

## I-002 - INDICADOR DE VULNERABILIDADE DA INFRAESTRUTURA DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA – UMA PROPOSTA PARA A TOMADA DE DECISÕES NO COMBATE ÀS PERDAS

**Edison Garcia da Silva Junior<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Santa Cecília. Tecnólogo em Obras Hidráulicas pela Faculdade de Tecnologia São Paulo – FATEC. Pós-graduado em Engenharia de Controle da Poluição Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo – FSP/USP. Pós-graduado em Tecnologias Ambientais pela Faculdade de Tecnologia São Paulo – FATEC. Engenheiro da Divisão de Controle de Perdas da Unidade de Negócio Leste- MLEP/SABESP.

**Rodrigo Chimenti Cabral**

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Pós-graduado em Gestão Ambiental e Negócios do Setor Energético pelo Instituto de Energia e Eletrotécnica da Universidade de São Paulo – IEE/USP. Aluno do Curso de Especialização em Saneamento Ambiental da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Engenheiro da Divisão de Controle de Perdas da Unidade de Negócio Leste- MLEP/SABESP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Najatu, 72 – Penha, São Paulo – SP, CEP 05407-050 – Brasil – Tel: +55 (11) 2681-3998 - [edisongsj@sabesp.com.br](mailto:edisongsj@sabesp.com.br)

### RESUMO

Este trabalho buscou a criação de indicadores auxiliares para a análise das condições da infraestrutura de redes e ramais de água, que possam ser utilizados num melhor diagnóstico dos sistemas, e direcionar as ações necessárias para a redução de perdas, principalmente aquelas ações que pode-se definir como estruturantes, que trazem a melhoria das estruturas existentes. A partir de indicadores existentes, obtidos da *IWA-International Water Association*, se desenvolveu, e aqui se apresentam três novos indicadores, que correlacionam o nível de falhas dos sistemas com aqueles de referência, considerados ideais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle de perdas, Renovação de infraestrutura, Gestão do Sistema de Distribuição de Água.

### INTRODUÇÃO

A redução e controle de perdas de água nos sistemas de abastecimento é um grande desafio para as empresas de saneamento em todo o mundo, e tem assumido grande importância frente às condições cada vez mais desfavoráveis na relação oferta *versus* demanda de água. Uma das principais ações neste sentido é a busca e reparo de vazamentos, que tem caráter corretivo, e resulta na redução dos volumes perdidos sem, no entanto, garantir que estes não voltem a ocorrer, uma vez que variáveis como as intervenções operacionais e as condições de pressão e qualidade da infraestrutura podem ser desfavoráveis. Assim, além das medidas corretivas necessárias e amplamente difundidas nas empresas de saneamento, há que se pensar na melhoria da infraestrutura dos sistemas, seja com a redução das pressões, geralmente com a implantação de válvulas redutoras de pressão, ou com a renovação das redes e ramais.

Com o objetivo de colaborar com o diagnóstico, priorização de áreas e proposição de ações de combate às perdas através de ações estruturantes, apresenta-se aqui uma proposta de indicadores de falhas de redes e ramais, que correlacionam as quantidades de quebras com os valores de referência da *IWA*. Estes indicadores são adimensionais e expressam, de forma similar ao *IVI-Índice de Vazamentos na Infraestrutura (ILI* no formato inglês), a situação relativa dos sistemas de distribuição de interesse com os valores considerados ideais.

São três indicadores sendo um relativo às redes (*IFr-Índice de Falhas na Rede*), um relativo aos conectores ou ramais (*IFc-Índice de Falhas nos Conectores*) e um indicador geral, obtido de forma ponderada de acordo com o montante de volumes perdidos teóricos, denominado *IVu-Índice de Vulnerabilidade*. O *IVu*, portanto, é

obtido a partir dos indicadores de rede e ramais, e permite a comparação entre diversos sistemas, bem como a priorização de áreas para as ações de combate às Perdas Reais.

## BASES DE REFERÊNCIA

No início dos anos 2000, a IWA desenvolveu estudos e consultas às diversas companhias de saneamento ao redor do Mundo, inclusive na Sabesp, com o objetivo de definir e padronizar indicadores de performance operacional dos sistemas de distribuição de água, que pudessem ser utilizados por todos e permitissem, inclusive, a comparação entre sistemas diversos.

Dentre os indicadores criados, tem-se dois que medem as falhas de rede e ramais, denominados *Op31* e *Op32*, expressos da seguinte forma:

$$Op31 \text{ (vaz/100km.ano)} = \frac{\text{Falhas em redes em um ano}}{\text{Extensão de rede (km)}} \times 100$$

$$Op32 \text{ (vaz/1000 ramais.ano)} = \frac{\text{Falhas em ramais em um ano}}{\text{Total de ramais}} \times 1000$$

Paralelamente à criação destes indicadores, estudos foram realizados para se definir conceitos como o *UARL*– *Unavoidable Annual Real Losses* e o *ILI*–*Infrastructure Leakage Index*, que permitiam o cálculo dos volumes de perdas reais inevitáveis e a comparação das perdas reais de determinado sistema a estes volumes inevitáveis, considerados então como ideais.

No trabalho denominado “*A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems*”, Lambert, Brown, Tazikawa e Weimer apresentam os valores de referência para o cálculo das perdas reais inevitáveis, considerando os vazamentos visíveis e não visíveis, tanto em redes quanto em ramais, com base em determinados tempos de duração, conforme mostrado na Figura 1.

| Infrastructure Component                                       | Background (undetected) losses | Reported Bursts                                                             | Unreported Bursts                                                            |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Mains                                                          | 20 litres/km/hr*               | 0.124 bursts/km/yr.<br>at 12 m <sup>3</sup> /hour*<br>for 3 days duration   | 0.006 bursts/km/yr.<br>at 6 m <sup>3</sup> /hr*<br>for 50 days duration      |
| Service Connections to Edge of Street                          | 1.25 litres/conn/hr*           | 2.25/ 1000 conns/yr.<br>at 1.6 m <sup>3</sup> /hour*<br>for 8 days duration | 0.75/1000 conns/yr.<br>at 1.6 m <sup>3</sup> /hour*<br>for 100 days duration |
| Service Connections after Edge of Street (for 15m ave. length) | 0.50 litres/conn/hr*           | 1.5/ 1000 conns/yr.<br>at 1.6 m <sup>3</sup> /hour*<br>for 9 days duration  | 0.50/1000 conns/yr.<br>at 1.6 m <sup>3</sup> /hour*<br>for 101 days duration |

\* all flow rates are quoted at 50m pressure

**Figura 1: Parâmetros utilizados para o cálculo das Perdas Inevitáveis (UARL)**

Uma vez, portanto, calculada a Perda Real de determinado sistema, pode-se analisar o seu nível de importância, ou o seu grau de criticidade, comparando-a ao nível ideal preconizado pela IWA, para esta mesma área, denominado Perda Real Inevitável (ou seja o *UARL*). A expressão que permite o cálculo do indicador *IVI*–*Índice de Vazamentos na Infraestrutura* (ou seja o *ILI*), é a seguinte:

$$IVI \text{ (adimensional)} = \frac{\text{Perda real do sistema analisado (m}^3\text{/ano)}}{\text{Perda real inevitável (m}^3\text{/ano)}}$$

Da Figura 1, considerando os vazamentos visíveis (*reported bursts*) e não visíveis (*unreported bursts*), pode-se concluir portanto que são os seguintes os valores de referência para os vazamentos de rede e de ramal, e que subsidiam o cálculo das Perdas Inevitáveis:

- Redes: 0,13 vazamentos/km por ano ou 13 vazamentos/100km por ano, com vazão unitária de 18m<sup>3</sup>/h (a 50mca de pressão);
- Ramais: 3 vazamentos/1000 ramais por ano, com vazão unitária de 3,2 m<sup>3</sup>/h (a 50mca de pressão).

O terceiro item da tabela (*service connections after edge of street*) se refere aos vazamentos internos dos clientes, e não entrariam no cálculo das perdas nos sistemas, uma vez que estão localizados, como no caso do nosso país, após a micromedicação, sendo considerados no Balanço Hídrico como volumes consumidos.

Para a definição da Perda Real é necessária a elaboração do Balanço Hídrico, onde são parcelados os diversos componentes dos volumes de entrada do sistema, inclusive as perdas. O Balanço Hídrico para a definição das Perdas Reais deveria, idealmente, ser obtido pelo processo “*bottom-up*”, onde são necessárias as medições de vazão de entrada dos sistemas, bem como das suas pressões médias, dados muitas vezes não disponíveis. No caso do cálculo das Perdas Inevitáveis há também a necessidade de medição das pressões médias do sistema.

Além do indicador *IVI* ou *ILI*, referente às perdas inevitáveis, tem-se também o *FCI-Fator de Condição Infraestrutural*, que relaciona as Perdas Reais às Perdas Inerentes, que são os menores valores de vazamentos, referentes apenas aqueles que não podem ser detectados, ao menos pela tecnologia atualmente existente. A obtenção do *FCI* é muito trabalhosa, e recomendada apenas para pequenas áreas, pois exige o fechamento de todas as entradas dos consumidores, a pesquisa e execução de todos os vazamentos detectáveis e a medição das vazões e pressões antes e depois destas execuções, buscando garantir que as vazões mínimas resultantes sejam relativas apenas aos vazamentos não detectáveis.

## PROPOSTA DOS NOVOS INDICADORES

Os indicadores aqui propostos, similarmente aos indicadores *IVI* e *FCI*, buscam uma comparação dos valores existentes em determinado sistema àqueles de referência, recomendados pela *IWA*. No entanto, de forma mais prática, utiliza-se os dados de vazamentos de rede e de ramais, mais facilmente disponíveis nas empresas de distribuição de água, ao invés de volumes de perdas reais, inevitáveis ou inerentes estimados em Balanço Hídrico. Pode-se então considerar estes novos indicadores como base às análises de ações de combate às perdas reais, como as pesquisas e execução de vazamentos, mas principalmente às ações ditas estruturantes, como a renovação de redes e ramais, ou mesmo a proteção dos sistemas quanto às pressões elevadas, como por exemplo com a utilização de válvulas redutoras de pressão.

Deve-se salientar que estes novos indicadores não substituem os outros mencionados, que são muito relevantes no diagnóstico dos sistemas, e trazem valores de volumes perdidos reais e ideais, assim como a relação entre eles, muito mais precisos, pois exigem dados de campo mais exatos. Pode-se portanto considerar os novos indicadores, de obtenção relativamente simples, como informações mais imediatas e práticas para a priorização de sistemas, ou parte deles, visando definir melhores planos de ação.

### *IFr – Índice de Fragilidade das Redes*

O *IFr* indica a relação entre o *Op31* obtido no sistema de interesse e o *Op31* de referência da *IWA*, que é de 13 vazamentos/100km por ano. Assim sendo, mostra o grau de fragilidade das redes, baseado no montante de vazamentos anuais, em comparação a um valor ideal, da seguinte forma:

$$IFr \text{ (adimensional)} = \frac{Op31}{Op31 \text{ ref}} = \frac{Op31}{13}$$

### **IFc – Índice de Fragilidade dos Ramais**

Similarmente ao *IFr*, o indicador *IFc* mostra a relação entre o *Op32* obtido no sistema de interesse e o *Op32* de referência da IWA, que é de 3 vazamentos/1000 ligações por ano. Tem-se aqui desta forma o grau de fragilidade dos ramais, baseado na quantidade anual de vazamentos da área de interesse em comparação a um valor ideal, como segue:

$$IFc \text{ (adimensional)} = \frac{Op32}{Op32 \text{ ref}} = \frac{Op32}{3}$$

### **IVu – Índice de Vulnerabilidade**

Uma vez que a condição estrutural de um sistema de distribuição de água se refere basicamente ao conjunto formado pelas redes e ramais, houve necessidade de se ter um indicador, que ponderasse estes dois fatores.

Assim, de posse de indicadores de fragilidade de redes e ramais, buscou-se consolidá-los em um terceiro, que levasse em conta o diferente peso de cada um deles, pois tanto as vazões de vazamento quanto os tempos de duração, e as quantidades unitárias são distintos (conforme Figura 1).

Nas condições ideais, tem-se que as redes e ramais tem os seguintes volumes de perdas, considerando tanto os vazamentos visíveis quanto os não visíveis:

- Redes:  $(12,4 \text{ vaz} \times 12 \text{ m}^3/\text{h} \times 3 \text{ dias} \times 24 \text{ horas/dia}) + (0,6 \text{ vaz} \times 6 \text{ m}^3/\text{h} \times 50 \text{ dias} \times 24 \text{ horas/dia}) = 15.033,6 \text{ m}^3$ ;
- Ramais:  $(2,25 \text{ vaz} \times 1,6 \text{ m}^3/\text{h} \times 8 \text{ dias} \times 24 \text{ horas/dia}) + (0,75 \text{ vaz} \times 1,6 \text{ m}^3/\text{h} \times 100 \text{ dias} \times 24 \text{ horas/dia}) = 3.571,2 \text{ m}^3$ ;
- Redes e ramais:  $15.033,6 \text{ m}^3 + 3.571,2 \text{ m}^3 = 18.604,80 \text{ m}^3$ .

Dos valores resultantes, tem-se que os de rede representam 81% dos totais, enquanto os de ramal representam 19%. Assim pode-se consolidar os indicadores *IFr* e *IFc* de acordo com estes pesos, definindo-se então o indicador *IVU* – Índice de Vulnerabilidade, da seguinte forma:

$$IVu \text{ (adimensional)} = (0,81 \times IFr) + (0,19 \times IFc)$$

### **CATEGORIZAÇÃO PROPOSTA PARA o IVu**

O nível de vulnerabilidade portanto, medido pelo *IVu*, considera tanto os quantitativos de vazamentos de redes e ramais, quanto os volumes perdidos por eles, permitindo desta forma comparar diversas áreas como: setores, subsetores, trechos de rede, municípios ou outros. Na Tabela 1 se apresenta uma classificação sugerida para os valores do indicador, que pode ser útil na sua análise.

**Tabela 1: Classificação sugerida**

| Faixas             | Classificação |
|--------------------|---------------|
| $IVu \leq 1$       | Ótimo         |
| $1 < IVu \leq 5$   | Bom           |
| $5 < IVu \leq 10$  | Regular       |
| $10 < IVu \leq 20$ | Ruim          |
| $IVu \geq 20$      | Péssimo       |

A faixa considerada “Regular” foi assim classificada porque são valores (entre 5 e 10) semelhantes aos dos Indicadores de Vazamentos na Infraestrutura (IVI) da maioria dos setores de abastecimento da RMSP-Região Metropolitana de São Paulo.

## OBTENÇÃO DOS DADOS NECESSÁRIOS

As informações necessárias para o cálculo dos indicadores de determinada área podem ser obtidas dos bancos de dados de manutenção, do sistema comercial e do cadastro técnico. Especificamente neste estudo foram utilizados os sistemas mencionados, um software de mapeamento de dados georreferenciados e planilhas eletrônicas.

## AÇÕES ESTRUTURANTES DE COMBATE ÀS PERDAS REAIS

Além das ações de manutenção necessárias para a redução das Perdas Reais, como a pesquisa e execução dos vazamentos, deve-se levar em conta que, dependendo das condições da infraestrutura de redes e ramais, e de outros fatores agravantes, as falhas podem voltar a ocorrer, gerando novos aumentos na incidência de vazamentos. A Figura 2, obtida de Lambert e Thornton, ilustra este fenômeno, relacionando o aumento de pressões com o aumento de falhas, tendo como agravantes: baixas temperaturas (fator não aplicável em nosso país), movimentos de solo, tráfego pesado e idade das tubulações. Se poderia considerar também fatores relativos à qualidade da infraestrutura, que não somente a idade e corrosão, como a má condição de assentamento, a falta de escoramentos adequados ou mesmo a qualidade dos materiais empregados. Todos estes fatores levariam, portanto, ao aumento das quebras, para pressões cada vez mais baixas, de acordo com a sua composição.

Deve-se então considerar que duas ações, denominadas aqui de estruturantes, poderiam ser tomadas, para a redução das falhas, ou ao menos para uma maior proteção do sistema, que são:

- Renovação da infraestrutura: seria a substituição, ou mesmo a reabilitação, das redes e ramais. Se tratam de obras de custo mais elevado, mas que podem garantir uma melhoria geral do sistema, reduzindo as falhas a níveis muito baixos. Na Figura 2 seria a eliminação de fatores negativos, o que permitiria então se operar com pressões até maiores, sem risco de se atingir a faixa crítica de aumento de falhas;
- Redução das pressões: seria a redução das pressões a níveis que permitissem a redução dos índices de falhas. Neste caso deve-se avaliar com muito critério a qualidade da infraestrutura, pois a simples redução de pressão pode não ser entendida como uma melhoria do sistema, mas apenas como uma ação paliativa. Como os custos são relativamente menores que a renovação da infraestrutura, pode-se entender esta ação como de proteção das redes e ramais, até que se possa obter os recursos necessários para as ações de renovação. A redução das pressões pode ser realizada com a implantação de válvulas redutoras de pressão, obras de setorização (reduzindo a área de influência das Zonas Altas) ou ainda com a ajuste das pressões de recalque de boosteres e estações elevatórias.

A Figura 3 ilustra uma sugerida, e possível, definição de ações, de acordo com os quadrantes onde se localiza a correlação entre o IVI e a pressão média da área.

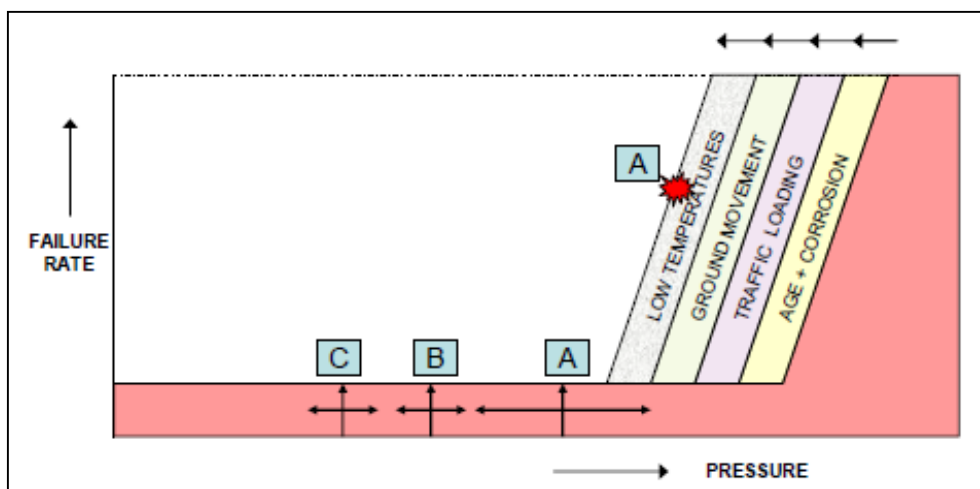


Figura 2: Relação da frequência de quebras com as pressões e outras variáveis

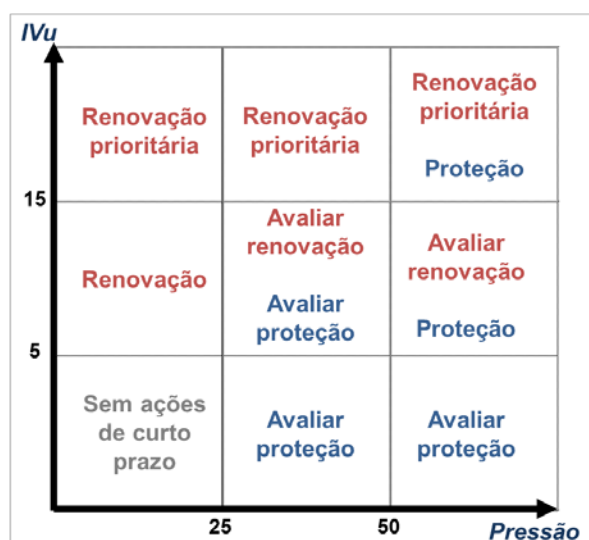


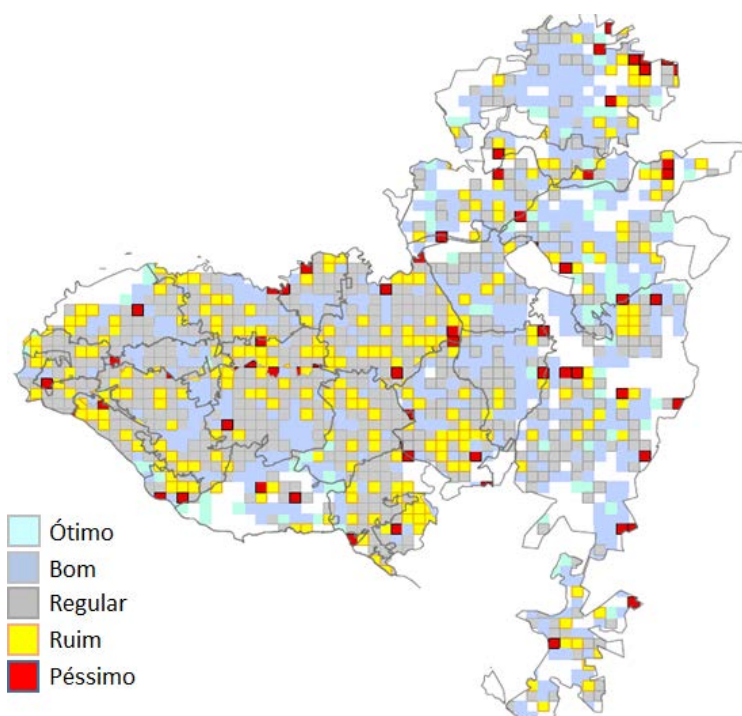
Figura 3: Divisão sugerida para as ações estruturantes

### ALGUNS INDICADORES CALCULADOS NA ÁREA DE ATUAÇÃO DA COMPANHIA

Os indicadores propostos podem ser muito úteis para a priorização de áreas, e proposta de ações, portanto, desde a pesquisa de vazamentos até as estruturantes como a renovação e redução de pressões. Para a priorização pode-se recorrer ao cálculo do  $IVu$  para diversas parcelas do sistema, como por exemplo: quadriculas de manobra, de coordenadas, microzonas de manobra, núcleos com característica próprias de pressão, tipo de material das redes, ou outras.

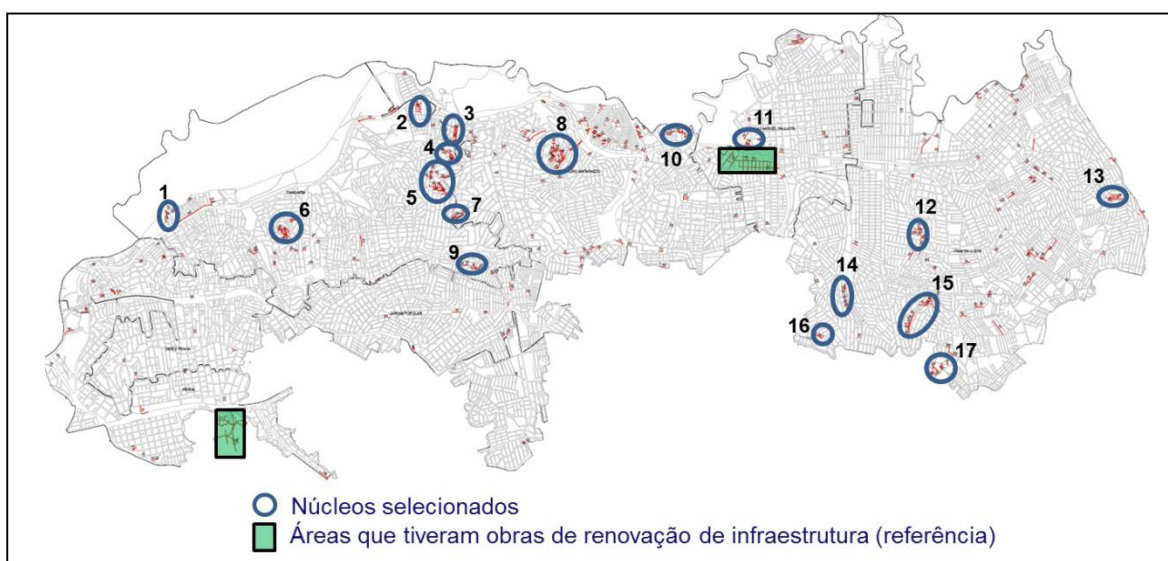
Como exemplo foram calculados os indicadores  $IVu$  da área de atuação da Unidade de Negócio Leste, considerando quadriculas formadas por eixos de coordenadas, obtidas do Sistema GIS, conforme a Figura 4. Nota-se neste mapa os locais críticos, onde as ações devem ser concentradas.





**Figura 4: IVu por quadrícula**

A Figura 5 mostra a localização de núcleos de baixa renda, onde a rede é constituída por tubulações de PEAD de 32mm de diâmetro, com alta densidade de ligações e altas taxas de vazamento. Estes núcleos foram identificados por números e calculados seus indicadores, conforme Tabela 2. São identificadas também áreas onde foram realizadas renovações de redes e ramais, que podem servir de parâmetro para a estimativa de ganhos em áreas com sistema renovado.



**Figura 5: Localização das áreas com redes de PEAD 32mm**

**Tabela 2: Cálculo dos indicadores para núcleos com rede de PEAD 32mm**

| Area | Extensão (m) | Ligações (un) | Vazamentos/ano |       | Op31    | Op32  | IFr   | IFc  | IVu   |
|------|--------------|---------------|----------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|
|      |              |               | Rede           | Ramal |         |       |       |      |       |
| 1    | 181,77       | 136           | 8              | 1     | 1.467,1 | 2,5   | 112,9 | 0,8  | 91,6  |
| 2    | 702,60       | 256           | 2              | 7     | 94,9    | 9,1   | 7,3   | 3,0  | 6,5   |
| 3    | 881,63       | 219           | 9              | 7     | 340,3   | 10,7  | 26,2  | 3,6  | 21,9  |
| 4    | 894,60       | 193           | 8              | 9     | 298,1   | 15,5  | 22,9  | 5,2  | 19,6  |
| 5    | 2.335,40     | 541           | 46             | 36    | 656,6   | 22,2  | 50,5  | 7,4  | 42,3  |
| 6    | 2.224,63     | 536           | 16             | 20    | 239,7   | 12,4  | 18,4  | 4,1  | 15,7  |
| 7    | 425,50       | 118           | 19             | 19    | 1.488,4 | 53,7  | 114,5 | 17,9 | 96,1  |
| 8    | 2.276,69     | 378           | 8              | 8     | 117,1   | 7,1   | 9,0   | 2,4  | 7,7   |
| 9    | 517,35       | 49            | 1              | 0     | 64,4    | 0,0   | 5,0   | 0,0  | 4,0   |
| 10   | 1.032,95     | 222           | 11             | 8     | 355,0   | 12,0  | 27,3  | 4,0  | 22,9  |
| 11   | 683,36       | 118           | 5              | 9     | 243,9   | 25,4  | 18,8  | 8,5  | 16,8  |
| 12   | 587,21       | 109           | 5              | 1     | 283,8   | 3,1   | 21,8  | 1,0  | 17,9  |
| 13   | 673,51       | 203           | 33             | 14    | 1.633,2 | 23,0  | 125,6 | 7,7  | 103,2 |
| 14   | 627,71       | 95            | 6              | 6     | 318,6   | 21,1  | 24,5  | 7,0  | 21,2  |
| 15   | 729,83       | 181           | 8              | 8     | 365,4   | 14,7  | 28,1  | 4,9  | 23,7  |
| 16   | 322,60       | 32            | 8              | 12    | 826,6   | 125,0 | 63,6  | 41,7 | 59,4  |
| 17   | 540,62       | 303           | 6              | 22    | 369,9   | 24,2  | 28,5  | 8,1  | 24,6  |

Nesta forma de apresentação ficou muito clara a diferença de indicadores entre os diversos núcleos, o que pode definir que a Área 13 é a mais crítica (IVu de 103,4). Portanto esta área, caso fossem liberados recursos para renovação de infraestrutura, seria a primeira a ser contemplada.

### CASE: RENOVAÇÃO DE INFRAESTRUTURA E O CÁLCULO DE SEUS INDICADORES

No ano de 2013 foi realizada uma obra de renovação de infraestrutura em área atendida por válvula redutora de pressão da ML - Unidade de Negócio Leste da Sabesp. Esta área, denominada VRP Idioma Esperanto, está localizada no bairro de São Miguel Paulista, no Município de São Paulo, e pode ser identificada na Figura 5, junto à Área 11.

Foram trocados 5,92 km de redes, correspondente a 75% do total de redes da área, e 754 ramais. A obra trouxe melhorias ao sistema de abastecimento, eliminando perdas de carga excessivas, garantido o atendimento pleno dos clientes, pois este era intermitente antes da obra, e reduzindo a quantidade de vazamentos. O indicador de perdas *IPDt*, por exemplo, que antes da obra era de 896 L/lig.dia, caiu para 254 L/lig.dia.

As redes que anteriormente eram de ferro dúctil, com idade superior a 30 anos, foram substituídas por tubulações de PEAD de 110mm de diâmetro, com juntas soldadas por eletrofusão. Os ramais também foram trocados por PEAD de 20mm de diâmetro, fixados à rede com a utilização de tomadas de água de tees integrados.

Com base nos dados de vazamentos de redes e ramais desta área, pode-se calcular os indicadores *IFr*, *IFc* e *IVu*, conforme Tabela 3.

**Tabela 3: Indicadores da VRP Idioma Esperanto**

| Período       | Extensão (m) | Ligações (un) | Vazamentos/ano |       | IFr  | IFc  | IVu  |      |
|---------------|--------------|---------------|----------------|-------|------|------|------|------|
|               |              |               | Rede           | Ramal |      |      |      |      |
| Antes (2012)  | 5.61         | 1,401         | 22             | 70    | 30,2 | 16,7 | 27,6 | Bad  |
| Depois (2014) | 5.61         | 1,401         | 4              | 10    | 5,5  | 2,4  | 4,9  | Good |



Observa-se a grande melhoria obtida com as obras, com o *IVu* caindo de 27,8 para 4,9. Este valor final resultante coloca a área na categoria “Bom”, conforme a classificação sugerida

### SELEÇÃO DE ÁREAS PARA RENOVAÇÃO DE INFRAESTRUTURA EM 2016

Com auxílio do *IVu* foram definidos 23,4km de redes, que serão renovadas neste ano de 2016. Foram selecionadas duas áreas no Município de São Paulo e uma área no Município de Suzano, indicadas na Figura 6 como A, B e C, respectivamente.

Nas áreas A e B as redes são de ferro fundido, assentadas nas décadas de 50 e 60, que apresentam, além do alto índice de vazamentos, problemas de qualidade (cor) e perdas de carga. Na área C as redes são de PVC “cinza”, com 60cm de diâmetro, portanto fora de padrão. Nestas redes ocorrem problemas de vazamentos, e dificuldades para obtenção de peças para sua manutenção.

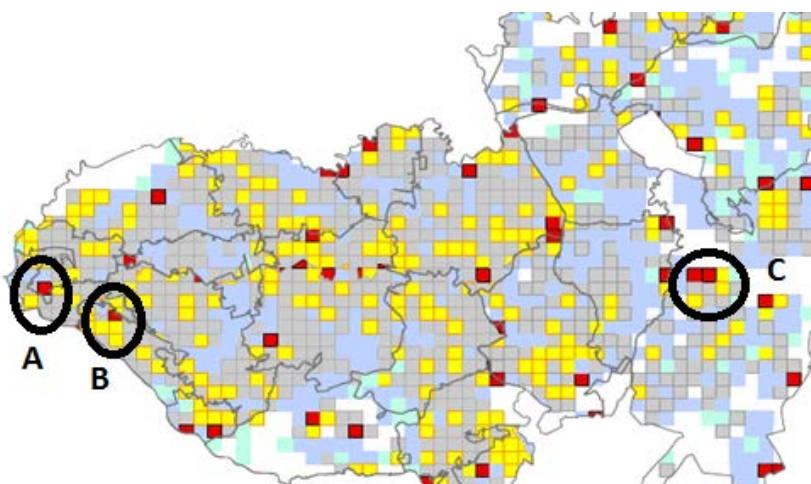


Figura 6: Áreas selecionadas para renovação em 2016

### PRIORIZAÇÃO PELO *IVu* NO CASO SE TER AS PRESSÕES MÉDIAS

O *IVu* definido neste trabalho, não leva em consideração as pressões das áreas, uma vez que relaciona dados de vazamentos com os parâmetros da IWA, sob uma mesma base, que é relativa a 50mca de pressão. Caso, no entanto, se possua as diversas pressões médias das áreas calculadas (quadrículas, núcleos ou outras), pode-se considerá-las, da seguinte forma derivada da expressão que relaciona vazão x pressão, apresentada pela IWA:

$$IVu' = IVu \times \left( \frac{P}{50} \right)^{N_1}$$

Sendo:

- *IVu'*: Índice de Vulnerabilidade correlacionado com a pressão média;
- *P*: pressão média da área;
- *N<sub>1</sub>*: coeficiente relativo ao material das tubulações (pode ser adotado 1,15 para os sistemas mistos).

### CONCLUSÕES

Um dos grandes desafios das empresas de distribuição de água é a clara definição de prioridades, principalmente quando se trata da necessidade de renovação de infraestrutura, mas também para a definição de outras ações de combate às Perdas Reais. Entende-se que estes novos indicadores propostos, *IFr*, *IFc* e, principalmente o *IVu*, podem se tornar uma importante ferramenta auxiliar nestas definições, pois são



baseados em níveis adotados internacionalmente (IWA). Podem ser úteis também como elementos de benchmark, possibilitando a comparação entre diversos sistemas, entre setores de abastecimento, municípios, e empresas do setor de distribuição de água.

Deve-se sempre ter em conta que a renovação de partes significativas dos sistemas de distribuição, que é ainda uma realidade distante devido aos altos custos envolvidos, é fundamental para a sua efetiva melhoria, e para a redução de vazamentos. Se torna portanto, cada vez mais prioritário o correto direcionamento das ações, de forma a se auferir resultados importantes, com o uso mais parcimonioso de recursos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEGRE, H. et al. Performance Indicators for Water Supply Services, 2nd Edition. IWA Publishing. IWA–International Water Association, 2006.
2. LAMBERT, A. et al. A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems. AQUA/IWA–International Water Association, 2000.
3. TSUTIYA, M. T. et al. Abastecimento de Água, 2ª Edição, São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.
4. LAMBERT, A., THORNTON, J. Pressure: Bursts Relationship: Influence of Pipe Material, Validation of Scheme Results and Implications of Extended Asset Life, 2014.
5. VELEZ, C., THIERNEY, J., Innovative Results-Based Approach to Tackling Water Scarcity in Sao Paulo. En Breve, number 160. The World Bank's Latin American and Caribbean Region, 2010.
6. SARZEDAS, G. Planejamento para Substituição de Tubulações em Sistemas de Abastecimento de Água – Aplicação na Rede de Distribuição de Água da Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.