

## XI-132 - AUMENTO DE RECEITA ALCANÇADO POR MEIO DA TÉCNICA DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAÇÃO DE SUBSTITUIÇÃO DE HIDRÔMETROS NO MUNICÍPIO DE SÃO CAETANO DO SUL-SP

### **Rosemara Augusto Pereira** <sup>(1)</sup>

Engenheira Civil, Diretora da Monitora Tecnologia e Informação Ltda., MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), Especialista com pós-graduação *lato sensu* em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP) e em Geoprocessamento pelo Instituto de Computação da Unicamp. Experiência em saneamento e na implantação de sistemas de informatizados de monitoramento de redes e geoprocessamento.

### **Maria de Lourdes da Silva** <sup>(2)</sup>

Engenheira Civil pela UMC (Universidade de Mogi das Cruzes), engenheira no Departamento de Água e Esgoto de São Caetano do Sul - SP. Experiência na gestão pública com ênfase em sistemas de infraestrutura urbana.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Avenida Brasil, 214 – Jardim Barueri – Barueri - SP - CEP: 06.411-310 - Brasil - Tel: +55 (11) 2337-6902 - e-mail: [rose@monitora.info](mailto:rose@monitora.info)

### **RESUMO**

Normalmente os hidrômetros são substituídos levando-se em conta a idade, não a rigor, mas convencionalmente, quando atingem cinco anos, conforme critério estabelecido pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), deixando de lado o desempenho metrológico e outros fatores que influenciam no rendimento do equipamento de medição. Estudos mostram que a idade não é o único fator que influencia na submedição do equipamento, pois não raro hidrômetros com idade avançada possuem capacidade metrológica dentro dos parâmetros aceitáveis, enquanto que equipamentos com idades inferiores a cinco anos possuem alto desgaste, o que torna complexa a tarefa de definir o tempo de troca que proporcione o melhor custo-benefício somente pela idade.

Em face desta problemática de impacto econômico significativo, empregou-se uma técnica para priorização da troca de hidrômetros em São Caetano do Sul baseado na aplicação de análise multicritério por meio do estabelecimento de critérios relevantes, como o consumo médio, categoria de uso, decaimento temporal de consumo, factibilidade de mudança de faixa tarifária e também a idade, de forma a permitir a classificação dos hidrômetros instalados segundo sua prioridade de troca, e este estudo apresenta o aumento de receita alcançado por meio do emprego desta técnica, considerando inclusive o tempo de retorno do investimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aumento de receita, Plano de troca de hidrômetros, Micromedição, Retorno de investimento na troca de hidrômetros.

### **INTRODUÇÃO**

É imperativa e necessária a implantação de uma gestão ativa do parque de hidrômetros, por meio de critérios e métodos claros e bem definidos, bem como, destaca-se que medidas tomadas para a melhoria da qualidade da micromedição final do sistema estejam associadas a uma macromedição eficiente, pois ambas são essenciais para a obtenção de dados próximos à realidade das perdas do sistema, de forma a propiciar melhor o planejamento de políticas de redução de perdas, a fim de mantê-las em níveis aceitáveis ou menores possíveis, porém muitas companhias negligenciam a manutenção do parque de hidrômetros, deixando de arrecadar valores significativos por conta da submedição dos hidrômetros.

Em face dos aspectos expostos, este estudo demonstra os resultados financeiros alcançados por meio de substituição de parte do parque de hidrômetros do município de São Caetano do Sul, a partir de aplicação da técnica de análise multicritério pra priorização da troca como será detalhado adiante. Uma parte significativa do parque hidrométrico, apresentava-se fora do prazo determinado pela portaria 246, de 17 de outubro de 2000, do INMETRO, que sugere a troca periódica dos hidrômetros, em intervalos não superiores a 5 anos e esta obsolescência do parque demandou e motivou o estudo de priorização e a substituição de parte do parque

de hidrômetros, haja vista que, o processo de troca de forma aleatória ou simplesmente por idade como vinha sendo realizado não se mostrou eficiente.

## OBJETIVO

Este artigo técnico tem como principal objetivo apresentar o aumento de receita alcançado por meio da aplicação da técnica de análise multicritério para priorização da substituição de hidrômetros empregada no município de São Caetano do Sul-SP, onde enfatizou-se a redução de perdas aparentes e o aumento de receita. Por meio de análise de dados dos clientes estabeleceu-se critérios, classificou-se os hidrômetros segundo prioridade de troca e efetuou-se substituição de um conjunto de hidrômetros, de forma a alcançar o máximo aumento de receita e a maior redução possível em perdas aparentes causadas por hidrômetros desgastados, seja por longo tempo de uso, seja por desgaste prematuro provocado por outras causas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de São Caetano do Sul, que localiza-se na região sudeste do Brasil, na região metropolitana de São Paulo, sua área total é de 15,331 km<sup>2</sup> e, segundo atualização do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), com data de referência de 1º de Julho de 2014, o município conta com uma população estimada em 157.205 habitantes.

Para suprir a demanda do sistema público de abastecimento o município de São Caetano do Sul, importa água da SABESP, tendo em vista que a capacidade hídrica do município é insuficiente para o atendimento da população. O total de ligações com hidrômetros instalados no município é de 37.019 (trinta e sete mil e dezenove) unidades, obtido a partir da Base de dados de clientes do DAE-SCS, atualizados para o período de referência de Maio/2015. Por meio deste estudo analisou-se os resultados financeiros alcançados por meio da substituição de um conjunto de 7.245 hidrômetros substituídos entre os meses de Novembro/2015 e Agosto/2016, segundo prioridade estabelecida pelo método descrito adiante neste artigo.

Na análise do banco de dados verificou-se que o parque de hidrômetros de São Caetano do Sul possuía uma idade média de 7,03 anos, e a maior parcela dos hidrômetros (83,33%) com idade superior a 5,0 anos.

## CARACTERIZAÇÃO DA POLÍTICA TARIFÁRIA

A política tarifária praticada pelo DAE-SCS, é determinada pelo Decreto Municipal N.º 10.864 de 08 de maio de 2015, que estabelece os valores das tarifas de forma variada em função da categoria de uso e da faixa de consumo, conforme **Tabela 1** da sequência, sendo iguais valores e critérios aplicados à cobrança dos serviços de coleta e tratamento do esgoto.

**Tabela 1 - Política Tarifária DAE/SCS**

Categoria de Uso	Residencial		Comercial		Industrial	
	(m <sup>3</sup> /mês)	Valor (R\$)	(m <sup>3</sup> /mês)	Valor (R\$)	(m <sup>3</sup> /mês)	Valor (R\$)
Faixa de Consumo	0-10	23,68/mês	0-10	31,35/mês	0-10	40,15/mês
	11-20	2,39/m <sup>3</sup>	11-20	4,75/m <sup>3</sup>	11-20	8,38/m <sup>3</sup>
	21-30	4,74/m <sup>3</sup>	21-50	10,34/m <sup>3</sup>	21-50	14,53/m <sup>3</sup>
	31-50	5,43/m <sup>3</sup>	>50	16,31/m <sup>3</sup>	>50	20,94/m <sup>3</sup>
	>50	8,64/m <sup>3</sup>				

## MÉTODO DE ANÁLISE E CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO

Para priorização da troca de hidrômetros no município de São Caetano do Sul-SP, enfatizou-se a redução de perdas e o aumento de receita, para isso adotou-se o processo de Análise Multicritério de Apoio à Decisão, do Inglês (MCDA – *Multicriterial Decision Analysis*), que corresponde a uma ferramenta eficiente na estruturação de problemas ordenação, como é o caso do estabelecimento da prioridade de troca de hidrômetros. Essa ferramenta consiste de uma técnica para estruturação e análise de problemas complexos que

propicia a organização e síntese das informações em um processo de múltiplos critérios de decisão, fazendo com que os aspectos envolvidos sejam efetivamente considerados.

Existem diversos métodos consagrados de apoio a decisão de problemas de múltiplos critérios, dentre eles têm-se o “Método *Promethee*” adotado nesse estudo. Optou-se por esse método por ser adequado ao caso de estudo que trata-se de um problema de decisão multicritério, com problemática de ordenação e também por conta da facilidade de entendimento dos conceitos e parâmetros inerentes ao método, que simplificam o processo de modelagem de preferências e, conseqüentemente, aumenta a efetividade da aplicação da ferramenta multicritério, quando comparado a outros métodos.

Nesse método de análise e decisão o índice de prioridade é dado pela agregação das intensidades de preferências determinadas para todos os critérios, por meio de uma soma, ponderada pelos pesos atribuídos aos critérios.

Os critérios de avaliação estão apresentados na **Tabela 2** da sequência, enfatizando que os pesos foram admitidos em relação à importância relativa de seu critério dentro do processo de priorização.

**Tabela 2 – Critérios de avaliação e pesos**

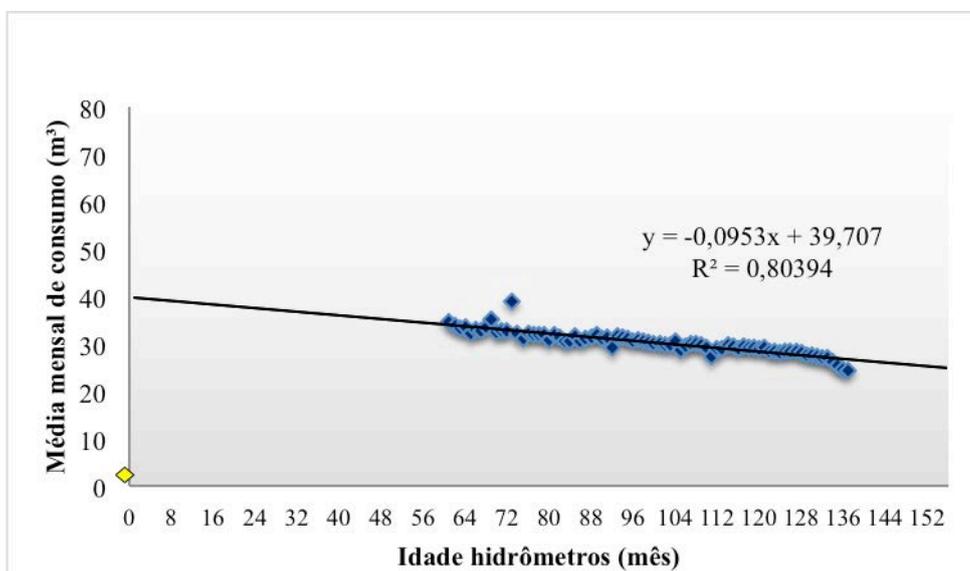
Critério	Nome do Critério	Peso	Descrição do Critério de Avaliação
C1	Consumo	0,30	Esse critério de maximização mede a prioridade da troca em função do valor do consumo médio registrado nos últimos seis meses. Na avaliação desse critério foram atribuídos valores entre 0 e 1 a cada uma das ligações, segundo intensidade de consumo.
C2	Categoria de Uso	0,20	Esse critério de maximização mede a prioridade da troca em função do enquadramento de categoria de uso. Na avaliação desse critério foram atribuídos valores entre 0 e 1 a cada uma das ligações, segundo sua categoria uso, sendo o maior valor atribuído as ligações industriais, valor intermediário às categorias comerciais e valor mínimo às categorias residenciais.
C3	Decaimento de Consumo	0,20	Esse critério de minimização mede a prioridade de troca em função do decaimento de consumo, determinado por meio de regressão linear, a partir da última troca de hidrômetro. Na avaliação desse critério foram atribuídos valores iguais a 0 para as ligações que não apresentaram decaimento de consumo na análise histórica e valores entre 0 e 1, variáveis conforme a intensidade, para as ligações que apresentaram decaimento de consumo.
C4	Factibilidade de Mudança de Faixa	0,20	Esse critério de extremos mede a prioridade de troca em função da factibilidade de mudança de faixa de consumo para cobrança, determinada por meio de regressão linear, a partir da última troca de hidrômetro. Na avaliação desse critério foi atribuído Valor=0 para as ligações não factíveis de mudança de faixa e valores entre 0 e 1, segundo o grau de mudança, para as ligações factíveis.
C5	Idade do Hidrômetro	0,10	Esse critério de maximização mede a prioridade de troca em função da idade do hidrômetro. Na avaliação desse critério foram atribuídos valores entre 0 e 1, variáveis segundo a faixa etária dos hidrômetros.

Com base nessa matriz de critérios as ligações foram individualmente analisadas segundo os pesos e valores de avaliação estabelecidos e a seguir aplicou-se o “Método PROMETHEE” adotado para análise e decisão, que permitiu o estabelecimento da priorização de troca do parque de hidrômetros de São Caetano do Sul, e a partir da priorização de troca efetuou-se a classificação desta prioridade em 04 classes, quais sejam: Prioridade Máxima, Prioridade Alta, Prioridade Média e Prioridade Baixa.

## ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DECAIMENTO DE CONSUMO

Para determinação dos valores dos critérios C3 e C4, citados na **Tabela 2**, foi utilizado o método numérico dos mínimos quadrados, ajustando-se uma reta de tendência para os dados de consumo mensal disponíveis para cada um dos clientes listados. Assim, o coeficiente angular de cada uma das retas de regressão pôde ser usado como parâmetro quantitativo para se estudar a queda de consumo. Em outras palavras, o coeficiente angular representa a taxa de decaimento de consumo (C3). Já o coeficiente linear pode ser utilizado como um parâmetro para se avaliar o volume de consumo imediatamente após a troca, pois representa onde a reta intercepta o eixo y (C4). Esses parâmetros para a quantificação da taxa de queda do consumo se fazem necessários, pois sem eles, não haveria um critério claro para a separação dos piores casos, os quais devem ser alvo para priorização das trocas de hidrômetro.

Com isso, pode-se obter uma equação do tipo  $y = ax + b$  (onde y é o consumo mensal em  $m^3/mês$  e x é o tempo em mês) que descreve de maneira aproximada o comportamento de toda a amostra, podendo evidenciar tendências de queda em grupos em que tal fenômeno não se justifica com exceção da submedição provocada pelo desgaste dos hidrômetros. A **Figura 1** apresenta um exemplo da aplicação deste método numérico.



**Figura 1 – Ilustração Método Numérico - Decaimento de Consumo**

No âmbito dos critérios de exclusão, a fim de garantir a consistência dos resultados, foram excluídos das análises de regressão linear para avaliação da perda de volume micromedido em função do ano de troca alguns dados levando em consideração os seguintes critérios: Hidrômetros em que a situação da ligação era classificada no banco de dados do sistema comercial do DAE-SCS como “Fechada a Pedido” ou “Fechada por Débito”; Ligações com substituição do hidrômetro realizada no ano de 2.015, consideradas recentes e não constavam registro de histórico de consumo suficientes para análise de decaimento; e Ligações em que a substituição do hidrômetro ocorreu em período anterior ao ano de 1.997, pois estes foram indicados para troca independente de qualquer análise.

Após este filtro inicial, as amostras foram refinadas e realizadas novas exclusões criteriosas de dados que poderiam causar interferência. Os dados que apresentaram um grande afastamento das restantes ou que foram considerados inconsistentes foram designados por *outliers* e retirados da avaliação.

## RESULTADOS OBTIDOS

### ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados de priorização obtidos por meio da aplicação do método de análise multicritério, e seus respectivos critérios de priorização anteriormente descritos, foram disponibilizados em uma tabela conforme exemplo hipotético da **Tabela 3** da seqüência, pois por questões de confidencialidade a tabela com os dados reais dos clientes, de forma discreta, não poderão ser demonstrados neste artigo.

**Tabela 3 – Exemplo da tabela de Resultados**

CodCliente/End, etc	Classificação	Índice de Prioridade	Classe Troca
	1	0,280	MÁXIMA
	...	...	...
	4.511	0,140	ALTA
	...	...	...
	14.745	0,125	MÉDIA
	...	...	...
	29.055	0,086	BAIXA
	...	...	...

A partir da tabela de resultados de priorização, conforme modelo **Tabela 3**, por meio de um processo automatizado foram geradas ordens de serviço de substituição de hidrômetros e a execução das trocas foram iniciadas em Novembro/2015.

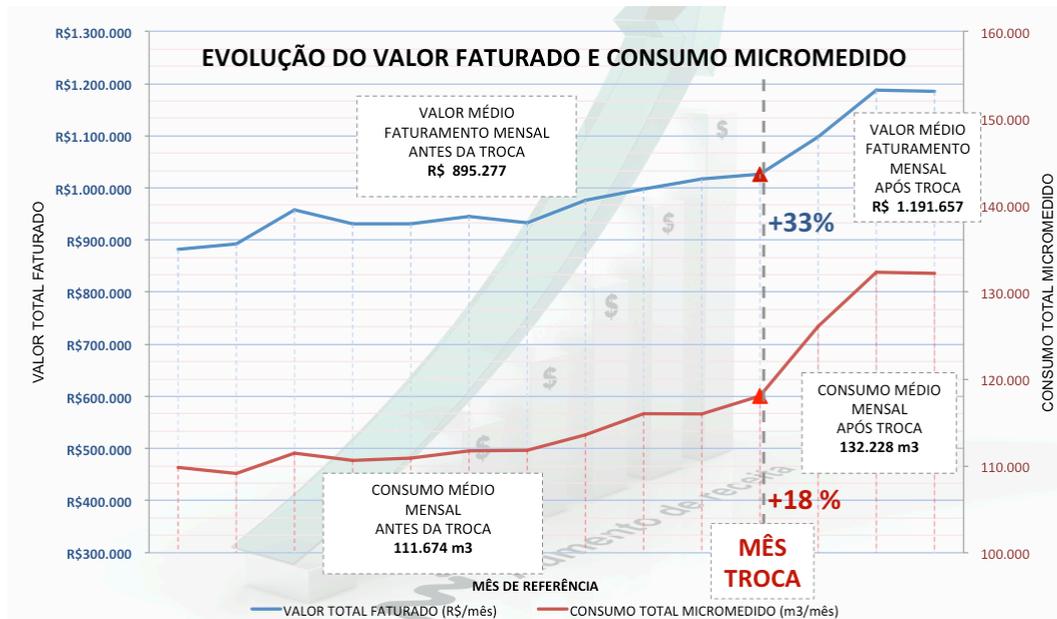
Para demonstração dos resultados financeiros alcançados por meio da aplicação do método aqui apresentado, foram utilizados dados de faturamento anteriores e posteriores a troca para um total de 7.245 hidrômetros substituídos entre 01/11/2015 e 31/08/2016, conforme ilustrado na **Figura 3** da seqüência.

QTD. HIDRÔMETROS SUBSTITUÍDOS / MÊS	MESES ANTERIORES À TROCA DOS HIDRÔMETROS											MÊS REF. TROCA	MESES POSTERIORES À TROCA DOS HIDRÔMETROS													
	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
74	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16			
326	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16				
455	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16					
996	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16						
1433	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16							
879	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16								
272	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16									
900	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16										
1152	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16											
758	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16												
7245	VALOR MÉDIO FATURADO POR MÊS ANTES DA TROCA											MESES NÃO CONSIDERADOS	MÊS REF. TROCA	MESES NÃO CONSIDERADOS	VALOR MÉDIO FATURADO POR MÊS APÓS A TROCA											
TOTAL	<b>R\$895.277,00 / mês</b>														<b>R\$ 1.191.657,00 / mês</b>											

**Figura 3 – Histórico de consumo utilizado na análise**

Por meio da diferença entre o valor médio faturado por mês antes da troca e o valor médio mensal faturado após a troca, chegou-se a um aumento médio mensal no faturamento da ordem de R\$ 296.380,00/mês para as 7.245 ligações analisadas.

O gráfico ilustrado na **Figura 4** da sequência representa o consumo micromedido médio e o valor faturado médio mensal para os hidrômetros avaliados, antes e depois da troca onde pode-se verificar que o método propiciou um incremento da ordem de 33% no valor médio mensal faturado e um incremento da ordem de 18% no consumo médio mensal micromedido.



**Figura 4 – Evolução do valor faturado e do consumo micromedido**

## CONCLUSÕES

Considerando que o custo de troca de cada hidrômetro corresponde ao preço do serviço de troca licitado à R\$ 22,00/unidade, acrescido ao preço do hidrômetro, licitado à R\$ 111,43/unidade, chega-se a um custo de troca de R\$ 133,43/unidade, assim o custo de substituição dos 7.245 hidrômetros avaliados foi de R\$ 966.700,35.

Considerando que o incremento médio mensal no faturamento alcançado por meio da aplicação do método foi de R\$ 296.380,00, conclui-se que o tempo médio do retorno do investimento neste processo de substituição de hidrômetros foi de 3,26 meses.

Se efetuarmos uma projeção anual deste incremento, subtraindo-se o investimento o município alcançou um resultado anual da ordem de R\$2.589.860,00.

## RECOMENDAÇÕES

A eficiência da micromedição é importante não apenas pelo aspecto técnico que permite quantificar o volume de água tratado, distribuído e faturado auxiliando o controle do processo, mas também para promover uma cobrança justa junto ao cliente. Em face disso é fundamental o conhecimento de conceitos, definições, concepções e características dos medidores para embasar o desenvolvimento de ações preventivas e/ou corretivas para otimização da medição e para o combate as perdas aparentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NETO, A. (1998). Manual de Hidráulica. Edgar Blucer Ltda, v 2, 8 ed, São Paulo, 1.988
2. PEREIRA, RA (2016) O Aplicação de análise multicritério para priorização de troca de hidrômetros no município de São Caetano do Sul-SP, com ênfase na redução de perdas e nas recuperação de receita. Encontro Técnico 2016 – AESABESP.
3. TSUTIYA M.T. Abastecimento de água - Departamento de engenharia hidráulica e sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 4ª edição, p.507 -508, 2006.