau de industrialização quando comparado com outros estados (SORIANO et al., 2015). A alta demanda para manutenção das necessidades básicas da população e o abastecimento da indústria faz desta região um desafio para a gestão dos recursos hídricos.

De acordo com estudo do DAEE apud SORIANO et al (2015), a Região Metropolitana de São Paulo está inserida numa região onde a disponibilidade de água superficial é considerada crítica, com uma disponibilidade menor que 1500 m<sup>3</sup>/ano/hab. conforme pode ser verificado na **Figura 1**. Na figura, a Região Metropolitana está delimitada em destaque com linhas mais espessas na cor cinza.

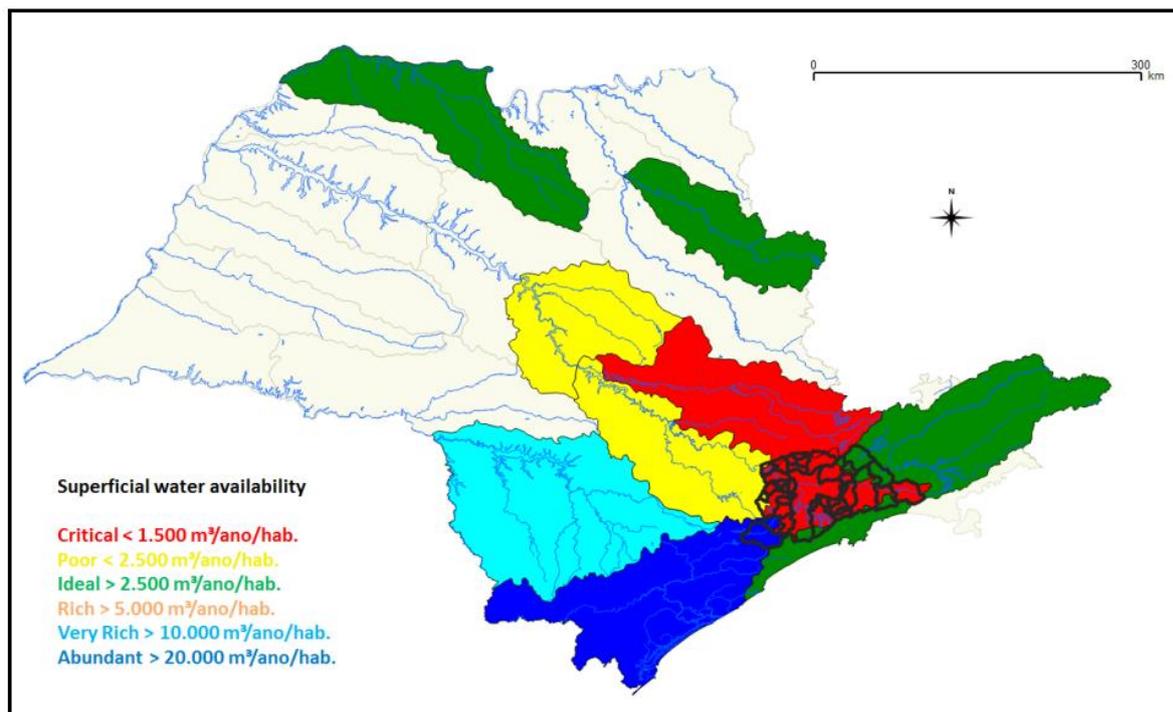


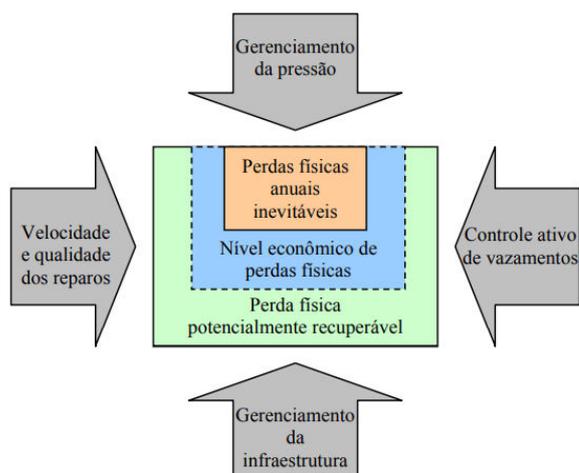
Figura 1: Disponibilidade de água superficial em diferentes bacias do estado de São Paulo (Fonte: SORIANO et al., 2015)

Diante deste cenário de baixa disponibilidade hídrica associada à elevada demanda e alto custo na produção de água, as companhias de abastecimento se vêem obrigadas a criar mecanismos para uma gestão mais eficiente dos recursos disponíveis, principalmente nos aspectos que tangem o controle e combate às perdas que ocorrem no sistema. Num sistema de abastecimento, estas perdas podem ocorrer nas diferentes etapas que estão compreendidas entre a captação da água no manancial e a distribuição para a população, sendo inclusive, de ocorrência nas instalações internas dos consumidores. Na Sabesp, por exemplo, no ano de 2017 as perdas representaram 30,7% do volume produzido no ano. Desse total perdido, cerca de 3,5% ocorreram no sistema de adução e 96,5% no sistema de distribuição.

Reduzir perdas de água exige um esforço contínuo e investimentos permanentes em diagnóstico, conhecimento técnico e envolvimento dos funcionários dos diferentes níveis hierárquicos. Este tem sido o grande desafio das companhias de saneamento básico, pois o combate às perdas na maioria das vezes resulta em ações caras, principalmente quando se atinge o nível econômico de perdas, onde o custo das ações para redução delas se torna economicamente inviável. Na maioria das vezes, o orçamento das companhias não comportam tais ações. Quanto menor é a perda, maiores são os investimentos necessários para reduzi-la, de modo que as companhias devem sempre buscar priorizar as ações que tenham condições de fornecer os melhores resultados.

As perdas reais devem receber atenção especial, uma vez que elas representam desperdícios de recursos e indicam falhas na infraestrutura do sistema de abastecimento. De acordo com Lambert e Hirner (2000) apud Morais, Cavalcante e Almeida (2009), o gerenciamento de perdas reais deve ser feito por 4 atividades essenciais que são: gerenciamento de pressão, controle ativo de vazamentos, velocidade e qualidade dos reparos e por fim, gerenciamento da infraestrutura. Tais atividades, conforme relacionado na **Figura 2** devem ser implementadas em conjunto para se ter o melhor resultado e dentre elas, o gerenciamento da infraestrutura se mostra o mais oneroso, pois envolve, por exemplo, a substituição de redes que além de cara, produz grandes transtornos para a população com a escavação de valas, fechamento de vias e paralisação temporária do abastecimento.

Teoricamente, a substituição de redes é a ação que produz os melhores resultados na recuperação de volumes perdidos, uma vez que uma rede nova não exige reparos e controle ativo de vazamentos. No entanto, na bibliografia atual ainda não existe um estudo que comprove esta afirmação.



**Figura 2: Estratégia de controle de perdas reais de água (Fonte: LAMBERT; HIRNER; 2000)**

O trabalho apresentado a seguir tem como principal objetivo avaliar o impacto técnico e econômico obtido através da execução de obras de substituição de redes e ramais em setores de abastecimento que apresentavam altos índices de perdas.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação do corpo técnico do Departamento de Gestão do Programa Corporativo de Perdas de Água (TOR) e do Departamento de Perdas da Unidade de Negócio Leste (UN ML), ambos da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP-SP).

## **METODOLOGIA**

O Programa Corporativo de Redução de Perdas da SABESP foi implantado no ano de 2009 através de financiamento dividido em 2 etapas, sendo a primeira etapa compreendida entre os anos de 2009 e 2012 financiada pelo Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a segunda etapa, compreendida entre os anos de 2013 a 2019 financiada pela Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA).

Dentre as principais ações estruturantes propostas pelo Programa Corporativo de Redução de Perdas, pode-se citar:

- Substituição corretiva e preventiva de ramais;
- Substituição de redes e ramais dos municípios e setores prioritizados, com ênfase aos trechos com alta incidência de vazamentos;
- Setorização com a implantação de Distritos de Medição e Controle (DMC);
- Implantação de válvulas redutoras de pressão (VRP) visando a estabilidade e redução das pressões;
- Combate às irregularidades com inspeção anual de ligações suspeitas;
- Pesquisa e reparo de vazamentos não visíveis em trechos críticos;
- Substituição do parque de hidrômetros de pequena e grande capacidade;
- Acompanhamento permanente dos indicadores de gestão de perdas.

Estas ações estruturantes foram divididas em 2 grupos, sendo eles: serviços e obras. Os serviços compreendem as ações de manutenção dos sistemas, tais como, pesquisa e reparo de vazamentos em redes, trocas preventivas e corretivas de ramais, instalação de caixas UMA (Unidade de Medição de Água), inspeção de ligações irregulares, etc. Enquanto as obras compreendem as ações de melhoria dos sistemas de abastecimento como a implantação de macromedidores e VRPs, substituição de redes e adequação de setores através da implantação de DMCs.

Para o presente trabalho, dentro das ações previstas no grupo de obras, foram selecionados 2 subsetores de abastecimento da região metropolitana de São Paulo, aqui denominados: Área de Estudo 1 e Área de Estudo 2.

Estas áreas apresentavam altos índices de perdas de água e foram contempladas com obras de substituição das redes antigas.

O estudo nestas 2 áreas teve como objetivo a análise de retorno obtido através das obras aplicando a metodologia que consistiu em se comparar indicadores técnicos, nível de atendimento e volumes disponibilizados e perdidos antes e após a execução da substituição das redes e ramais. Para execução desta análise o estudo foi dividido em 4 etapas apresentadas a seguir:

- 1ª etapa: Levantamento da situação atual, diagnóstico operacional e teste de estanqueidade;
- 2ª etapa: Campanha de medições de campo e elaboração do painel gerencial;
- 3ª etapa: Levantamento da situação pós obras;
- 4ª etapa: Campanha de medições de campo e apresentação dos resultados finais.

## PRIMEIRA ETAPA

A 1ª etapa do trabalho consistiu em fazer o levantamento das condições de abastecimento e características físicas e operacionais do setor ou distrito de medição e controle (DMC) estudado, tais como: verificação da estanqueidade, características das redes (extensão, idade e materiais), número de ligações e economias, histórico de volumes e indicadores de desempenho (IPDT – Índice de perdas por ligação, em L/lig.dia, IPM – Índice de perdas da micromedição, em %, vazamentos em redes e ramais, etc.) para a situação anterior ao início das obras de substituição de redes e ramais. Nesta etapa, para garantir a qualidade e confiabilidade dos resultados, os limites do DMC foram validados através do teste de estanqueidade.

Os indicadores IPDT, IPM e FP são calculados através das equações a seguir:

$$\text{Índice de perdas por ligação (IPDt)} = \frac{\text{VPDt}}{\text{NLA}} \left( \frac{\text{L}}{\text{ligxdia}} \right) \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Índice de perdas da micromedição (IPM)} = \frac{\text{VPDt}}{\text{VP}} \quad (\%) \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{Volume de perdas totais (VPDt)} = (\text{VP} - \text{VCM} - \text{Vusos}) \quad (\text{m}^3) \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

VP= Volume produzido (m3)

VCM = volume micromedido (m3)

Vusos = volume de usos sociais, operacionais, públicos, próprios e emergenciais (m3)

NLA = número de ligações ativas (un)

O volume de usos (Vusos) é estimado. Com o objetivo do Vusos não influenciar o volume de perdas (por ser um valor estimado, sem medição direta) e consequentemente o IPDt, optou-se neste trabalho considera-lo nulo (Vusos = 0).

$$\text{Fator de Pesquisa (FP)} = \frac{\text{Vazão Mínima Noturna}}{\text{Vazão Média}} \quad (\text{Equação 4})$$

O IPDt é um indicador dependente da densidade de ligações existentes. Recomenda-se o seu uso nos casos em que a densidade de ligações é superior a 20 ligações/km, valor que ocorre praticamente em todas as áreas urbanas. Este indicador não considera a pressão de operação do sistema como uma variável na comparação de desempenho, o que pode influenciar no comportamento das perdas reais.

O IPM é muito utilizado pela facilidade de cálculo, porém, sofre influência do consumo por capita e por isso não costuma ser utilizado isoladamente para analisar o desempenho de perdas.

Já o FP calculado pela Equação 4 é um indicador de desempenho de relevante importância no controle de perdas. Dado pela relação entre a vazão mínima noturna (menor valor de vazão observado no dia) pela vazão diária média do setor, o fator de pesquisa será sempre menor que 1. Quanto maior o seu valor, maior é a probabilidade de existirem vazamentos na área analisada (TSUTIYA, 2006). Para Favero (1981) apud Tsutiya (2006), uma área que possui FP > 0,30 é uma área que possui vazamentos economicamente detectáveis e para onde devem ser destinadas as ações para combate às perdas.

## TESTE DE ESTANQUEIDADE

Para a correta avaliação dos volumes de água perdidos num determinado distrito de medição (DMC), é necessário garantir a medida do volume de entrada e que este DMC esteja isolado das demais áreas, ou seja, esteja estanque. A estanqueidade do setor é garantida através de 2 testes: estanqueidade por meio de teste de pressão em carga e estanqueidade por meio de teste de pressão zero.

No primeiro teste são levantadas medidas de pressão instantânea em pontos dentro e fora do setor nas proximidades dos registros de setor. Como os setores trabalham de forma isolada, a tendência é que ocorram diferentes valores de pressão dentro e fora da área estudada e quando essa condição não é atendida, ou seja, ocorrem valores de medida próximos para as áreas dentro e fora, pode significar que algum registro nas proximidades da medição esteja dando passagem de água entre a área estudada e seu entorno. Ocorrendo esta situação, é necessário fazer uma verificação da situação dos registros próximos com o uso de haste de escuta e certificar que os mesmos encontram-se fechados e sem passagem de água. Este procedimento de analisar as pressões instantâneas dentro e fora da área deve ser realizado nas proximidades de todos os registros de setor.

O segundo teste é na verdade, uma etapa complementar ao primeiro teste e visa confirmar os resultados obtidos por ele. No teste de pressão zero é provocado o desabastecimento do setor com o fechamento do registro de entrada e feita uma campanha de medição das pressões dentro e fora da área. Ao fechar a entrada de água, as pressões no interior do setor tendem a zerar ou ficar próximas de zero, culminando no desabastecimento da área. Para melhor resultado, é aconselhável realizar este teste no período de maior consumo, pois quanto mais próximo ao horário de maior consumo, mais rápido ocorrerá a tendência de falta d'água.

As **Figuras 1 e 2** mostram a delimitação das áreas de estudo. Na Área de Estudo 2, devido a problemas de passagem de água em alguns registros, não foi possível garantir a estanqueidade da área através do fechamento de todos os registros de setores. Para a realização da análise de recuperação, optou-se por trabalhar com uma subárea, como pode ser observado na **Figura 2**.

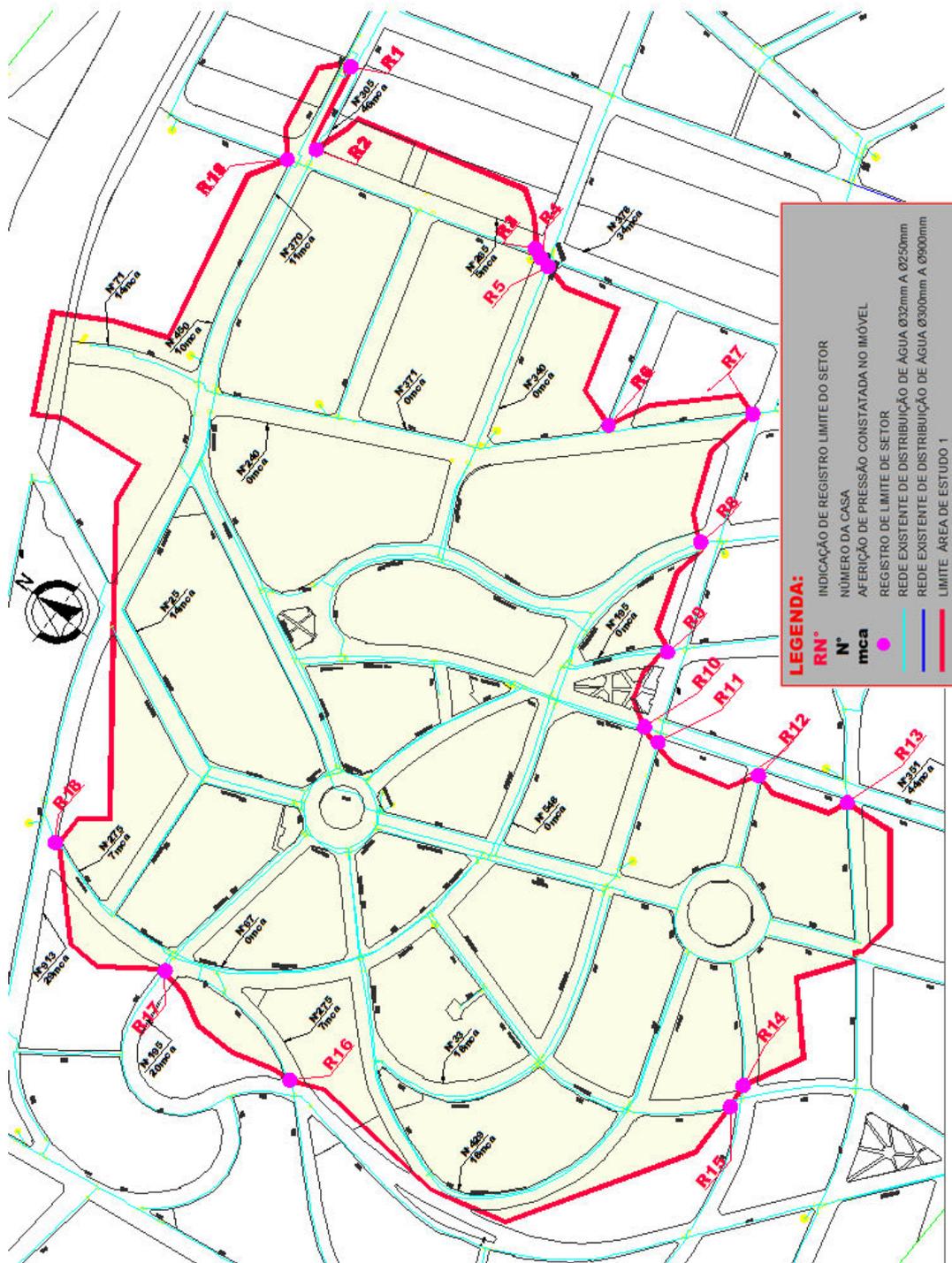


Figura 1 – Delimitação da Área de Estudo 1

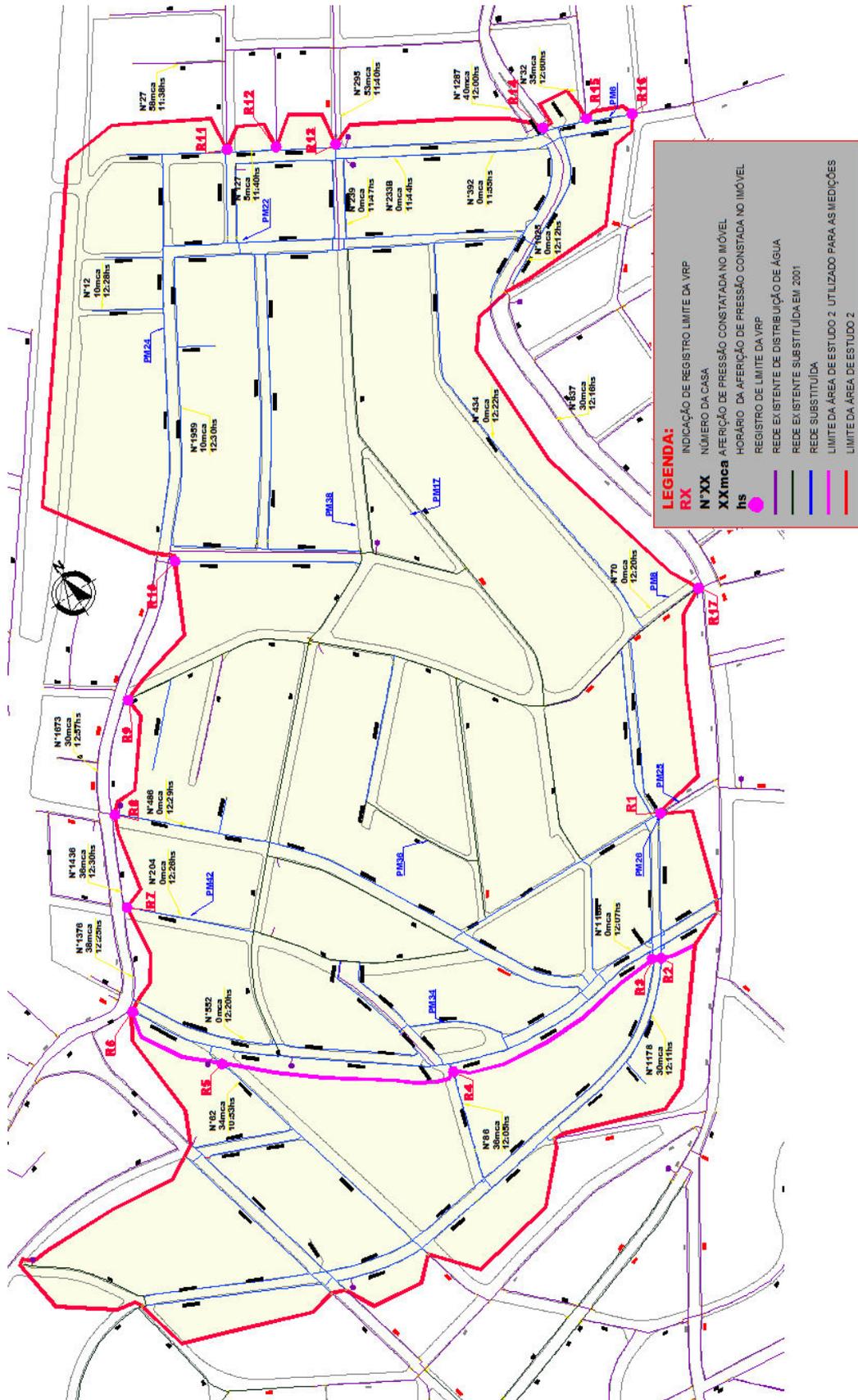


Figura 2 – Delimitação da Área de Estudo 2

## SEGUNDA ETAPA

Na 2ª etapa do trabalho foram realizadas campanhas de medições de campo, medindo-se a vazão de entrada do DMC e as pressões em pontos estratégicos. É desejável que as medições sejam realizadas por um período de 1 mês, a fim de que se tenha os valores reais dos volumes de entrada no setor e na impossibilidade de se ter uma campanha de medições por esse período, recomenda-se que sejam realizadas num período de tempo mínimo de 7 dias consecutivos.

Para a medição da vazão de entrada, denominada Q1, foram utilizados medidores eletromagnéticos de inserção e para o levantamento de pressão foram instalados equipamentos registradores de pressão (dataloggers) em pontos representativos do setor.

Neste trabalho não foi possível realizar as medições pelo período de 1 mês, adotando-se medições pelo período de 7 dias consecutivos e extrapolação do resultado para o período de 30 dias, fornecendo assim, subsídios para o cálculo dos indicadores de desempenho e construção do Painel Gerencial.

## TERCEIRA E QUARTA ETAPAS

A 3ª etapa consistiu em realizar novo levantamento das condições de abastecimento e características físicas e operacionais do DMC após a conclusão das obras, inclusive com nova verificação da estanqueidade. Nesta etapa do trabalho foi repetida a mesma metodologia descrita na 1ª etapa.

A 4ª etapa foi realizada de maneira análoga à 2ª etapa, a fim de se obter o painel gerencial da situação pós obra.

## CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As duas áreas estudadas tiveram a maior parte de suas tubulações implantadas até a década de 1960 e com média de 82% em material FoFo, em sua maioria de diâmetros 75 mm (68%) e 100 mm (15%). As 2 áreas apresentaram na fase anterior à execução das obras (pré-obra), valores para o indicador IPDt considerados acima da média de suas respectivas zonas de abastecimento (respectivamente: 262 e 663 L/lig/dia). O fator de pesquisa para a situação pré-obra também resultou em valores altos (acima de 0,50 para as 2 áreas), o que indica que as áreas possuíam vazamentos acusticamente detectáveis (FP > 0,30).

As duas áreas possuíam a pressão média noturna (3-4hrs) acima de 35 m.c.a.

Na Área de Estudo 1 foi prevista a substituição de 964 ramais (aproximadamente 70% dos ramais da área) e de 5,802 km de redes (aproximadamente 84% da extensão total de rede da área) a serem assentadas em polietileno (PEAD), divididas em 3 diâmetros (90, 110 e 160 mm). Em todos os ramais substituídos e redes assentadas foram realizados com sucesso os testes de estanqueidade.

Na Área de Estudo 2 foi prevista a substituição de 1.464 ramais (aproximadamente 63% dos ramais da área) e de 11,310 km de redes (aproximadamente 85% extensão total de rede da área) a serem assentadas em PEAD, distribuídos em diâmetros de 110 e 160mm. Em todos os ramais substituídos e redes assentadas foram realizados com sucesso os testes de estanqueidade.

## RESULTADOS DAS ETAPAS 1 E 2

A seguir são apresentados os resultados obtidos a partir das campanhas de medições realizadas antes da execução das obras. As **Tabelas 1 e 2** a seguir apresentam o Painel Gerencial de resultados das áreas de estudo **antes** da execução das obras.

**Tabela 1 - Painel Gerencial (Pré-obra) – Área de Estudo 1**

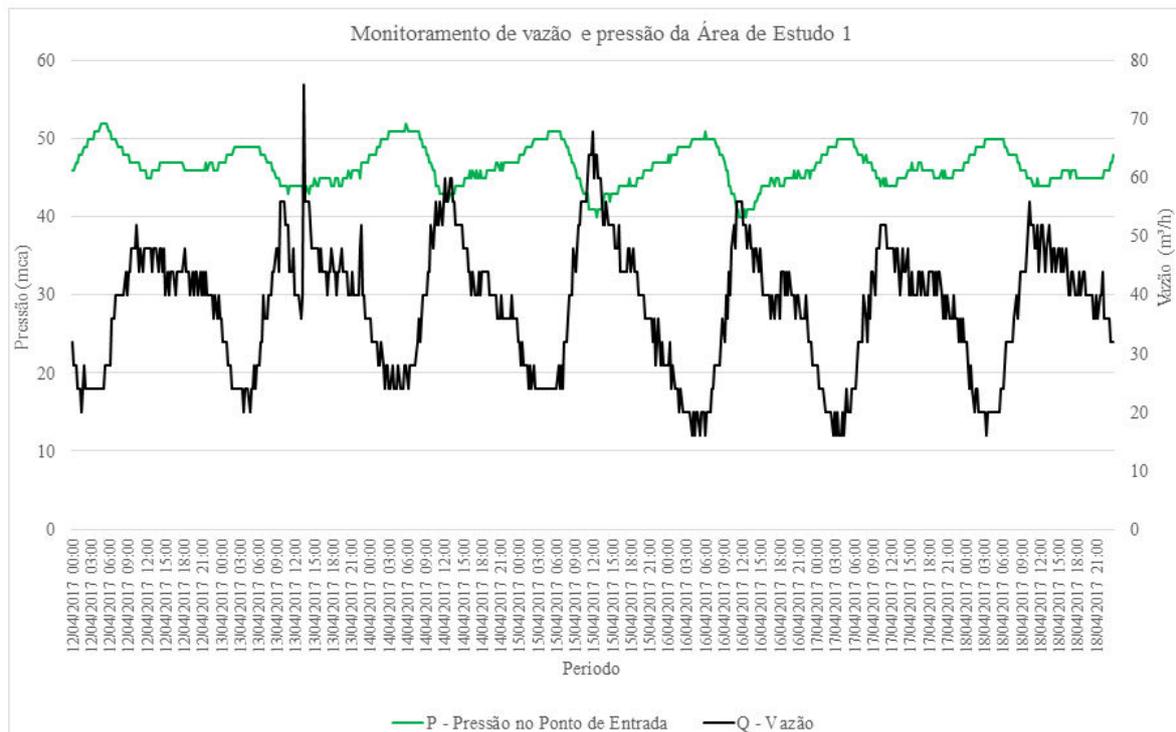
Parâmetro	Valor	Unidade	Referência
Número de ligações ativas (NLA)	1.384	un	Sistema comercial (mês_ref=04/2017)
Extensão de rede (km)	6,9	km	Cadastro
Volume disponibilizado (VD)	26.820	m³/mês	Extrapolção das medições de campo (período de 12 a 23/04/17)
Volume micromedido (VCM)	15.955	m³/mês	Sistema comercial e ArcMap (mês_ref=04/2017)
Volume de usos (Vusos)	0	m³/mês	
Volume perdas (VPDT)	10.865	m³/mês	Calculado (conforme Equação 3)
Vazão média	10,35	L/s	Medições de campo (período de 12 a 23/04/17)
Vazão mínima noturna (3-4hrs)	5,37	L/s	
Pressão média diária	35	mca	
Pressão média noturna (3-4hrs)	40	mca	
<b>IPDt</b>	262	L/lig.dia	Calculado (conforme Equação 1)
Fator de Pesquisa	0,52	Adimensional	Calculado com base nas medições

**Tabela 2 - Painel Gerencial (Pré-obra) – Área de Estudo 2**

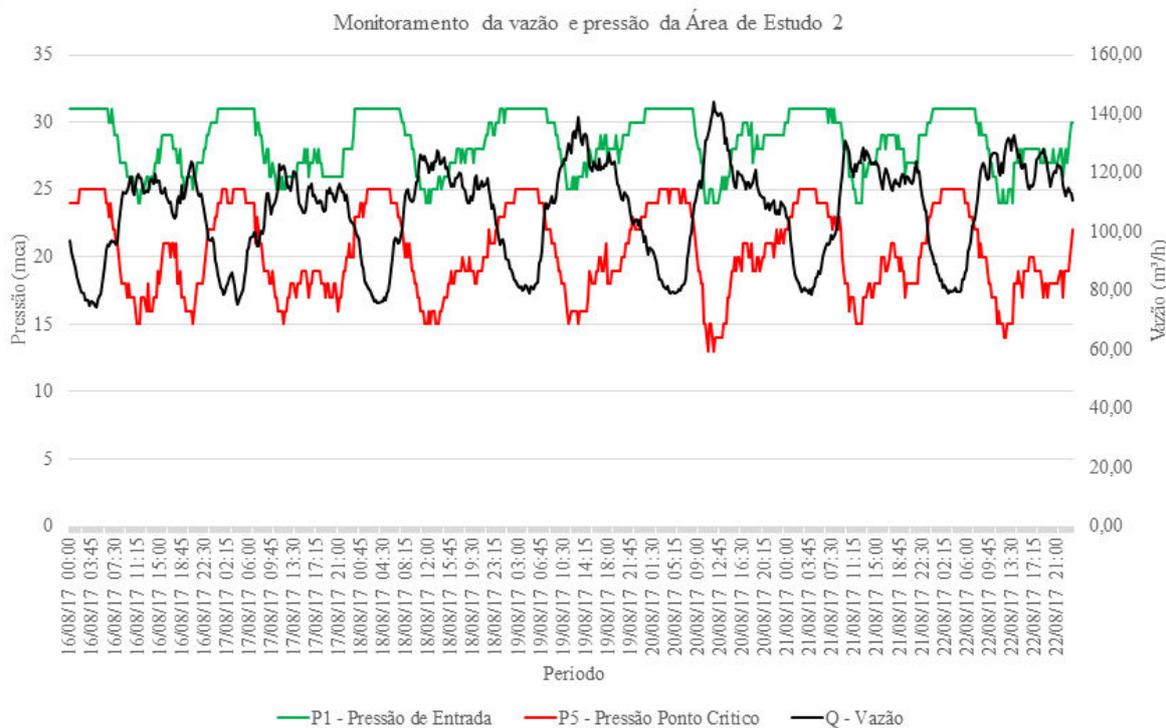
Parâmetro	Valor	Unidade	Referência
Número de ligações ativas (NLA)	2.322	un	Sistema comercial (mês_ref=08/2017)
Extensão de rede (Km)	13,36	km	Cadastro
Volume disponibilizado (VD)	77.009	m³/mês	Extrapolção das medições de campo (período de 16 a 22/08/17)
Volume micromedido (VCM)	30.853	m³/mês	Sistema comercial e ArcMap (mês_ref=08/2017)
Volume de usos (Vusos)	0	m³/mês	
Volume perdas (VPDT)	46.156	m³/mês	Calculado (conforme Equação 3)
Vazão média	29,71	L/s	Medições de campo (período de 16 a 22/08/17)
Vazão mínima noturna (3-4hrs)	22,01	L/s	
Pressão média diária	37	mca	
Pressão média noturna (3-4hrs)	43	mca	
<b>IPDt</b>	663	L/lig.dia	Calculado (conforme Equação 1)
Fator de Pesquisa	0,74	Adimensional	Calculado com base nas medições

Os **Gráficos 1 e 2** apresentam o resultado da campanha de medições de vazão e pressão na entrada das Áreas de Estudo 1 e 2, respectivamente. Na Área de Estudo 2, além da vazão e pressão na entrada, foi monitorado também a pressão no ponto crítico, ou seja, o ponto onde se observam as menores pressões na área.

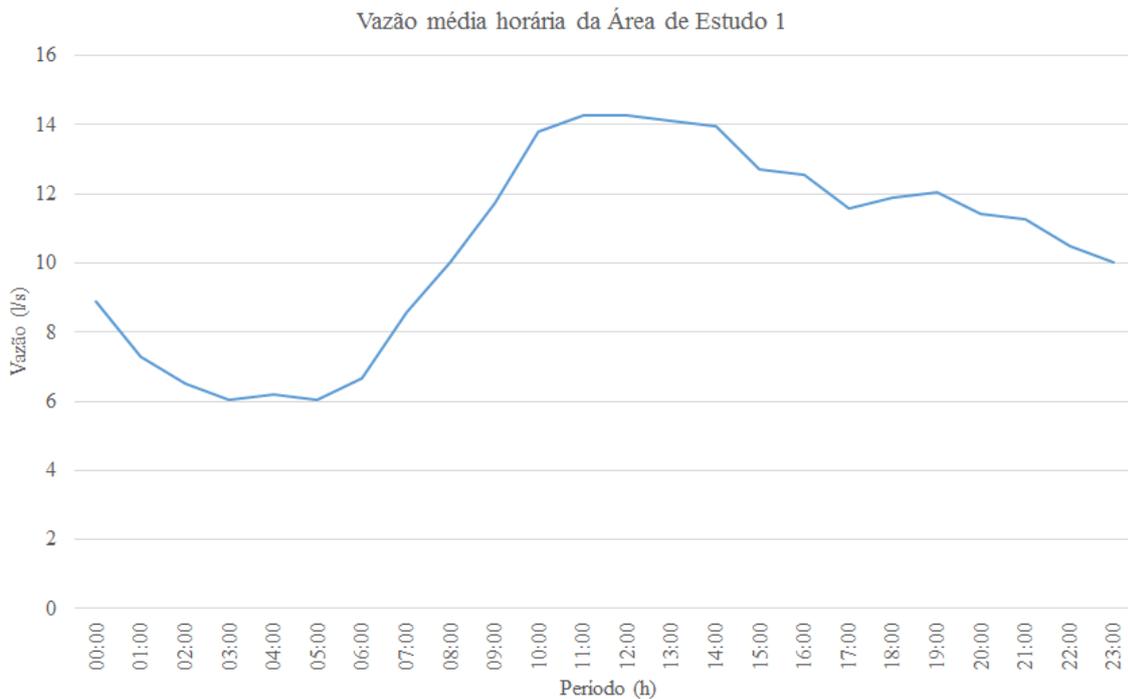
Nos **Gráficos 3 e 4** são apresentados os padrões de consumo observados nas áreas de estudo durante as horas do dia. Para elaboração de tais gráficos foram verificadas as vazões disponibilizadas em um intervalo de 1 mês e obtida a média de vazão observada em cada hora do dia durante o intervalo de tempo de análise.



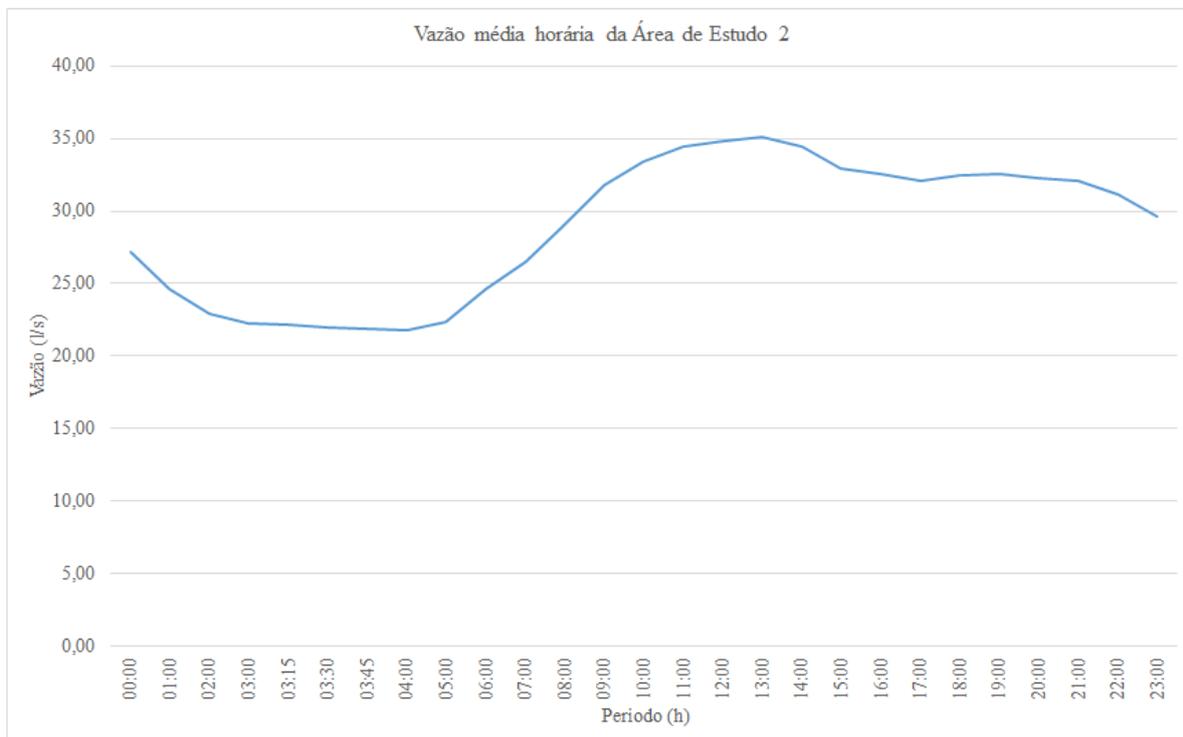
**Gráfico 1: Monitoramento de vazão e pressão na Área de Estudo 1**



**Gráfico 2: Monitoramento de vazão e pressão na Área de Estudo 2**



**Gráfico 3: Vazão média horária na Área de Estudo 1**



**Gráfico 4: Vazão média horária na Área de Estudo 2**

## RESULTADOS DAS ETAPAS 3 E 4

As 3ª e 4ª etapas do trabalho de análise foram realizadas para a situação posterior as obras e obedeceram a mesma metodologia aplicada nas 1ª e 2ª etapas. Ainda que a estanqueidade da área tenha sido validada na 1ª etapa, o que implicaria na não obrigatoriedade dela na 3ª etapa, ressalta-se a importância de se checar novamente o isolamento da área em virtude das constantes atividades de manobras para manutenção do

abastecimento que podem por descuido ter aberto algum registro de setor. Para evitar este tipo de problema, é regra a recomendação da pintura destes registros para que os mesmos fiquem sempre fechados.

As **Tabelas 3 e 4** a seguir apresentam o Painel Gerencial de resultados das áreas de estudo após a execução das obras. Na situação pós obras foram apresentadas 2 campanhas de medições, sendo uma referente à situação em que o DMC encontra-se com a mesma configuração da situação pré obras (medição de 10/2018 para a Área de Estudo 1 e medição de 11/2018 para a Área de Estudo 2) e outra referente à situação em que o DMC encontra-se com a VRP em operação.

**Tabela 3 - Painel Gerencial (Pós-obra) – Área de Estudo 1**

Parâmetro	Valor Medição Out/2018	Valor Medição Fev/2019	Unidade	Referência
Número de ligações ativas (NLA)	1.399,00	1.399	un	Sistema comercial
Extensão de rede (km)	6,90	6,9	km	Cadastro
Extensão de rede substituída (km)	5,95	5,95	km	Cadastro
Volume disponibilizado (VD)	25.943,82	17.652,60	m³/mês	Extrapolção das medições de campo
Volume micromedido (VCM)	16.569,42	16.738,50	m³/mês	Sistema comercial
Volume de usos (Vusos)	0	0	m³/mês	
Volume perdas (VPDT)	9.374,40	914,10	m³/mês	Calculado (conforme Equação 3)
Vazão média	10,00	7,30	L/s	
Vazão mínima noturna (3-4hrs)	3,11	2,11	L/s	
Pressão média diária	40	41	mca	Medições de campo
Pressão média noturna (3-4hrs)	-	-	mca	
<b>IPDt</b>	216	23	L/lig.dia	Calculado (conforme Equação 1)
Fator de Pesquisa	0,31	0,29	Adimensional	Calculado com base nas medições

**Tabela 4 - Painel Gerencial (Pós-obra) – Área de Estudo 2**

Parâmetro	Valor Medição Mai/2018	Valor Medição Nov/2018	Unidade	Referência
Número de ligações ativas (NLA)	2.301,00	2.301,00	un	Sistema comercial
Extensão de rede (km)	13,36	13,36	km	Cadastro
Extensão de rede substituída (km)	11,37	11,37	km	Cadastro
Volume disponibilizado (VD)	47.851,19	55.765,50	m³/mês	Extrapolção das medições de campo
Volume micromedido (VCM)	31.028,58	31.134,82	m³/mês	Sistema comercial e ArcMap
Volume de usos (Vusos)	0	0	m³/mês	
Volume perdas (VPDT)	16.822,61	24.630,68	m³/mês	Calculado (conforme Equação 3)
Vazão média	17,43	21,40	L/s	
Vazão mínima noturna (3-4hrs)	3,33	11,67	L/s	
Pressão média diária	14,10	37	mca	Medições de campo
Pressão média noturna (3-4hrs)	-	-	mca	
<b>IPDt</b>	236	357	L/lig.dia	Calculado (conforme Equação 1)
Fator de Pesquisa	0,19	0,55	Adimensional	Calculado com base nas medições

A **Tabela 5** apresentada a seguir traz o comparativo de resultados obtidos para as situações pré e pós obras.

**Tabela 5: Comparativo de resultados entre as situações pré e pós obras**

		<b>Volume disponibilizado (VD) [m³/mês]</b>	<b>Volume micromedido (VCM) [m³/mês]</b>	<b>Volume perdas* (VPDT) [m³/mês]</b>	<b>IPDT</b>	<b>Fator de Pesquisa</b>
<b>Área de Estudo 1</b>	<b>Situação Pré-Obra</b>	26.820,00	15.955,00	10.865,00	262	0,52
	<b>Situação Pós-Obra</b>	17.652,60	16.738,50	914,10	23	0,29
<b>Área de Estudo 2</b>	<b>Situação Pré-Obra</b>	77.009,00	30.853,00	46.156,00	663	0,74
	<b>Situação Pós-Obra</b>	47.851,19	31.028,58	16.822,61	236	0,19

\* Para obtenção do VPDT foi considerado o volume de usos igual a zero

## **PAYBACK DAS OBRAS**

A implantação de uma obra de intervenção, do ponto de vista econômico financeiro, deve levar em conta basicamente 4 etapas: definição dos objetivos, levantamento de investimentos, levantamento de benefícios e por fim, a análise de viabilidade (CABRAL e SILVA, 2018). Após definir as três primeiras etapas, a quarta etapa que consiste na aplicação de uma série de metodologias de indicadores para análise de fluxo de caixa, é primordial para a tomada de decisão sobre a implantação do empreendimento.

Os principais parâmetros analisados para tomada de decisão comumente utilizados em projetos de eficiência energética são: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e payback. Os três parâmetros foram utilizados para fazer a avaliação de viabilidade das obras nas áreas de estudo, objeto do presente trabalho.

Com base nas informações da **Tabela 5**, obteve-se uma TIR de 14,15% e payback de 12 anos para a obra de substituição de redes na Área de Estudo 1. Para a Área de Estudo 2 obteve-se uma TIR de 18,95% e payback de 11 anos. Em ambos os casos foi considerada a taxa de desconto igual a 8,06%.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo foi desenvolvido a partir de resultados de campanhas de medições com intervalo de 7 dias, sendo os volumes disponibilizados no mês extrapolados a partir da medida de 7 dias. Para resultados mais próximos da realidade, o ideal é fazer o acompanhamento com campanhas de medições mensais. Isso permite uma análise mais precisa, inclusive com o melhor entendimento de como se comporta o padrão de consumo na área.

Para análise do retorno obtido na Área de Estudo 1 foram consideradas as medições realizadas em fevereiro/2019 e na Área de Estudo 2 as medições realizadas em maio/2018, situações em que a VRP das áreas estavam operando. Ressalta-se que a operação das VRP's foi um dos ganhos obtidos com a substituição de redes e que o valor de IPDt apresentado se refere apenas às áreas de estudo delimitadas, não correspondendo ao valor de IPDt observado no setor de abastecimento ao qual as mesmas pertencem.

A Área de Estudo 2 considerada neste trabalho foi menor do que área observada na situação real (aproximadamente 2,5 km de redes ficaram fora da análise) devido a problemas em registros de setor que não foram possíveis de ser sanados durante a realização do trabalho. É recomendado realizar novas campanhas de medições futuramente para se ter os valores corrigidos para a área total.

Neste trabalho foi considerado o volume de usos nulo, pois seu valor é estimado em função do número de habitações em áreas irregulares e do consumo por habitantes.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Em ambas as áreas foram observadas uma redução no volume perdido, com impactos positivos nos lucros da companhia de abastecimento com a redução de gastos operacionais para o tratamento de água, melhoria do serviço prestado com menos interrupções do abastecimento para reparos de redes e conseqüentemente melhoria da imagem da companhia perante os clientes.

Na Área de Estudo 1 houve uma redução de 9.167,4 m<sup>3</sup>/mês no volume disponibilizado, 34% do volume produzido observado na situação pré obra. A TIR de 14,15 % observada foi maior que a taxa de desconto (8,06%) considerada, sendo portanto, uma obra economicamente viável. Houve uma redução de 91% do IPDt no período analisado.

Para a Área de Estudo 2 houve uma redução de 29.157,81 m<sup>3</sup>/mês no volume disponibilizado, equivalente a 37% do volume produzido observado na situação pré obra. A TIR de 18,95% observada foi maior que a taxa de desconto (8,06%) considerada, sendo portanto, uma obra economicamente viável. Houve uma redução de 64% do IPDt no período analisado.

Em ambas as áreas houve uma queda significativa do Fator de Pesquisa, o que representa um claro indício de redução dos vazamentos. Ainda assim, para a Área de Estudo 2 esse fator apresentou um valor alto nas medições em que a VRP estava fora de operação, indicando que a área ainda possui vazamentos não visíveis detectáveis através de pesquisas de vazamentos.

Apesar da metodologia de análise apresentada nesse estudo ter sido aplicada para uma situação de avaliação de retorno em obras, ela se mostrou eficiente para a obtenção das perdas em áreas onde através de manobras operacionais é possível obter blocos isolados, como por exemplo, cidades que possuem redes de abastecimento em rede malhada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SORIANO, E. et al.; **Crise Hídrica em São Paulo sob o Ponto de Vista dos Desastres**; 2015; Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2016000100003&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2016000100003&script=sci_arttext&tlng=pt)> Acesso em 03/10/2018
2. MELATO, D. S; **Discussão de uma Metodologia para o Diagnóstico e Ações para a Redução de Perdas de Água: Aplicação no Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo**; 2010; Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; 133p.
3. MORAIS, D.C.; CAVALCANTE, C.A.V.; ALMEIDA, A.T; **Priorização de Áreas de Controle de Perdas em Redes de Distribuição de Água**, 2009, Revista Pesquisa Operacional, v.30, n.1, p.15-32; Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/pope/v30n1/02.pdf>> Acesso em 04/10/2018
4. TSUTIYA, M.T; **Abastecimento de Água**, 4ª edição, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2006.
5. CABRAL, C.B.G; SILVA, B.E.S; **Contratos de Desempenho – Gestão de Perdas de Água e Eficiência Energética**, 2018, Curso à Distância de Autoinstrução, Ministério das Cidades, Disponível em <[www.capacidades.gov.br](http://www.capacidades.gov.br)> Acesso em 03/12/2018.