

I-014 – MELHORIA DA MEDIÇÃO EM HIDRÔMETROS PEQUENOS**Luiz Ernesto Suman⁽¹⁾**

Engenheiro Metalúrgico pela EE Mauá - SP. Pós-graduado em Hidráulica Conceitual pela FATEC-SP e com especialização em Adm. de Empresas pela FGV- SP. Com mais de 35 anos de experiência, atuou nas áreas de operação e manutenção de sistemas de abastecimento de água e de esgotos. Exerceu funções de direção executiva e responsabilidade técnica na SABESP. É responsável pela direção dos contratos de operação da BBL Engenharia, Construção e Comércio Ltda.

Hugo Chisca Junior⁽²⁾

Engenheiro Civil pela FESP, Mestre em Saneamento, com especialização em Saúde Pública pela USP e especialização em Adm. de Empresas pela FGV-SP. Com mais de 30 anos de experiência, atuou nas áreas de planejamento, projetos e gerenciamento de obras de sistemas de abastecimento de água e de esgotos. Exerceu funções de direção e responsabilidade técnica em empresas de consultoria e gerenciamento. É responsável pela direção dos contratos de engenharia da área de saneamento da BBL Engenharia, Construção e Comércio Ltda.

Luiz Shintate⁽³⁾

Engenheiro Eletricista/Eletrônico pela FESP, Bacharel em Física pela USP, 23 anos de experiência na área de hidrômetros, dos quais 15 anos como Gerente do Departamento de Medidores da SABESP e 05 anos na BBL Engenharia.

Endereço^(1, 2 e 3): Rua Mergenthaler, 81 – Vila Leopoldina – São Paulo - SP - CEP: 05311-030 - Brasil - Tel: (11) 3642-1333 - e-mail: comercial@bbl.eng.br

RESUMO

Sabe-se que o seguimento dos hidrômetros pequenos é majoritário, representando aproximadamente **99%** dos medidores instalados no parque de hidrômetros de uma Empresa de Saneamento, ou seja, **99.000** em cada 100.000 ligações de água seriam medidas com hidrômetros de pequena capacidade.

Na maior parte das Empresas de Saneamento, todos os hidrômetros com **vazão nominal** menor ou igual a **1,5m³/h** costumam ser enquadrados nesse segmento. Apesar de ser constituído por hidrômetros pequenos, deve-se atentar para seu **grau** de importância, uma vez que esse segmento geralmente responde pela medição de um volume de água na faixa de **70% a 75%** do total do volume micro-medido pela Empresa de Saneamento.

Portanto, trata-se de uma **quantidade enorme** de hidrômetros, com um faturamento global **muito significativo**, embora com um faturamento unitário médio relativamente **baixo**, o que para alguns representaria fator de “desânimo”, mas que de fato, sob um ponto de vista custo-benefício, merece um tratamento adequado.

Neste trabalho estão contidos os seguintes tópicos:

- Glossário dos principais termos utilizados;
- Elementos relacionados com a manutenção de hidrômetros pequenos;
- Critérios para a formação de batelada básica de hidrômetros para troca;
- Parâmetros técnicos complementares para otimização da batelada de hidrômetros;
- Diretrizes para a Operacionalização do Plano de Manutenção.

Em síntese, este trabalho busca enfatizar a melhor maneira de se obter uma significativa melhoria da medição de água no segmento de Hidrômetros Pequenos (Hd-PC), através da implementação de um adequado Plano de Manutenção, sem perder de vista a relação custo benefício.

PALAVRAS-CHAVE: Melhoria da Medição de Água, Hidrômetros Pequenos, Hidrômetros de Pequenas Capacidade, Critérios de Manutenção, Manutenção da Batelada, Manutenção Preventiva, Plano de Manutenção, Micro-medição, Engenharia de Hidrometria.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que o seguimento dos hidrômetros (Hd-PC) é majoritário, representando aproximadamente **99%** dos medidores instalados no parque de hidrômetros de uma Empresa de Saneamento, ou seja **99.000** ligações em cada 100.000 seriam medidas com hidrômetros pequenos.

Na maior parte das Empresas de Saneamento, fazem parte desse segmento todos os hidrômetros com **vazão nominal** menor ou igual a **1,5m³/h**. Mesmo assim, deve-se atentar para seu **grau** de importância, uma vez que esse segmento geralmente responde pela medição de um volume de água na faixa de 70% a 75% do total de volume micro-medido pela Empresa de Saneamento. Em síntese, trata-se de uma quantidade **enorme** de hidrômetros com um faturamento global **muito significativo**, porém com um faturamento unitário médio relativamente **baixo**, o que para alguns representaria fator de “desânimo”, mas que de fato, sob um ponto de vista custo-benefício, acaba remetendo a um tratamento por meio de batelada de hidrômetros para trocas.

Nesse contexto, fica mais fácil descrever os objetivos desse trabalho, quais sejam:

- Apresentar um Glossário dos principais termos técnicos utilizados;
- Focalizar os elementos relacionados com a manutenção de hidrômetros pequenos;
- Apresentar os critérios para formação de batelada básica de hidrômetros para substituição;
- Apresentar os parâmetros técnicos complementares para otimização da batelada de hidrômetros;
- Propor diretrizes para operacionalização do Plano de Manutenção.

MATERIAIS E MÉTODOS

METODOLOGIA

Para elaborar esse trabalho foi utilizada a seguinte metodologia:

- Consulta à bibliografia existente;
- Avaliação de uma grande variedade de perfis de consumo de hidrômetros tanto de Pequenas como de Grandes Capacidades realizados em diversas empresas;
- Discussão com técnicos de diversas Empresas de Saneamento, notadamente aqueles com vivência e experiência na área de micro-medição ou Engenharia de Hidrometria;
- Observação das principais lacunas ou “problemas” relacionados com esse tema;
- Preparação de “Plano de Manutenção” elaborado a várias mãos no contexto da Empresa de Saneamento;
- Acompanhamento pós-implantação de “Plano de Manutenção”;
- Análise e revisão dos pontos inconsistentes ou ineficientes.

GLOSSÁRIO

1. **Empresa de Saneamento** – Nome genérico adotado neste trabalho para: Companhia de Saneamento Básico e Ambiental Estadual, Serviço Autônomo de Água e Esgoto Municipal e Concessionária de Saneamento Básico e Ambiental.
2. **Batelada** – Agrupamento de uma **quantidade muito grande** de hidrômetros, por exemplo – nome dado para uma quantidade de um Lote Anual de troca programada na faixa de 10.000 unidades.
3. **Manutenção por Batelada** – trata-se de manutenção preventiva normalmente balizada por critério temporal – às vezes associado a critérios técnicos e/ou estatísticos, onde se agrupa um lote de medidores com situação semelhante – o que define o quantitativo da “BATELADA” para efeito da manutenção, visando ganho de escala e redução dos custos de troca.
4. **Manutenção Corretiva** – trata-se da manutenção motivada por ocorrência de **falha funcional crítica** em hidrômetros.
5. **Manutenção Preventiva** – trata-se da manutenção motivada por situação **temporal ou operacional**, onde se configura uma elevada taxa de risco potencial de mau funcionamento ou até de falha funcional grave no hidrômetro.
6. **Inadequação do medidor** – situação de funcionamento do hidrômetro, que estaria operando numa **faixa** de característica técnica ou metrológica **inadequada**.
7. **Hidrômetro de Pequena Capacidade** – também conhecido como “medidor ou hidrômetro domiciliar”, trata-se de hidrômetro para ligação de baixo calibre (tubulação de diâmetro DN 15mm ou DN 20mm), sendo geralmente de tamanho “Y” ($Q_n = 0,75\text{m}^3/\text{h}$) ou “A” ($Q_n = 1,5\text{m}^3/\text{h}$), podendo, eventualmente, chegar ao tamanho “B” ($Q_n = 2,5\text{m}^3/\text{h}$).
8. **Pontuação do Hidrômetro (Ph)** – Valor numérico inteiro associado ao tamanho do medidor, apresentando uma proporcionalidade com o consumo médio mensal típico da ligação.

9. **Peso da Modalidade (Pm)** – Valor numérico inteiro associado ao tipo de manutenção em que se enquadraria o medidor, apresentando uma certa proporcionalidade com a respectiva gravidade da ocorrência.
10. **Nível de Prioridade (NPt)** – Valor numérico inteiro definido em função da pontuação do hidrômetro (Ph), do peso da modalidade de manutenção (Pm) e do tempo “t” (em meses) de **atraso** na efetivação de uma intervenção considerada necessária.
11. **Perfil de Consumo Individualizado** – gráfico ou histograma de consumo de um determinado Cliente, relacionando a **vazão média** ou o volume de água consumida em cada intervalo de tempo (geralmente pré-fixado na faixa de 5 a 15 minutos). O período total de levantamento de perfil pode ser desde 3 dias - para estimativas mais simples, até 7 dias – período que representaria um dos ciclos normalmente repetitivos ao longo do processo.
12. **Perfil de Consumo Setorial** (Grupo de Clientes) – característica proveniente da média do consumo de água potável de um Grupo de Clientes, relacionando a vazão instantânea de operação e os volumes escoados em cada faixa de vazão, por um período significativo. No caso em que esse Grupo de Clientes representa um segmento de aplicação de hidrômetro, para efeito de avaliação de seu desempenho na medição de água através do **IDM**, são estabelecidos 10 pontos de vazão normalizados para cada capacidade e respectiva classe metrológica do hidrômetro, no entorno dos quais encontram-se definidas as respectivas 10 faixas de vazão de consumo, onde são alocados os respectivos volumes médios de consumo desse Grupo de Clientes, em geral na forma de percentual do consumo mensal total. EXEMPLO: Para um Hidrômetro de $Q_n=0,75\text{m}^3/\text{h}$ – Classe “B”, os 10 pontos **normalizados** de vazão são: [7,5; 15; 30; 60; 120; 240; 480; 750; 1.125; 1.500]L/h; para esses 10 pontos de vazão, uma Empresa de Saneamento apresentou os respectivos percentuais de consumo por faixa de vazão: [6,50%; 5,49%; 9,81%; 14,94%; 19,60%; 25,17%; 15,41%; 2,48%; 0,60%; 0,00%].
13. **Erro Ponderado de Medição (EP)** – trata-se de uma estimativa do erro de medição calculado em valores percentuais (%) através da soma de todos os erros parciais obtidos através da multiplicação do percentual de volume consumido (em faixa de vazão do perfil de consumo setorial) pelo respectivo valor do erro (da curva característica de erros do hidrômetro) no ponto central dessa faixa de vazão.
14. **Erro Médio Ponderado da Medição (EMP)** – trata-se da média dos erros ponderados de medição referentes a um lote de hidrômetros, sendo normalmente calculado em valores percentuais (%), a partir de uma amostra representativa desse lote.
15. **Índice de Desempenho da Medição (IDM)** – trata-se de uma transformação numérica do EMP ($\text{IDM} = 100\% + \text{EMP}$), a fim de se obter maior simplicidade operacional na indicação do índice, pelo fato de – em geral – o valor de EMP apresentar-se negativo.

BATELADA DE HIDRÔMETROS PARA TROCA

Nesta modalidade, as atenções são focalizadas principalmente nas ligações com maior tempo na rede, visando definir um lote significativo de hidrômetros e formar uma “batelada”, para otimizar os serviços de troca.

- I. **Cálculo do Tamanho Básico do Lote:** O tamanho básico do lote (**TBL**) a ser trocado por batelada será calculado com base no Tamanho do Segmento de Hidrômetros de Pequenas Capacidades (**TPC**), e no maior “Tempo Máximo na Rede” (**TMR**) definido no Módulo de Manutenção Preventiva de Excesso de Tempo na Rede através da seguinte fórmula:

Tabela 1: Fórmula 1.

| |
|--|
| $\text{TBL (ANO)} = 1,10 \times (\text{TPC}/\text{TMR})$ |
|--|

Nessa fórmula, foi prevista uma margem de 10% para inclusão de trocas de hidrômetros vencidos por manutenção corretiva funcional e/ou por volume máximo registrado, assim como para incluir a programação das eventuais inadequações de maior impacto financeiro.

Em alguns casos, essa margem talvez tenha de ser incrementada para atender eventuais casos de manutenção corretiva situacional, tais como melhoria de acessibilidade para leitura, melhoria da robustez contra possíveis manipulações do hidrômetro e/ou do cavalete de medição. Entretanto, tal incremento também pode ser considerado na fase de ajuste do Lote Anual de Troca.

Para tornar mais claro, tomemos como EXEMPLO os dados de uma Empresa de Saneamento hipotética que apresenta um TPC – Tamanho do Segmento de Hd-PC de 500.000 hidrômetros e TMR – Tempo Máximo na Rede de 8 anos. Nesse EXEMPLO, com utilização da **Fórmula (1)** o tamanho básico do lote de trocas anuais seria:

$$\text{TBL(EXEMPLO)} = 1,10 \times (500.000/8) = 68.750 \text{ Hd/ano}$$

Ainda no caso do EXEMPLO, vamos supor que, por hipótese, tenham sido identificadas **15.000 ligações** adicionais com necessidade de manutenção corretiva situacional, nos próximos **três anos**. Nesse caso, para os 03 próximos anos, o quantitativo de trocas anuais deverá ser majorado para **73.750 Hd/ano**.

II. **Ajuste do Lote de Troca:** A idéia básica é que, ao longo de um período equivalente ao TMR – Tempo Máximo na Rede, a Empresa de Saneamento promova uma relativa equalização dos lotes anuais de Hd-PC para efeito de troca. Entretanto, para regularizar o fluxo anual de trocas, seja por conta de excesso de demanda, seja por demanda reduzida, o lote de troca terá de ser ajustado com base nos seguintes critérios:

- Em caso de excesso de demanda – grande necessidade de trocas e/ou folga orçamentária, ajustar o Lote de Troca anual para o lado superior, até 110% do TBL (75.600 Hd/ano no EXEMPLO).
- Em caso de demandas reduzida – menor necessidade de trocas e/ou escassez orçamentária, ajustar o Lote de Troca para o lado inferior, até 85% do TBL (58.400 Hd/ano no EXEMPLO).
- Em quaisquer casos, a Manutenção Corretiva Geral sempre terá maior prioridade, seguida por maior idade na rede, maior volume registrado, maior pontuação setorial e maior densidade de ligações (maior proximidade geográfica entre as ligações).

PARÂMETROS TÉCNICOS COMPLEMENTARES PARA OTIMIZAÇÃO DA BATELADA

Muitas vezes, haverá necessidade de se otimizar a batelada de hidrômetros a substituir, onde a utilização dos seguintes parâmetros técnicos balizadores seguintes será de grande valia:

I. **Ocorrência com Caráter de Corretiva Geral:** São as ocorrências com caráter de corretiva geral indicadas pelo sistema comercial, normalmente relacionadas com **medidores sem condições de leitura**, por problemas do tipo funcional, ou eventualmente, por problemas do tipo situacional (fato impeditivo ou dificultador das Leituras, ou ocorrências específicas de consumo) nas quais o consumo talvez até possa ser definido pela “média de consumos” (no primeiro mês de ocorrência), mas com tendência a ser definido pelo “consumo mínimo” (do segundo mês em diante), em função das exigências do Código de Defesa do Consumidor, conforme as seguintes tabelas:

Tabela 2: Exemplos de Códigos de Ocorrência Corretiva Funcional.

| Código | Descritivo Simplificado |
|---------------|--------------------------------|
| 01 | HIDRÔMETRO QUEBRADO |
| 02 | HIDRÔMETRO EMBAÇADO |
| 03 | HIDRÔMETRO INVERTIDO |
| 04 | VAZAMENTO NO HIDRÔMETRO |

Tabela 3: Exemplos de Códigos de Ocorrência Corretiva Situacional.

| Código | Descritivo Simplificado |
|--------|------------------------------------|
| 05 | Imóvel Fechado |
| 06 | Imóvel de Difícil Acesso |
| 07 | Hidrômetro não Localizado |
| 08 | Leitura Fornecida pelo Usuário |
| 09 | Animal de Guarda |
| 10 | Leitura não Permitida |
| 11 | Leitura Atual Igual à Anterior |
| 12 | Leitura Atual Menor que a Anterior |

- II. **Hidrômetros com vencimento por Idade e por Volume:** Tratam-se dos hidrômetros com tempo de instalação na rede e/ou volume registrado em seu totalizador acima dos valores definidos na faixa para enquadramento da tabela a seguir, oriunda da experiência dos autores:

Tabela 4: Tempo Máximo na Rede e Volume Máximo Registrado.

| Tamanho do Medidor | Diâmetro Nominal (DN) | Vazão Nominal (m³/h) | Faixa para Enquadramento | |
|--------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------|
| | | | Tempo Máximo (em anos) | Volume Máximo (m³) |
| Y | 3/4" | 0,75 | 8 | 4.000 |
| A _C | 3/4" | 1,50 | 8 | 6.000 |
| A _B | 3/4" | 1,50 | 8 | 8.000 |

- III. **Hidrômetros com inadequação operacional:** Tratam-se de hidrômetros sub-dimensionados, sujeitos a um desgaste precoce, operando com valores de consumo mensal acima dos definidos na faixa para enquadramento da tabela a seguir, oriunda da experiência dos autores:

Tabela 5: Faixa Operacional Tolerada

| Tamanho do Medidor | Diâmetro Nominal (DN) | Vazão Nominal (m³/h) | Faixa para Enquadramento da Média Móvel Trimestral dos Consumos Expurgada (m³/mês) | |
|--------------------|-----------------------|----------------------|--|-----------------|
| | | | Limite Inferior | Limite Superior |
| Y | 3/4" | 0,75 | 0 | 90 |
| A _C | 3/4" | 1,50 | 0 | 300 |
| A _B | 3/4" | 1,50 | 0 | 300 |

- IV. **Parâmetros de dimensionamento:** Uma vez determinada a troca do hidrômetro, este deverá ser dimensionado com base na seguinte tabela, oriunda da experiência dos autores:

Tabela 6: Faixa de Dimensionamento Recomendado

| Tamanho do Medidor | Diâmetro Nominal (DN) | Vazão Nominal (m³/h) | Faixa para Enquadramento da Média Móvel Anual dos Consumos Expurgada (m³/mês) | |
|--------------------|-----------------------|----------------------|---|-----------------|
| | | | Limite Inferior | Limite Superior |
| Y | 3/4" | 0,75 | 0 | 40 |
| A _C | 3/4" | 1,50 | 41 | 80 |
| A _B | 3/4" | 1,50 | 81 | 200 |

Vale observar que, nesse caso, o novo dimensionamento poderá resultar em um hidrômetro de tamanho maior que 3m³/h, ou seja, haverá uma migração do segmento de Hidrômetros Pequenos para o segmento de Hidrômetros de Grandes Capacidades.

- V. **Parâmetros de priorização:** Caso seja necessário priorizar as intervenções, levando em conta seu potencial impacto financeiro, pode-se utilizar o parâmetro **Nível de Prioridade - NPt**, calculado em função do Fator de incremento temporal - **Fi**, do Peso da modalidade - **Pm** e da Pontuação do hidrômetro - **Ph**, através da seguinte fórmula:

Tabela 7: Fórmula 2.

$$NPt = Fi \times Pm \times Ph$$

VI. Pontuação por tamanho de hidrômetro(Ph): Trata-se de um valor numérico definido mais ou menos em proporcionalidade com o volume de consumo mensal típico de cada tamanho de hidrômetro, de acordo com a tabela a seguir, oriunda da experiência dos autores:

Tabela 8: Pontuação do Hidrômetro

| Tamanho do Hidrômetro | Qn (m³/h) | DN | Pontuação Ph |
|-----------------------|-----------|----|--------------|
| Y | 0,75 | ¾" | 1 |
| Ac | 1,50 | ¾" | 3 |
| AB | 1,50 | ¾" | 5 |

VII. Peso por modalidade de manutenção(Pm): Trata-se de um valor numérico definido para representar uma proporcionalidade com o impacto no consumo mensal típico para cada modalidade de manutenção, de acordo com a tabela a seguir, oriunda da experiência dos autores:

Tabela 9: Peso da Modalidade

| Código | Peso Pm |
|------------------------|-----------|
| Corretiva Geral | 10 |
| Prev. Tempo Excessivo | 5 |
| Prev. Volume Excessivo | 4 |
| Prev. Inadequação | 3 |

VIII. Fator de incremento temporal - Fi: Trata-se de um fator definido para representar a tendência de agravamento do problema com o passar do tempo - , ou seja, com um eventual período de tempo de atraso (T) na realização de uma intervenção que deveria ter sido realizada em decorrência dos parâmetros de manutenção anteriores, mas que, por alguma contingência, deixou de ser realizada - através da seguinte fórmula:

Tabela 10: Fórmula 3

$$Fi = (1 + T \times Ji)^2$$

Vale ressaltar que o período de tempo de atraso (T) é medido em meses e que a taxa de incremento temporal (Ji) foi definida a priori com um valor de 10%.

DIRETRIZES PARA OPERACIONALIZAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

O bom funcionamento de um Plano de Manutenção depende de uma adequada implementação de seus sistemas de apoio, que venham a facilitar a coleta, a seleção, o armazenamento e o fluxo das informações relevantes. Nesse contexto, torna-se importante que os sistemas adiante descritos levem em conta os itens de “ocorrências informativas”, tais como:

- I. Sistema de Suporte para Atuação em Ocorrências Informativas:** O objetivo deste sistema é quantificar e direcionar as ações necessárias, com base na “massa” mensal de ocorrências, que podem ser visualizadas através da seguinte tabela:

Tabela 11: Exemplos de Códigos de Ocorrências Comerciais Informativas

| Código | Descrição |
|---------------|--|
| 14 | Hidrômetro sem Lacre |
| 15 | Imóvel Demolido |
| 05 | Imóvel Fechado |
| 16 | Hidrômetro de Difícil Acesso |
| 17 | Imóvel não Localizado |
| 07 | Hidrômetro não Localizado |
| 18 | Tampa Pesada |
| 19 | Vazamento Anterior ao Hidrômetro |
| 20 | Vazamento Posterior ao Hidrômetro |
| 21 | BY PASS |
| 22 | Bomba Ligada à Rede |
| 23 | Fornecimento Indevido |
| 24 | Virada da Leitura |
| 25 | Hidrômetro Substituído |
| 26 | Imóvel Abandonado |
| 09 | Leitura Fornecida pelo Usuário |
| 10 | Animal de Guarda |
| 11 | Leitura não Permitida |
| 27 | Alto Consumo |
| 28 | Baixo Consumo |
| 29 | Estouro de Consumo |
| 30 | Estouro de Teto |
| 31 | Hidrômetro Novo |
| 11 | Leitura Atual igual a Leitura Anterior |
| 12 | Leitura Atual Menor que a Anterior |
| 13 | Virada do Hidrômetro |

II. **Banco de Dados de Calibração:** Tratam-se dos dados da calibração realizada em fábrica em todos os hidrômetros em três vazões: Vazão nominal (Qn); Vazão de transição (Qt); e Vazão mínima (Qmín). Esse Banco de Dados, complementado pelo Certificado de Verificação do INMETRO ou equivalente, permite esclarecer eventuais dúvidas de Clientes a respeito da confiabilidade da medição, facilitando e reduzindo a demanda de reclamações dessa natureza.

III. **Banco de Curvas Características de Hidrômetros:** O levantamento da curva característica de calibração específica de um modelo de hidrômetro (11 pontos de vazão), eventualmente complementado com um perfil de consumo, permitirá não somente realizar uma estimativa do erro de medição associado a esse modelo de hidrômetro, mas também subsidiar o parecer sobre a adequação do dimensionamento, constituindo-se numa poderosa ferramenta de apoio em análises sobre o desempenho da medição, assim como sobre a evolução do erro de medição em função do tempo de instalação.

Assim sendo, mesmo que uma ligação específica ainda não disponha de uma curva característica de calibração levantada, uma consulta ao banco de dados de “calibração” disponíveis, focalizando em especial as ligações de idade e tipologia semelhantes, permitirá uma análise preliminar de diversos aspectos com base na semelhança tipológica, possibilitando a emissão de um parecer ou a definição de um planejamento de ações com mais agilidade e confiabilidade.

Embora a curva característica de calibração levantada em laboratório seja mais confiável, também poderão ser cadastrados os levantamentos “in loco”, desde que a unidade móvel de calibração apresente um controle para ajuste às vazões características do hidrômetro instalado e um procedimento de calibração homologado junto ao INMETRO.

IV. **Sistema de Prevenção de Fraudes:** Neste sistema, as atenções se concentram nas inscrições com ocorrências de caráter de prevenção de fraudes, tais como: indício de irregularidade apontada por sistema de diagnóstico de irregularidade, indício de irregularidade apontada por leiturista, denúncia de irregularidade por terceiros, inspeções de fraude positivadas, enfim, inscrições com possível irregularidade na medição.

Vale considerar que a questão de identificação de fraudes é extremamente complexa, sendo as formas de “manipulação” muito variadas, e com elevado nível de mutação, principalmente em resposta às “contramedidas” tomadas pelas Empresas de Saneamento.

No entanto, tendo em vista que a “meta” da prática da irregularidade seria – em síntese - “reduzir” o consumo registrado pelo hidrômetro, o acompanhamento de algumas características “típicas” do perfil do consumidor ou do perfil de consumo (que se assemelharia a uma “assinatura”) poderia eliminar a necessidade de uma ampla gama de linhas de investigação, tornando possível eleger um grupo de ligações com “indícios de fraude” – de tamanho factível para se inspecionar em campo. É importante ressaltar que – nesse tipo de metodologia indutiva – são apontados apenas “indícios”, não se tratando ainda de “manipulações confirmadas”, de forma que muitas dessas inspeções em campo certamente irão apresentar resultado negativo. O ganho dessa metodologia será tanto maior quanto maior for a “eficiência” do processo de diagnóstico dos “indícios de irregularidades”, ou seja, quanto maior for a quantidade de resultados “confirmados” na prática.

Com base nos EXEMPLOS de “OCORRÊNCIAS NA LEITURA/ ANORMALIDADE DE CONSUMO”, do Sistema Comercial de uma Empresa de Saneamento, podem ser indicados os seguintes códigos de “ocorrências com possibilidade de manipulação indevida”: **01; 03; 04; 07; 11; 12; 14; 16; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 27; 28; 29; 30; 31; e 32.**

Na implementação de um módulo de diagnóstico de indícios de potenciais fraudes, costuma-se focar as seguintes características básicas:

- **“Degrau para baixo”:** uma **queda** de consumo mensal - por exemplo, com valor absoluto superior a **30%** da média - pode advir da prática de alguma irregularidade. Por outro lado, também pode ser decorrente de falha no medidor, redução de demanda por férias (curto período) ou por mudança de perfil (permanente), ou implantação de um sistema de medição individualizada no condomínio entre outras causas.
- **“Degrau para cima”:** um **salto** de consumo mensal - por exemplo, superior a **30%** da média - pode advir de um erro de manobra na prática de alguma irregularidade. Por outro lado, também pode ser decorrente de vazamento interno à rede do usuário, aumento de demanda por falha no sistema alternativo de abastecimento do condomínio ou por férias dos usuários (curto período) ou por mudança de perfil (permanente), entre outras causas.
- **“Tendência de Queda”:** uma **contínua queda** do consumo mensal – por exemplo, apresentando um **coeficiente angular** com valor absoluto superior a **7%.** - pode advir de uma manobra intencional de “redução gradual do consumo indicado” foco da prática de alguma irregularidade. Por outro lado, também pode ser decorrente de um desgaste crescente no medidor, redução gradativa de demanda por mudança de perfil, ou implantação gradativa de um sistema de medição individualizada no condomínio, entre outras causas.
- **“Grandes Oscilações”:** a ocorrência de **saltos e quedas** freqüentes e inexplicáveis do consumo mensal - por exemplo, com valor absoluto superior a **25%** em relação à média - pode advir de erros de manobra na prática de alguma irregularidade. Por outro lado, também pode ser decorrente variações normais de demanda por perfil do processo, ou por utilização de fonte alternativa de abastecimento, ou por ocorrência de falhas intermitentes no medidor, entre outras causas.

Vale ressaltar que a **validação** desses indícios potenciais de irregularidade passa necessariamente por uma **inspeção estruturada** em campo, focalizando o perfil do consumidor/do consumo, assim como outras evidências técnico-sócio-econômicas a serem observadas no local. Além disso, a validação e/ou revisão dos **parâmetros** acima definidos, também passa pelo crivo de sua efetiva contribuição para o **acerto do diagnóstico** das irregularidades, assim como na relação do “custo das inspeções” contra os “benefícios dos acertos”.

V. **Sistema de Amostragem Estatística:** Para efeito de controle quantitativo e qualitativo de cada Lote Anual de Troca ao longo da vida útil dos hidrômetros, deverá ser selecionada, através de um sorteio aleatório, uma amostra principal de tamanho adequado, por exemplo, uma amostra de 600 medidores no caso da Empresa de saneamento hipotética citada anteriormente - , nos quais deverão ser acompanhados:

- A taxa anual de falhas [taf = (Total Anual de Falhas/Tamanho dessa Amostra) x 100%], com observação da tendência dessa taxa ao longo da vida útil desse Lote;
- A taxa anual de variação volumétrica [tvv = (Total de Variação Volumétrica/Total de Volume de Referência dessa Amostra) x 100%], referenciada mês a mês ao ano civil anterior;
- A taxa anual de resultados positivos [trp = (Total de Ligações com Resultado Positivo/Total de Ligações dessa Amostra) x 100%], referenciada mês a mês ao ano civil anterior;
- O índice anual de desempenho médio da medição – [idm = IDM desse Lote, numa sub-amostra aleatória de 10 medidores ativos (consumos não-nulos)], definido para um determinado mês do ano, remendando-se que seja diferente para cada Lote Anual de Troca, para otimizar o uso da Banca de Ensaio Cíclicos, com observação da tendência desse índice ao longo da vida útil desse Lote.

Vale observar que a definição do tamanho adequado da amostra depende, em primeira instância, do desvio padrão da média (DP), da margem de erro (E) e do nível de confiança desejado para os resultados (expresso pelo parâmetro “Z”), que podem ser calculados através da seguinte fórmula:

Tabela 12: Fórmula 4

| |
|---|
| $n \text{ (amostra)} = (Z)^2 \times (DP)^2 / (E)^2$ |
|---|

Por exemplo, considerando que, para medições de água, é usual um nível de confiança de 95% ($Z=2,05$); que um desvio padrão (DP) típico para médias de erro ou médias de consumo para hidrômetros em uso na rede é da ordem de **60%**; aplicando a Fórmula (4) , para uma margem de erro da ordem de 5%, pode-se obter o seguinte valor:

$$n \text{ (amostra.1)} = (2,05)^2 \times (60)^2 / (5)^2 = 605$$

Observa-se que o quantitativo da amostra acima é da ordem de 0,12% do Parque de Medidores da Empresa de Saneamento citada como EXEMPLO.

Por outro lado, em segunda instância, esse tamanho de amostra também depende do tamanho do Parque de Medidores, onde o fator custo é preponderante, em detrimento da margem de erro.

Como segundo exemplo, vamos supor que, em vez de 500.000 ligações, outra Empresa de Saneamento apresente **100.000 ligações**. Se for mantido esse mesmo tamanho de amostra (600 hidrômetros) por Lote Anual de Troca, o custo relativo desse item ficaria majorado em **5 vezes**.

Entretanto, para manter esse custo relativo na mesma ordem de grandeza do primeiro EXEMPLO, será necessário **sacrificar a margem de erro**, por exemplo, passando de **5%** para **10%**, de forma que, aplicando novamente a Fórmula (4), pode-se obter o seguinte valor:

$$n \text{ (amostra.2)} = (2,05)^2 \times (60)^2 / (10)^2 = 151$$

Observa-se que o quantitativo da amostra acima é da ordem de **0,15%** do Parque de Medidores da segunda Empresa de Saneamento citada como EXEMPLO, ou seja, nessa condição, esse item apresentará a mesma ordem de grandeza do custo do primeiro exemplo.

Mudando o enfoque para o caso de Lotes menores e/ou Lote de modelo piloto em teste na rede (quantitativos entre 300 e 3.000 Hd), deverá ser selecionada, - através de um sorteio aleatório -, uma amostra piloto de 30 medidores, nos quais deverão ser acompanhados os três primeiros itens do parágrafo anterior. Vale lembrar que, do ponto de vista estatístico, esse tamanho de amostra igual a 30 unidades já é considerado como “grande”, e a distribuição pode ser tratada como “normal”, o que facilita seu entendimento.

É importante considerar que, ao final de um ciclo de 8 anos, - no caso da primeira Empresa de Saneamento citada como EXEMPLO, existirão 08 grupos de 600 medidores de idades diferenciadas sob observação, e talvez alguns outros grupos de 30 medidores, resultando numa amostra agrupada da ordem de 5.000 medidores (em torno de 1% do Parque de Hidrômetros), o que possibilitará extrair informações importantes sobre o comportamento da medição dos hidrômetros em uso na rede dentro do segmento de Pequenas Capacidades, possibilitando inclusive a realização de projeções sobre o comportamento setorial.

Todo levantamento baseado em amostragem estatística depende de um planejamento criterioso, que passa por:

- Definição do **objetivo da análise**, que resultará na definição Lote de Inspeção. Vale considerar que esse objetivo da análise poderá ser desde o recebimento de um lote de hidrômetros novos, até o acompanhamento do erro de medição de um lote de medidores trocados. Cabe ressaltar que a precisão da análise dependerá muito do grau de homogeneidade do Lote de Inspeção definido.
- Definição da **amostra representativa**, que será representada pela Amostra de Inspeção. Vale considerar que o tamanho dessa amostra de inspeção poderá ser desde uma fração reduzida até a totalidade do Lote de Inspeção, cuja definição dependerá não somente do objetivo da análise como também do plano de amostragem adotado. Cabe ressaltar que as todas as amostras deverão ser selecionadas através de um processo aleatório, exceto no caso de tamanho de amostra igual ao do Lote de Inspeção.
- Definição do **Plano de Amostragem**, confrontando seus parâmetros com o objetivo da análise, e realizando eventuais ajustes necessários. Vale considerar que – em casos de processos bem comportados - a adoção de um plano de amostragem dupla poderá vir a reduzir bastante os custos de inspeção, sem prejuízo do nível de confiança adotado.

Uma aplicação interessante dessa ferramenta – em conjunto com as ferramentas de perfil de consumo e curva característica - seria na estimativa do Erro Médio Ponderado da Medição, e conseqüente estabelecimento do respectivo Índice de Desempenho da Medição (IDM), que vale tanto para medidores novos como para medidores em uso na rede, servindo inclusive como balizador para uma eventual decisão de troca de um lote inteiro de medidores.

Para facilitar o entendimento e colocar em prática os citados conceitos, apresentamos as seguintes tabelas:

Tabela 13: EXEMPLO para Caracterização do Tamanho Básico da Amostragem

| Tamanho Básico da Amostragem | 600 Hd |
|--|---|
| Formação do Lote Anual Principal | Soma das Trocas Anuais de Todos os Modelos de Hd-PC considerados principais |
| Método de Seleção | Sorteio Aleatório dentro do Lote Anual de Trocas |
| Sorteador Aleatório de Amostra | É conveniente o uso de uma ferramenta de sorteio informatizada, mesmo que nem todos os requisitos de aleatoriedade ortodoxa estejam completados. Um “sorteador de amostras anuais” – por exemplo em planilha de EXCEL – poderá ser muito útil. |
| Itens a serem acompanhados | |
| Taxa Anual de Falhas | TAF = (Total Anual de Falhas/Tamanho dessa Amostra) x 100% e observar a respectiva tendência |
| Taxa Anual de Variação Volumétrica | TVV = (total de variação volumétrica/total de volume referência dessa amostra) x 100%, referenciada mês a mês ao ano civil anterior |
| Taxa Anual de Resultados Positivos | TRP = (total de ligações com resultado positivo/total de ligações dessa amostra) x 100%, referenciada mês a mês do ano civil anterior |
| Índice Anual de Desempenho Médio da Medição | IDM = IDM desse lote, numa sub-amostra aleatória de 10 medidores ativos e observar a respectiva tendência. |
| Itens a serem verificados e ajustados | |
| Sub-Lotes Principais | Preferencialmente aqueles com quantitativos acima de 3.000, porém, são aceitáveis quantitativos menores, desde que acima de 1.000 Hd. |
| Sub-Amostra Principal | Deverá apresentar quantitativo maior ou igual a 30 Hd. Caso contrário, sortear e incluir amostras extras até completar as 30 amostras. Dentre a totalidade das Amostras Principais sortear, retirar a mesma quantidade de amostras extras a incluir, para manter o total de 600 amostras principais. Vale lembrar que uma verificação mais apurada será sempre necessária para sub-lotes entre 3.000 e 5.000 Hd. |

Tabela 14: EXEMPLO para Formação de Lote Anual Piloto e Respectiva Amostra Sorteada

| Tamanho da Amostra Piloto | 30 Hd |
|---|--|
| Formação do Lote Piloto Anual: | Total das Trocas Anuais de cada Modelo de Hd-PC considerado como piloto |
| Modelo de Seleção: | Sorteio Aleatório dentro do Lote Anual Piloto |
| Itens a serem verificados e ajustados em Lotes Pilotos | |
| Lotes Piloto | Somente aqueles com quantitativos entre 300 e 3.000 Hd.; lotes inferiores a 300 Hd não deverão ser objeto de análise por amostragem estatística. |
| Sorteador de Amostra Piloto Anual | Mesmo sendo mais simples, ainda sim é conveniente o uso de uma ferramenta de sorteio informatizada, mesmo que nem todos os requisitos de aleatoriedade ortodoxa estejam completados. Um “sorteador de amostras anuais” – por exemplo em planilha de EXCEL poderá ser muito útil. |

VI. Sistema de Acompanhamento das Grandes Variações: Trata-se de implementar um meio de acompanhamento do consumo de todas as ligações do segmento, efetuando uma avaliação mensal de desempenho em cada uma delas, por exemplo através da comparação do resultado do mês – por ligação ou por grupo de ligações - em relação às respectivas referências cadastradas, com atenção especial nas **grandes variações positivas ou negativas**.

VII. Maiores Variações Positivas: O estudo das ligações com maior variação positiva permitirá focalizar ligações ou com erro de leitura, ou com possibilidade de vazamento interno, ou com indício de fraude. A realização de uma inspeção em campo – com o uso de formulário adequado para essa situação – permitirá enquadrar devidamente cada uma dessas questões, evitando cobranças indevidas e conflitos desnecessários com os Clientes, praticando maior justiça na medição e possibilitando a realização de ações corretivas com maior agilidade.

VIII. **Maiores Variações Negativas:** O estudo das inscrições com maior variação negativa permitirá focalizar ligações ou com erro de leitura, ou com possibilidade de rotação no totalizador do hidrômetro por conta de vazamento interno, ou descoberta de troca não cadastrada no sistema comercial, ou com indício de fraude. A realização de uma inspeção em campo – com o uso de formulário adequado para essa situação – permitirá enquadrar devidamente cada uma dessas questões, minimizando as perdas, evitando conflitos desnecessários com os Clientes, praticando uma medição mais justa e possibilitando a realização de ações corretivas com maior agilidade.

IX. **Sistema para emissão e controle de Ordem de Serviço em Hidrometria (OSH):** Para efeito de controle de OSH, cabe à tecnologia um papel de extrema importância, como ferramenta facilitadora da gestão, permitindo:

- Controle de recursos materiais disponíveis: nível de estoque existente, prazo médio para reposição/ponto de re-suprimento, atualizações “on line” (entradas e saídas), etc.;
- Controle de recursos humanos disponíveis: nível de carga alocada, produtividade média/contratos de serviço abertos, atualizações “on line” (alocações e baixas) etc.;
- Cálculo do NPt e sua vinculação com a OSH e a efetiva disponibilidade de recursos materiais e humanos disponíveis;
- Controle de numeração, emissão e baixa das OSH.

Nunca é demais reiterar a importância da vinculação da OSH com a efetiva disponibilidade dos recursos necessários para a realização da manutenção (medidores, materiais, ferramentas e mão-de-obra), sendo sobejamente conhecido o fato de que um excessivo acúmulo de OSH pendentes - de per si - acaba com a eficácia de qualquer sistema de priorização.

X. **Sistema de Planejamento Orçamentário:** A quantificação orçamentária em geral pode ser realizada com base no histórico das intervenções anteriores. Para o planejamento das manutenções corretivas, talvez seja esta a melhor forma de quantificação, que irá funcionar bem na medida em que existir um banco de dados consolidados. Entretanto, para o planejamento das manutenções preventivas, torna-se importante implementar um sistema que possibilite estimar – com pelo menos **seis meses** de antecedência – os quantitativos de preventiva vindos, seja por cálculo das inscrições que irão atingir o limite de “tempo máximo na rede” nesse período, ou por projeção das inscrições que irão atingir o limite de “volume máximo registrado” nesse período. Uma primeira estimativa pode ser feita através do TBL – Tamanho Básico do Lote, associado a uma adequada projeção de distribuição.

CONCLUSÃO

De uma forma geral, neste trabalho foram apresentadas as bases para montagem de um **Plano de Manutenção para Hidrômetros Pequenos**.

Como se trata de um segmento que normalmente contém uma quantidade massiva de hidrômetros com características semelhantes e um grande faturamento global, porém com um pequeno faturamento unitário médio, foi implementado um tratamento de forma “**globalizada**”, utilizando-se o conceito de batelada.

Nos trabalhos implementados em Empresas de Saneamento, os autores observaram uma tendência de grande migração de hidrômetros do tamanho “A” para o tamanho “Y”, dentro do segmento de Hidrômetros pequenos, possivelmente motivada pela sistemática de dimensionamento até então vigente. Por outro lado, foi constatado um quantitativo razoável de migrações do segmento de Hidrômetros Pequenos (Hd-PC) para o segmento de Hidrômetros de Grande Capacidade (Hd-GC), e vice-versa. Este fato demonstra a necessidade de se montar um sistema de controle de “classificação” de ligação suficientemente flexível para acomodar as migrações naturais que venham a ocorrer – entre segmentos -, seja por crescimento vegetativo, ou por variação na demanda, ou por alterações de uso dos Clientes ao longo do tempo.

A implementação do conceito de manutenção por batelada na forma ortodoxa encontra alguma resistência nas Empresas de Saneamento, talvez por conta da existência de uma quantidade significativa de hidrômetros ainda não-vencidos em quase todas as áreas geográficas enfocadas para troca de hidrômetro, o que, num primeiro momento, representa aumento de custo.

Assim sendo, tem sido mais fácil uma implementação por batelada na forma mais ampla, com uso dos parâmetros técnicos complementares para otimização da batelada, o que exige uma programação mais detalhada, em nível de cada ligação. Por outro lado, quanto maior for a dispersão gerada por este método, tanto maior poderá ser o aumento dos custos unitários da troca, por conta de maior tempo para deslocamento e conseqüente redução da produtividade nessa atividade.

Isso posto, acreditamos que os conceitos apresentados neste trabalho contribuam para que as Empresas de Saneamento possam implementar uma gestão mais eficaz de seu parque de hidrômetros, em especial o segmento de Hd-PC, o que certamente irá se refletir numa redução das perdas em micro-medição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NTS 181 – Norma Técnica SABESP – PROCEDIMENTO - Dimensionamento do ramal predial e do hidrômetro.
2. ABNT NBR 155438 – IDM – Hidrômetros para água fria até 2,5 m³/h de vazão nominal – Ensaio para avaliação de desempenho de hidrômetros em alta e baixa vazões em hidrômetros.
3. ABNT NBR NM 212 – ESPECIFICAÇÃO – Medidores velocimétricos de água fria até 15m³/h.
4. ABNT NBR 8194 – PADRONIZAÇÃO – Hidrômetros para água fria até 15m³/h de vazão nominal.
5. PORTARIA INMETRO nº 246 - de 17/10/2000 – REGULAMENTO TÉCNICO METROLÓGICO para Hidrômetros de Vazão Nominal até 15,0 m³/h
6. DT de Planos de Manutenção de diversos Clientes – Arquivo Técnico da BBL Engenharia.