

## **I-179 - APLICAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM HIDROMETRIA COM BASE EM ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRO**

**Luiz Claudio Drumond<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Mecânico pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Especialização em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade de Federal de Rio de Janeiro (UFRJ) e Especialista em Automação Industrial pela CEFET/RJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Mário Calderaro, 485 – Engenho de Dentro – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20735-330 - Brasil  
- Tel: (21) 2332-4029 - e-mail: [luizclaudio@cedae.com.br](mailto:luizclaudio@cedae.com.br)

### **RESUMO**

Os medidores velocimétricos após algum tempo na rede apresentam desgaste e começam a registrar consumo inferior ao real fornecido. Água fornecida e não contabilizada representa perda por submedição e pode impactar de forma significativa o faturamento de uma empresa de saneamento. Identificar os medidores na rede com desgaste, é premissa essencial para manter o controle adequado sobre o faturamento. Para isso torna-se necessário uma abordagem mais técnica e criteriosa, fundamentada na gestão da malha de micromedicação.

Os hidrômetros podem ter, dependendo do fabricante e tecnologia, desempenhos diferentes. Através da análise em laboratório, é possível identificar o ponto em que um tipo de medidor apresenta submedição elevada. O presente trabalho tem o objetivo de apresentar um método de análise que permita a identificação na rede dos medidores com desgaste e, com base em estudo de viabilidade econômica financeiro, determinar em quais clientes se aplicam medidores velocimétricos, volumétricos ou os eletrônicos denominados de medidores estáticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Submedição, Medidores estáticos, Viabilidade.

### **INTRODUÇÃO**

Muitas empresas, concessionárias dos serviços de abastecimento de água vêm investindo em programas de redução e controle de perdas buscando melhoria nos seus indicadores e, objetivando também minimizar a retirada de água bruta dos mananciais. A melhoria do desempenho dos sistemas de abastecimento focada na redução de perdas tem impactado positivamente o grau de eficiência operacional e energética de empresas operadoras, refletindo na redução de gastos com insumos como produtos químicos, equipamentos e energia elétrica. No balanço hídrico proposto pela IWA as Perdas de Água têm uma abordagem direcionada aos volumes fornecidos e não faturados, designados de Perdas Aparentes, e se dividem em submedição por imprecisão dos hidrômetros, pois estes são aparelhos mecânicos que possuem desde sua fabricação, dificuldade em medir o volume efetivamente entregue em função do abastecimento indireto. As torneiras bóias das caixas d'água provocam o amortecimento das vazões abaixo das capacidades dos hidrômetros. À medida que os hidrômetros se desgastam, os efeitos da submedição aumentam gradativamente. O percentual de submedição incide sobre todo o volume micromedido. As ligações clandestinas, hidrômetros fraudados e ligações com falhas de cadastros também representam uma parcela de Perda Aparente, mas não serão abordados no presente estudo.

Como aliado no combate às perdas aparentes, temos percebido a chegada de novos medidores com diferentes princípios de funcionamento, mas com ênfase na eletrônica, os denominados medidores estáticos. Estes aparelhos apesar dos custos serem bem acima dos medidores convencionais podem contribuir para a redução das perdas aparentes, desde que um estudo de viabilidade econômico financeiro prévio seja feito para auxiliar na tomada de decisão.

### **TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA APLICAÇÃO NA MICROMEDIÇÃO–CUSTO X BENEFÍCIO**

Além dos conhecidos e amplamente utilizados no Brasil e no mundo, os medidores velocimétricos, com os estudos recentes de Ensaio para Determinação dos Erros de Medição em conformidade com a norma ABNT

15538 tem alavancado reflexões sobre os medidores volumétricos que, apesar do sua vulnerabilidade relacionada a travamento por particulado em suspensão, seu ponto forte é a performance apresentada frente aos velocimétricos, considerando que no Brasil o abastecimento indireto evidencia ainda mais os efeitos da submedição. Atualmente encontramos também disponíveis no mercado medidores para medição e faturamento com a tecnologia ultrassônica ou eletromagnética com baterias de alta performance embarcada, proporcionando precisão e durabilidade superior aos hidrômetros convencionais mecânicos. Outra vantagem destes medidores é que, por não possuírem partes móveis, não são suscetíveis a travamentos ou desgastes, fato frequente nos medidores de turbinas, limitando a permanência destes na rede em poucos anos em média. Mas se por um lado temos maior precisão e durabilidade, por outro lado os custos de aquisição para aplicação podem inviabilizar o investimento. O custo para aquisição de cada tipo de medidor tem obedecido a seguinte relação apresentada na Tabela 1:

**Tabela 1: Relação de Custo Médio de Medidores por Tecnologia x IDM.**

FAIXA DE MEDIÇÃO	TECNOLOGIA	CUSTO*	ÍNDICE DE DESEMPENHO DA MEDIÇÃO (IDM <sub>N</sub> )
0 ~5 m³/h	<b>Velocimétrico Classe B</b>	<b>C<sub>1</sub></b>	<b>93 ~96 %</b>
	<b>Volumétrico Classe C</b>	<b>2 C<sub>1</sub></b>	<b>98 %</b>
	<b>Ultrassônico R 250</b>	<b>6 C<sub>1</sub></b>	<b>99%</b>

(\*) O uso desta tabela deve ser precedido de uma pesquisa de mercado, atualizando a relação de custo sugerida a título de exemplo.

## DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE DESEMPENHO DA MEDIÇÃO: ESTUDOS EM LABORATÓRIO

A metodologia consiste em obter o IDM de amostras estratificadas de hidrômetros novos e usados, por fabricante, tipo e capacidade. Para o presente estudo, os ensaios foram realizados no Laboratório de Medidores da CEDAE/RJ, certificado pela Inmetro, em conformidade com a ISO 17025, através do CRL 1083.



**Figura 1: Instalações do Laboratório de Medidores da CEDAE-RJ e Bancada de testes.**

O plano de amostragem foi montado contendo diferentes faixas de volume totalizado nos hidrômetros retirados da rede. Em conformidade com a ABNT NBR 15538<sup>1</sup> o IDM, Índice de Desempenho da Medição pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$IDM = 100 * E_{pi}$$

Equação (1)

Os ensaios de avaliação de eficiência de medidores tomam como base o perfil de consumo típico de abastecimento domiciliar sendo obtido pela associação entre o perfil de consumo e o erro relativo apresentado pelo medidor de água (E<sub>pi</sub>), nas faixas de vazões detalhadas na Figura 1.

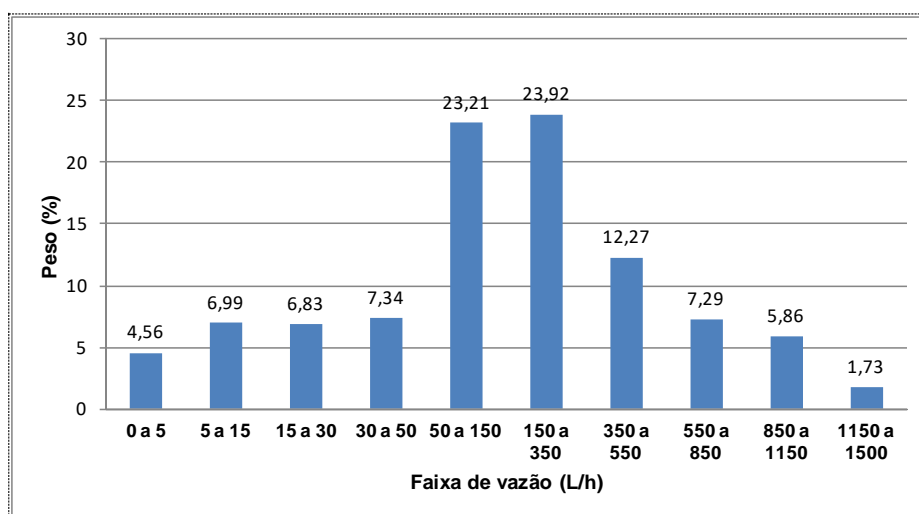


Figura 2: Histograma elaborado e função perfil típico de abastecimento domiciliar.

Realizando ensaios definidos pela norma em (n) amostras e adotando critérios estatísticos utilizando a distribuição (t) de Student pela Equação (3) os dados obtidos são plotados em um gráfico conforme apresentado na tabela 1.

$$\left( \bar{x} - t_{(n-1,0.05)} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right), \quad \bar{x} + t_{(n-1,0.05)} \times \frac{s}{\sqrt{n}}.$$

Equação (2)

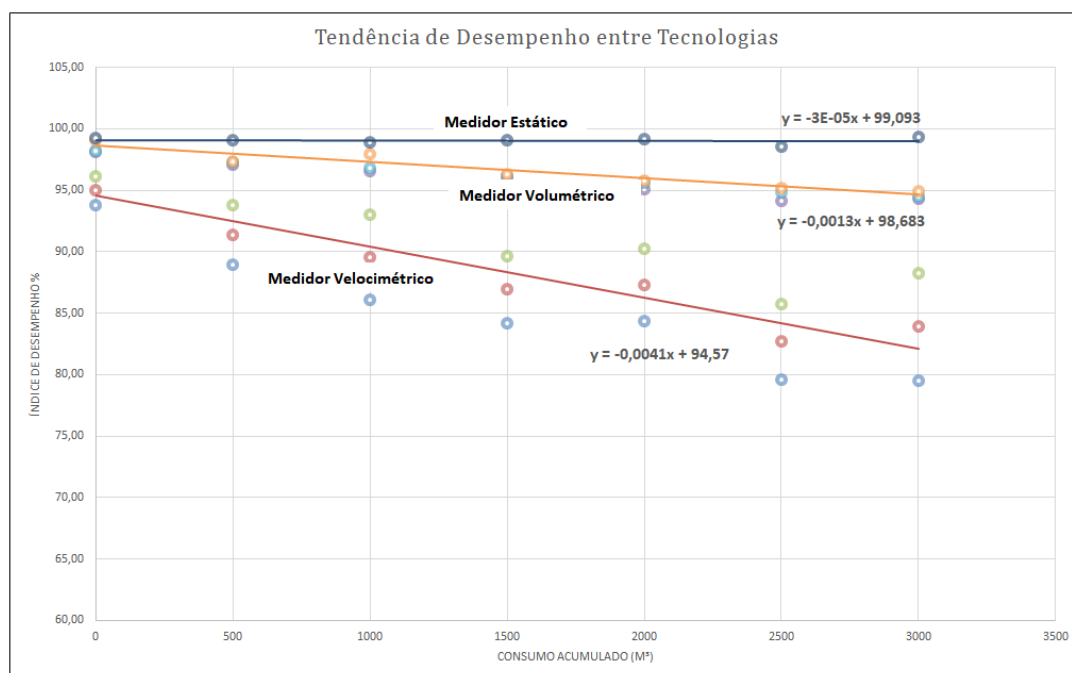


Figura 3: Tendência de desempenho metrológico—Medidor Velocimétrico x Volumétrico e Estático.

As linhas de tendência evidenciam que os medidores estáticos não sofrem desgaste e mantém a performance, mas no caso dos medidores Velocimétricos e Volumétricos, o IDM sofre decaimento à medida que o volume acumulado aumenta, comprovando que o desgaste é função do número de rotação da turbina e não do tempo de instalação. As equações lineares podem ser reescrita em função da Leitura (L) de cada medidor e do IDM. Estas equações representam a efetividade de medição dos medidores unijatos marca (x), volumétrico marca

(y) e ultrassônico marca (z). Por exemplo a efetividade de medição dos medidores velocimétricos unijatos, marca (x) é:

$$IDM(L) = -0,0041 * L + 94,57 \quad \text{Equação (3)}$$

### VOLUME SUBMEDIDO EM UM MEDIDOR EM USO

O primeiro passo na escolha de qual medidor deve ser aplicado em substituição ao medidor existente no campo é identificar qual desempenho da medição que o hidrômetro em uso está apresentando. Com base no volume submedido (Vs) será possível calcular o potencial de recuperação de receita. A fórmula é:

$$Vs = Vm * \left( \frac{IDMn}{IDMuso} - 1 \right) \quad \text{Equação (4)}$$

Sendo:

IDMn- Índice de Desempenho do Hidrômetro novo (%)

IDMuso- Índice de Desempenho do Hidrômetro em uso (%)

### CÁLCULO DA RECUPERAÇÃO FINANCEIRA APÓS A TROCA DO MEDIDOR

Devemos considerar que uma troca de hidrômetro com desgaste por um novo medidor proporcionará uma melhora na medição e possivelmente no faturamento. Esta melhora será em função do desgaste do medidor em uso, da qualidade do novo medidor e do valor da tarifa, obedecendo a estrutura tarifária de cada companhia. Como exemplo utilizamos a Estrutura Tarifária da CEDAE vigente em Janeiro de 2017 na tabela 2:

**Tabela 2: Estrutura Tarifária – CEDAE Jan/2017**

TARIFA	FAIXA	VALOR DA TARIFA
T <sub>1</sub>	0 ~15 m³/mês	R\$ 3,54
T <sub>2</sub>	>15 ~30 m³/mês	R\$ 7,80
T <sub>3</sub>	>30 ~45 m³/mês	R\$ 10,63
T <sub>4</sub>	>45 ~60 m³/mês	R\$ 21,27
T <sub>5</sub>	>60 m³/mês	R\$ 28,36

Portanto podemos obter valor mensal recuperado (**Rf**) após a troca de um hidrômetro utilizando a seguinte expressão:

$$Rf = Vs * T$$

$$Rf = \left( Vs * \left( \frac{-0,0041 * L0 + 94,57}{-0,0041 * Luso + 94,57} - 1 \right) \right) * T \quad \text{Equação (5)}$$

Caso a localidade possua o serviço de coleta, transporte e tratamento de esgoto, o valor mensal recuperado é multiplicado por 2, então a expressão será:

$$Rf = \left( Vs * \left( \frac{-0,0041 * L0 + 94,57}{-0,0041 * Luso + 94,57} - 1 \right) \right) * T * 2$$

### Exemplo:

Em um cliente com volume medido no hidrômetro velocimétrico tipo unijato marca x em uso de 16 m³/mês com leitura de 850 m³, qual será o valor mensal recuperado caso seja efetuada a substituição por um mesmo hidrômetro da mesma marca, porém novo?

Considerando a segunda faixa Tarifária utilizaremos  $T_2 = R\$ 7,80$

$$Rf = \left( 16 * \left( \frac{-0,0041 * 0 + 94,57}{-0,0041 * 850 + 94,57} - 1 \right) \right) * 7,80 * 2$$

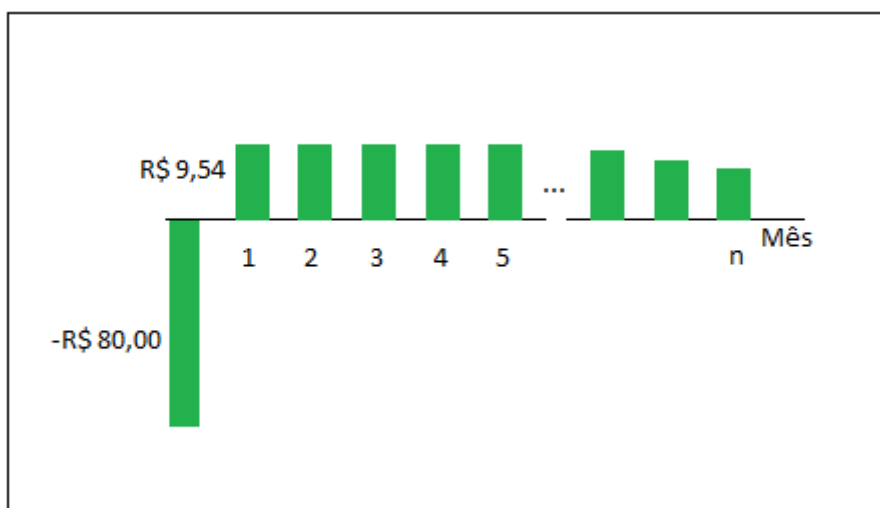
$$Rf = R\$ 9,54/mês$$

Neste caso a substituição de um medidor antigo por um novo irá proporcionar um Valor de Faturamento Recuperado em R\$ 9,54 / mês.

### AValiação DE VIABILIDADE ECONômICA FINANCEIRA

As boas práticas de gestão de projetos sugerem estudos prévios de viabilidade econômica. A essência da avaliação econômico-financeira é medir o retorno de um projeto de maneira comparável com outros investimentos. O primeiro passo para a realização da avaliação econômica é a montagem do fluxo de caixa, isto é, a definição do fluxo de entradas e saídas de dinheiro durante o ciclo de medição desejado. A avaliação utilizando o Fluxo de Caixa auxiliará no processo de tomada de decisão.

Portanto no exemplo citado teremos o seguinte fluxo de caixa, considerando que o custo tenha sido da ordem de R\$ 80,00, sendo R\$ 50,00 a compra do medidor e R\$ 30,00 o custo de Mão de Obra de substituição:



**Figura 4: Fluxo de caixa da substituição do medidor em uso por novo medidor.**

Para calcular o Valor Presente Líquido usamos a seguinte equação:

$$VPL = \left( \left( \frac{FC1}{(1+I)^1} + \frac{FC2}{(1+I)^2} + \dots + \frac{FCn}{(1+I)^n} \right) \right) - FC0$$

Equação (5)

O Valor Presente Líquido de uma substituição possui as seguintes possibilidades de resultado:

- Maior do que zero a troca é economicamente viável.
- Igual a zero: não terá retorno
- Menor do que zero: não é economicamente atrativo.

### AValiação DE VIABILIDADE POR TIPO DE MEDIDOR

Portanto, para uma taxa estimada em 8% ao ano, o Valor Presente Líquido em 12 meses do exemplo apresentado será :  $VPL = R\$ 26,00$

Com base no exemplo anterior, podemos constatar que a troca é economicamente viável, considerando que o VPL em 12 meses será positivo e o Pay back do investimento ocorrerá em 9 meses. O Fluxo de Caixa do exemplo anterior substituindo o medidor antigo por um medidor **volumétrico** de 1,5 m³/h classe C com Custo = 2C, considerando o  $IDMn = -0,0013 \cdot L + 98,6$  terá um  $VPL = 44,46$  e o Pay back em 10 meses, tornando esta opção de troca mais vantajosa.

### AValiação DE CENÁRIOS

Considerando clientes com consumo acumulado em torno de 1.000 m³ no totalizador, com medidores velocimétricos instalados e estabelecendo o retorno financeiro por cada tipo de medidor, é possível criar cenários para a tomada de decisão e escolha da tecnologia empregada. Nesta análise foi adotada uma taxa de 12% ao ano.

**Tabela 3: Análise de Viabilidade por tipos de medidores**

Consumo Médio (m³/mês)	Velocimétrico			Volumétrico			Estático		
	Payback	VPL	TIR	Payback	VPL	TIR	Payback	VPL	TIR
14	13	R\$ 86,36	8%	11	R\$ 268,07	9%	27	R\$ 50,79	2%
15	11	R\$ 111,49	10%	10	R\$ 315,00	11%	24	R\$ 108,06	3%
16	10	R\$ 138,47	11%	10	R\$ 364,20	12%	22	R\$ 168,02	3%
17	9	R\$ 167,30	13%	9	R\$ 415,69	13%	20	R\$ 230,70	4%
18	8	R\$ 198,01	15%	8	R\$ 469,49	15%	19	R\$ 296,11	5%
19	7	R\$ 230,60	17%	8	R\$ 525,63	16%	17	R\$ 364,29	5%
20	7	R\$ 265,10	19%	7	R\$ 584,11	17%	16	R\$ 435,24	6%
21	6	R\$ 301,52	21%	7	R\$ 644,96	19%	15	R\$ 509,00	7%
22	6	R\$ 339,88	24%	6	R\$ 708,21	21%	14	R\$ 585,59	7%
23	5	R\$ 380,19	26%	6	R\$ 773,86	22%	13	R\$ 665,03	8%
24	5	R\$ 422,46	29%	6	R\$ 841,94	24%	12	R\$ 747,35	9%
25	5	R\$ 466,72	32%	5	R\$ 912,47	26%	12	R\$ 832,56	9%
26	4	R\$ 512,99	34%	5	R\$ 985,46	27%	11	R\$ 920,70	10%
27	4	R\$ 561,27	37%	5	R\$ 1.060,95	29%	11	R\$ 1.011,79	11%
28	4	R\$ 611,58	40%	5	R\$ 1.138,95	31%	10	R\$ 1.105,85	12%
29	4	R\$ 663,95	44%	4	R\$ 1.219,48	33%	10	R\$ 1.202,91	12%
30	4	R\$ 718,39	47%	4	R\$ 1.302,57	35%	9	R\$ 1.302,99	13%
31	3	R\$ 851,64	55%	4	R\$ 1.527,17	41%	8	R\$ 1.575,39	15%
32	3	R\$ 915,53	59%	4	R\$ 1.623,35	43%	8	R\$ 1.691,13	16%
33	3	R\$ 981,73	63%	4	R\$ 1.722,39	46%	7	R\$ 1.810,25	17%
34	3	R\$ 1.050,27	67%	4	R\$ 1.824,30	48%	7	R\$ 1.932,78	18%
35	3	R\$ 1.121,16	72%	3	R\$ 1.929,12	51%	7	R\$ 2.058,74	19%



## **TOMADA DE DECISÃO COM BASE NO CENÁRIO APRESENTADO**

Para medidores identificados no campo, com leitura em torno de 1.000 m<sup>3</sup>, a tecnologia a ser empregada em cada substituição será definida com base na Taxa Interna de Retorno (TIR) que deverá ser próximo ou superior à taxa de juros estabelecida, adotando como a melhor opção, o maior VPL apresentado comparando as tecnologias. Com base nesta premissa teremos a seguinte decisão:

### **Aplicação de Medidores Velocimétricos – Consumo entre 0 à 15 m<sup>3</sup>/mês**

No caso da estrutura tarifária adotada, onde a tarifa mínima é de 15 m<sup>3</sup> mês, não haverá retorno financeiro significativo nas trocas, mas é recomendável sua substituição ou verificação subsequente em intervalo não superior a 7 anos em conformidade com o Regulamento Técnico Metrológico do Inmetro, aprovado pela Portaria 295/2018, e por este motivo o medidor velocimétrico se apresenta a melhor opção.

### **Aplicação de Medidores Volumétricos – Consumo entre 16 à 30 m<sup>3</sup>/mês**

Com base na tabela 3, o medidor volumétrico apresenta-se como a melhor opção na faixa de consumo, entre 16 à 30 m<sup>3</sup>/mês considerando que a TIR é superior ao medidor ultrassônico nesta faixa e o VPL apresenta-se superior, se comparado com as demais tecnologias.

### **Aplicação de Medidores Estáticos – Consumo maior que 30 m<sup>3</sup>/mês**

Em clientes com consumo a partir de 30 m<sup>3</sup> mês observa-se que a tecnologia ultrassônica se mostra como uma opção preferencial, pois o VPL é superior. A TIR também é superior a 12% comprovando a viabilidade da estratégia empregada.

## **CONCLUSÕES**

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O método apresentado pode ser empregado em diferentes estruturas tarifárias e permitirá a escolha correta de qual tecnologia a ser empregada;

Os resultados apresentados demonstram que as trocas de medidores são necessárias e as ações devem ser realizadas com critérios e métodos bem definidos visando o maior retorno possível do investimento aplicado;

Devido a diversificação de medidores instalados no campo o método proposto é eficaz desde que seja definindo para cada nicho de clientes as tecnologias distintas. Com isso será possível obter os melhores resultados com o menor investimento possível.

Os medidores estáticos, apesar do custo elevado, demonstram-se viáveis, desde que seja precedido do presente estudo.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ABNT 15538. Medidores de água potável - Ensaio para avaliação de eficiência. São Paulo. Publicada em 9/12/2011 e substituída em 2014.
2. Portaria 295/2018. Regulamento Técnico Metrológico do Inmetro – Medidores de água potável fria ou quente. Publicada em 28/06/2018.