



## I-195 - INDICADORES DE PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO: QUAL O NÍVEL DE CREDIBILIDADE DOS VALORES OBTIDOS?

**Ernani Ciríaco de Miranda<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da FUMEC. Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília/UnB. Coordenador do Programa de Modernização do Setor Saneamento – PMSS da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades

**Endereço<sup>(1)</sup>:** SQS 415, Bloco S, Apto. 102 - Asa Sul - Brasília - DF - CEP: 70.298-190 - Brasil - Tel: (61) 245-5861 - email: [ernanitely@uol.com.br](mailto:ernanitely@uol.com.br)

### RESUMO

O trabalho apresenta um *modelo de análise de credibilidade* dos indicadores de perdas de água de nível básico e uma *metodologia simplificada de cálculo dos erros prováveis* dos dados envolvidos no gerenciamento das perdas. O objetivo é criar e testar ferramentas que visam qualificar os indicadores de perdas, determinando o seu grau de confiança. O modelo propõe o enquadramento dos indicadores em quatro diferentes faixas de validade, às quais correspondem a seguinte classificação qualitativa: muito confiável, confiável, pouco confiável e sem confiabilidade. A análise de credibilidade tem por base o conhecimento dos erros prováveis dos dados utilizados no cálculo dos indicadores, sem o que não é possível identificar o seu nível de validade. Assim, foi desenvolvida no presente trabalho uma metodologia que cria um padrão simplificado de cálculo dos erros prováveis dos dados envolvidos no gerenciamento das perdas. Os valores dos erros em percentual, depois de calculados, transformam-se em fatores adimensionais para alimentar o modelo de análise de credibilidade. Tanto a metodologia de avaliação dos erros quanto o modelo de análise da credibilidade foram submetidos a testes com base em informações pesquisadas em sete sistemas de abastecimento de água brasileiros. A pesquisa possibilitou a obtenção de informações estratégicas do ponto de vista do conhecimento das condições operacionais dos principais equipamentos e processos empregados pelos operadores nas medições e extrapolações de dados, bem como a identificação das prováveis fontes de erros dos dispositivos de medição e controle. O trabalho corresponde a um roteiro básico, comentado, de aplicação da análise e representa um primeiro passo para a consolidação do conceito de credibilidade dos indicadores, pouco ou quase nunca utilizado no setor saneamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Abastecimento de água, Indicadores de perdas de água, Análise de credibilidade, Erros de medição.

### INTRODUÇÃO

O presente trabalho é baseado na dissertação de mestrado *Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Indicadores de Perdas e Metodologias para Análise de Confiabilidade* (Miranda, 2002), que promoveu uma pesquisa do amplo rol de indicadores existentes no cenário nacional e internacional, e uma análise comparada entre eles, os quais serviram de base para uma proposta padrão, aplicável aos sistemas brasileiros. A proposta privilegia a busca dos indicadores mais representativos, que permitam uma aplicação padronizada, independente das características dos sistemas e dos fatores locais com influência sobre as perdas.

Além disso, o autor pesquisou, na mesma dissertação, *modelos de análise da credibilidade* de dados e indicadores, apresentando, ao final, uma proposta padrão para ser aplicada no gerenciamento das perdas de água em sistemas de abastecimento. Como base para a análise o autor desenvolveu uma *metodologia simplificada de cálculo dos erros prováveis* dos dados que compõem os indicadores. Esta parte da dissertação serviu de referência para o presente trabalho.

Os indicadores devem oferecer bases seguras para as ações de gerenciamento das perdas de água, possibilitando a análise de desempenho, permitindo a comparação entre diferentes sistemas e operadores de serviços, e contribuindo na definição de políticas públicas para o setor saneamento. Nesse sentido, é de



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

fundamental importância que se possa compreender *o que os indicadores, de fato, indicam*. A adoção de uma linguagem uniforme, com termos, definições e fórmulas de cálculo padronizadas, tanto para os indicadores propriamente ditos como para os dados que os compõem, é estratégica para essa compreensão.

Sobre esse assunto, Miranda e Koide (2003) apresentaram, no 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, um trabalho intitulado *Indicadores de Perdas de Água: O Que, de Fato, Eles Indicam?*, no qual os autores recomendam um pequeno grupo de indicadores para uma proposta padrão, constando de uma criteriosa uniformização de termos (siglas e nomes) e de fórmulas de cálculo, além de definições objetivas para os dados envolvidos na avaliação: volumes, dados de cadastro e informações operacionais. O modelo de análise de credibilidade aqui estudado foi aplicado nos indicadores de nível básico da proposta padrão indicada naquele trabalho, motivo pelo qual recomenda-se a sua leitura, como elemento facilitador da melhor compreensão do texto atual.

Em relação ao tema da análise de credibilidade, o presente trabalho avança no estudo dos modelos de avaliação, contextualizando a problemática dos erros de medição decorrentes da tecnologia envolvida e das deficiências operacionais dos sistemas. A base para a análise é o conhecimento dos erros dos dados, sem o qual não é possível identificar o nível de credibilidade dos indicadores. Dessa forma, além de apontar um modelo para identificar o nível de credibilidade, o presente trabalho propõe uma metodologia simplificada de cálculo dos erros prováveis dos dados envolvidos no gerenciamento das perdas.

### METODOLOGIA

A metodologia de trabalho compreendeu basicamente as seguintes atividades: (i) pesquisa e estudo de modelos de análise da credibilidade dos dados; (ii) pesquisa e análise de métodos de avaliação de erros de medição e estimação dos dados; (iii) pesquisa de dados em sete sistemas brasileiros para teste dos modelos e métodos estudados; (iv) desenvolvimento de metodologia simplificada de cálculo dos erros prováveis dos dados; (v) análise do nível de credibilidade dos indicadores de perdas para os sete sistemas pesquisados; e (vi) recomendação de um modelo de análise para uso em indicadores de nível básico.

O primeiro passo na análise de credibilidade corresponde à determinação dos erros dos dados. Para tal, são necessárias informações sobre os dispositivos de medição e controle operacional, que permitam a avaliação desses erros para as medições e estimações. Nesse sentido, fez-se uma pesquisa junto a sete operadores de sistemas de água do país, em que foram coletados dados para testes dos indicadores de perdas –que não é objeto do presente trabalho– e também informações estratégicas do ponto de vista do conhecimento das condições operacionais dos principais equipamentos e processos empregados pelos operadores nas medições e extrapolações de dados, para efeito de cálculo dos erros prováveis e conseqüente análise de credibilidade dos indicadores.

Para a pesquisa em questão, a etapa inicial de desenvolvimento compreendeu a seleção das características dos dispositivos de medição e dos processos de controle operacional necessárias ao estabelecimento dos critérios de avaliação, de modo a espelhar as condições operacionais dos sistemas e seus impactos na quantificação das perdas de água. Os itens e principais elementos selecionados estão listados a seguir:

- (i) volume de água macromedido – características dos macromedidores e condições de instalação, operação, manutenção e leitura;
- (ii) volume de água não macromedido – base de dados e critérios para a estimação dos volumes;
- (iii) volume de água consumido medido – características dos hidrômetros e condições de instalação, operação, manutenção e leitura;
- (iv) volume de água consumido não medido – base de dados e critérios para a estimação dos volumes;
- (v) volumes de água operacional, recuperado e especial – também critérios para a estimação dos volumes;
- (vi) volume de água faturado – critérios para a determinação dos volumes faturados – medidos e não medidos;
- (vii) extensão de redes e de ramais prediais – qualidade, nível de atualização, tecnologia e abrangência do cadastro técnico;
- (viii) quantidade de ligações de água – da mesma forma que o anterior, também qualidade, nível de atualização, tecnologia e abrangência do cadastro comercial;
- (ix) pressão média de funcionamento da rede – condições de operação e monitoramento da rede; e
- (x) recuperação de vazamentos – condições do controle operacional.



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Para cada item foram escolhidos tópicos que caracterizam os dispositivos de medição e controle, os quais podem representar fontes de erros. Assim é que, além de informações sobre os equipamentos de medição, propriamente ditos, foram também incluídas informações sobre as condições de instalação, operação e manutenção; de leitura e tratamento dos dados; e de qualidade da mão-de-obra envolvida no processo. Para aqueles dados obtidos em cadastros e controles operacionais foram escolhidas informações que caracterizam as condições dos cadastros existentes, a sua abrangência em relação ao sistema considerado, o grau de atualização e o nível de desenvolvimento tecnológico.

Uma vez definidos, os tópicos (ou fontes de erros) foram dispostos em formulários padrões e enviados aos operadores dos sistemas para a pesquisa de dados. Um texto explicativo contendo as instruções mínimas quanto ao preenchimento acompanhou os formulários. Os critérios de avaliação não foram expostos aos operadores na fase de coleta de dados, como forma de evitar o condicionamento das respostas. Os formulários utilizados estão apresentados no Anexo I deste trabalho.

Obtidas as respostas da pesquisa, tornou-se necessário o desenvolvimento de uma metodologia simplificada para avaliação dos erros prováveis dos dados, pois os estudos pesquisados não contêm elementos para essa avaliação (consideram esses erros como parâmetro de entrada em seus modelos de análise de credibilidade). A partir daí, desenvolveu-se a análise e teste dos modelos pesquisados na literatura.

### CONCEITUAÇÃO DO TERMO ERRO

Os volumes empregados na avaliação de perdas resultam de medições (grandezas reais) ou de extrapolações, quando não se dispõe de aparelhos de medição (grandezas estimadas). Além dos volumes, envolvem-se ainda na avaliação das perdas alguns dados físicos dos sistemas, obtidos em cadastros (quantidade de ligações de água, por exemplo) ou em sistemas de controle (quantidade e velocidade dos reparos de vazamentos, por exemplo), nos quais também há medições e extrapolações.

A medição corresponde, na prática, a um valor estimado, que equivale à melhor estimativa que pode ser feita da grandeza. Essa pode ser ligeiramente maior ou menor do que o valor obtido. A determinação da faixa de valores dentro da qual se avalia que a grandeza se situe, com um especificado nível de confiança, corresponde ao primeiro passo da análise de credibilidade. Para caracterizar essa faixa de valores será empregado no presente trabalho o termo “erro”.

O “erro” pode caracterizar tanto os erros prováveis do medidor como também os da medição. No caso do medidor tem-se o erro típico admissível para uma determinada faixa de trabalho, obtido em calibrações de bancada e, na maioria das vezes, especificado pelo fabricante em seus catálogos. Quando se trata da medição, o intervalo é mais abrangente e incorpora os erros de todo o processo, cujas fontes são, além do próprio medidor (erros decorrentes da calibração e das condições ambientais) também aquelas devidas à instalação, operação, manutenção e leitura.

Para a grandeza real não obtida em medidores, mas em sistemas de controle –como o cadastro comercial, por exemplo–, incluem-se os erros decorrentes das atividades de atualização, da tecnologia e da qualidade da mão-de-obra, dentre outros. Em relação à grandeza estimada, incorporam-se os erros devidos à deficiência da base de dados e dos critérios empregados nas extrapolações.

Cabe ressaltar que, um maior ou menor erro nos dados não implica em mudanças nos valores das perdas, ou seja, a análise de credibilidade não altera os resultados dos indicadores. Há, na verdade, uma complementação da informação, que reflete o nível de validação dos indicadores calculados.

### AVALIAÇÃO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS

A metodologia a seguir descrita fornece elementos para a determinação dos erros prováveis dos dados primários. O seu desenvolvimento partiu do conhecimento dos fundamentos teóricos dos estudos pesquisados, o qual propiciou a identificação dos itens necessários à sua construção. Não se trata de uma metodologia com critérios sofisticados e complexos, pois este não é o objetivo do presente trabalho. Os resultados obtidos referem-se apenas a uma aproximação dos erros, vista sob a ótica de uma análise preliminar. A preocupação



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

principal foi caracterizar as fontes de erros e definir os critérios para sua avaliação e ponderação, considerando um limite de confiança de 95%. As fontes foram consideradas independentes entre si (não correlacionadas).

A metodologia deve ser vista com cautela, pois não foi submetida a um processo de testes e validação por parte de terceiros. Somente uma aplicação contínua, no médio e longo prazos, permitirá o seu aprimoramento, num processo de melhorias sucessivas. Além disso, a evolução de uma proposta dessa natureza demanda estudos experimentais de campo e de laboratório, além de diagnósticos detalhados das instalações e processos, e de análises estatísticas mais sofisticadas. Somente assim poderão ser definidos com maior validade os impactos de cada fonte no resultado final do erro. Deve-se ressaltar ainda, que a contínua revisão da metodologia é pressuposto básico de sua concepção, tanto pela necessidade de melhorias sucessivas mas também pela exigência da evolução tecnológica dos dispositivos de medição e controle, que tende a desatualizar o modelo. A etapa inicial de desenvolvimento da proposta compreendeu a pesquisa de dados realizada em sete sistemas brasileiros. Embora se saiba das dificuldades dos operadores em obter todas as informações solicitadas, mesmo assim o nível de respostas foi satisfatório. Os dados foram compilados e dispostos em planilhas de avaliação, nas quais os tópicos receberam notas variando de zero a dez, de acordo com o padrão de qualidade, o nível tecnológico dos equipamentos e a qualidade dos controles empregados. Pontos perdidos na avaliação representaram erros prováveis nos dados. Além das notas, foi prevista ainda a ponderação dos diversos tópicos, em função do impacto que cada um exerce sobre o valor do erro do dado em análise, seja esse medido ou estimado.

As planilhas de avaliação, desenvolvidas em Excel, com respectivas notas e pesos são mostradas no Anexo II, no qual pode ser vista a demonstração de cálculo dos erros prováveis dos dados para um dos sistemas pesquisados. Cabe ressaltar que os valores estimados para as notas e pesos não obedeceram a um critério científico, respaldado em medições de campo ou de bancada. Tais valores foram arbitrados com o objetivo de se alcançar resultados finais aproximados.

As respostas obtidas sobre o cadastro técnico –necessárias à determinação dos erros das extensões de rede e de ramais–, bem como sobre a pressão média de funcionamento da rede e sobre a recuperação de vazamentos foram insuficientes para a montagem de uma planilha de cálculo dos erros prováveis. Embora esses itens exerçam forte influência sobre as perdas, optou-se por não contemplá-los na metodologia. Essa ausência não compromete a análise de credibilidade dos indicadores de nível básico, pois os itens em questão não são necessários ao cálculo desses indicadores.

Em síntese, o roteiro básico para a aplicação da metodologia obedeceu aos seguintes itens:

- 1º.) definição dos dispositivos de medição e controle, bem como das fontes de erros a serem submetidas à avaliação, para cálculo dos erros prováveis;
- 2º.) construção dos formulários com os quesitos a serem respondidos pelos operadores na pesquisa de dados;
- 3º.) coleta das informações junto aos operadores dos sistemas;
- 4º.) sistematização das respostas recebidas e disposição em planilhas de cálculo;
- 5º.) definição dos critérios de cálculo, bem como das notas e pesos para as fontes analisadas; e
- 6º.) cálculo estimativo dos valores dos erros.

Algumas considerações sobre os critérios de avaliação são registradas a seguir:

- o erro típico dos macromedidores corresponde àquele em que o aparelho é novo, bem calibrado, trabalha com vazões dentro da faixa operacional e está instalado em condições ideais. Uma das opções para se obter esse valor é por meio de informação do fabricante, especificada em catálogo. No entanto, é preciso estar atento à sua comprovação técnica, para que não se cometa enganos devidos a informações parciais ou equivocadas fornecidas pelos fabricantes;
- como avaliação de senso comum, para efeito da presente metodologia, considerou-se os seguintes valores de erro típico para os modelos de tecnologia atual, informados por Sanchez (2002)
  - ultra-sônico integral e eletromagnético: menor ou igual a  $\pm 0,5\%$ ;
  - *woltman*, *venturi* e placa de orifício: menor ou igual a  $\pm 2\%$ ;
  - *pitot*, turbina e ultrasônico *clamp on*: menor ou igual a  $\pm 5\%$ ;
  - *shunt*, roda d'água e outros: menor ou igual a  $\pm 10\%$ ;



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

- têm, ainda, relativo impacto sobre os erros das medições, a manutenção e a leitura dos medidores, bem como a idade do equipamento –essa, variável de acordo com o tipo de equipamento utilizado. Por exemplo: um *Venturi* com 20 anos de uso pode ainda ser de razoável qualidade, enquanto que um *Woltman* com esse mesmo tempo de uso deve estar comprometido em termos de qualidade;
- em relação aos volumes micromedidos, a avaliação corresponde a uma aproximação para o conjunto de hidrômetros instalados e incorpora os erros referentes à submedição da vazão mínima, muito expressiva no Brasil devido ao uso de caixas d'água nos domicílios;
- a determinação dos erros dos volumes faturados, referentes a economias medidas, considera os próprios erros avaliados na micromedição mais aqueles inerentes aos critérios estipulados pelo sistema comercial, como no caso da estimação de volumes faturados para economias onde os hidrômetros não estão em funcionamento regular, por exemplo. Ao definir as notas desse quesito, deve-se ter em conta o resultado da avaliação do cadastro comercial, feita em outro item da análise; e
- para o cadastro comercial, foi admitido como critério de avaliação além do nível de atualização, também a existência ou não de sistemas de informações geo-referenciadas, prevendo-se maior pontuação para os casos em que esses estejam interligados em rede com as áreas operacional e comercial.

A aplicação das respostas recebidas dos operadores às planilhas de avaliação constantes do Anexo II, resultou no cálculo dos erros prováveis dos dados primários dos sete sistemas de água pesquisados, cujos resultados estão mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1. Resultado da avaliação dos erros prováveis dos dados primários, nos sete sistemas pesquisados**

Dado analisado		Valores em % (+/-), para limite de confiança de 95%						
		Sistema pesquisado <sup>(1)</sup>						
Sigla	Nome	A	B	C	D	E	F	G
<b>PRODUÇÃO</b>								
VPROm	Volume de água produzido macromedido	5,5	4,2	4,3	3,2	4,3	-	28,3
VPROnm	Volume de água produzido não macromedido	-	25,0	-	-	25,0	25,0	50,0
VTIMm	Volume de água tratada importado macromedido	-	-	-	-	4,3	-	-
VTIMnm	Volume de água tratada importado não macromedido	-	-	-	-	-	-	-
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>								
VTEXm	Volume de água tratada exportado macromedido	5,5	-	-	-	-	-	-
VTEXnm	Volume de água tratada exportado não macromedido	-	-	50,0	-	-	-	-
VCONm	Volume água consumido medido	13,1	9,8	18,7	10,6	9,6	19,0	20,1
VCONnm	Volume água consumido não medido	25,0	25,0	50,0	25,0	50,0	50,0	50,0
VOPE	Volume de água para usos operacionais	50,0	50,0	-	18,5	-	-	-
VREC	Volume de água recuperado	27,5	27,5	-	18,5	-	-	-
VESP	Volume de água para usos especiais	50,0	50,0	-	18,5	-	-	-
<b>FATURAMENTO</b>								
VFATm	Volume de água faturado, referente às economias medidas	15,7	11,0	18,7	11,7	10,1	19,1	20,0
VFATnm	Volume de água faturado, referente às economias não medidas	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
QLAT	Quantidade de ligações ativas de água	10,0	10,0	28,0	10,0	18,0	28,0	28,0

1. Optou-se por não divulgar os nomes dos operadores e nem dos sistemas pesquisados, motivo pelo qual os mesmos estão identificados por letras que vão de A a G, conforme será visto em todo o trabalho.

2. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.

3. Campos sem valores correspondem a informações não aplicáveis.





## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Uma vez calculados, os erros individuais dos dados primários subsidiam a aplicação dos métodos de cálculo dos erros dos dados compostos (item 5, a seguir), bem como dos modelos de análise de credibilidade (item 6, mais adiante).

Cabe esclarecer, em relação aos macromedidores, que, segundo Sanchez (2002), as condições de instalação usualmente respondem, na prática, pela maior parcela dos erros finais nas medições. De acordo com a proposta para procedimentos de instalação de medidores de vazão eletromagnéticos para uso em água (IPT, 2002), o controle dessas fontes de erros, de modo a minimizar os seus efeitos, vem do cumprimento de procedimentos baseados nas normas técnicas de associações de normas nacionais e internacionais, estudos experimentais em laboratório e em campo, além de recomendações dos fabricantes.

Nesse sentido, no que se refere às condições de instalação dos macromedidores, embora a metodologia estime a sua influência sobre o resultado final do erro, essa é a condição em que os impactos são os de mais difícil previsão. Em função disso, uma alternativa para a avaliação dos macromedidores seria considerar na análise somente aqueles cuja instalação atende às recomendações técnicas, ficando de fora os medidores com instalação inadequada.

### AVALIAÇÃO DOS ERROS DOS DADOS COMPOSTOS

Quando se avalia os diversos volumes componentes do balanço de águas, observa-se que há dados primários, como volume produzido macromedido ou volume consumido não medido ou ainda volume faturado medido, dentre outros, e também dados compostos de dois ou mais dados primários, como volume consumido total (volume medido mais o não medido) ou o consumo autorizado não faturado (volumes de usos operacionais, mais o recuperado, mais o de usos especiais), dentre outros.

Incluem-se também na categoria de dados compostos, os próprios volumes de perdas, sejam eles determinados por levantamento de campo –a composição se dá por parcelas que somadas resultam nas perdas totais (vazamentos nas redes, vazamentos nos ramais, extravasamentos de reservatórios, dentre outros)– ou sejam eles determinados pelo balanço de águas, em que a composição se dá por subtração de volumes: disponibilizado menos o consumo faturado, ou disponibilizado menos o consumo autorizado.

Os erros dos dados compostos, obviamente, são condicionados pelos erros individuais dos dados primários que os compõem. A sua determinação não se dá de forma direta, mas sim pela aplicação dos erros dos dados primários em formulações matemáticas específicas. Os estudos pesquisados apontam três métodos para o cálculo dos erros dos dados compostos, dois deles reunidos num mesmo estudo: (i) média ponderada (Silva *et al.*, 1998); (ii) valores extremos (Silva *et al.*, 1998); e (iii) desvio padrão (Bessey e Lambert, 1994 e Paracampes, 2002). Esse último, considerado por Miranda (2002) como mais apropriado para a avaliação dos dados compostos, será adotado no presente trabalho.

O **método do desvio padrão** calcula os erros dos dados compostos a partir dos erros dos dados primários, calculados pela metodologia exposta no item 4, anterior, para um limite de confiança de 95%. Os erros dos dados compostos correspondem à raiz quadrada da soma do quadrado dos desvios padrões parciais, conforme exemplificado na Tabela 2.



**Tabela 2. Avaliação dos erros dos dados compostos, tendo como exemplo o Sistema B, dentre os sete sistemas pesquisados**

*Volume e desvio padrão em 1000 m³/ano; erro para limite de confiança de 95%*

Dado analisado		Volume	Erro (+/-)	Desvio padrão (+/-)	Desvio padrão ao quadrado
Sigla	Nome				
A	B	C	D	E = C x D	F = E²
<b>PRODUÇÃO</b>					
VPROm	Volume de água produzido macromedido	120.606,9	4,2%	5.065,5	25.659.169,9
VPROnm	Volume de água produzido não macromedido	58.906,3	25,0%	14.726,6	216.871.864,0
VPRO	Volume de água produzido VPROm + VPROnm	179.513,1	➔ <b>8,7%</b>	➔ 15.573,4	➔ 242.531.033,9
VTIMm	Volume de água tratada importado macromedido	0	0%	0	0
VTIMnm	Volume de água tratada importado não macromedido	0	0%	0	0
VTIM	Volume de água tratada importado VTIMm + VTIMnm	0	➔ <b>0%</b>	➔ 0	➔ 0
VDIS	Volume de água disponibilizado para distribuição: VPRO + VTIM	179.513,1	➔ <b>8,7%</b>	➔ 15.573,4	➔ 242.531.033,9
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>					
VTEXm	Volume de água tratada exportado macromedido	0	0%	0	0
VTEXnm	Volume de água tratada exportado não macromedido	0	0%	0	0
VTEX	Volume de água tratada exportado VTEXm + VTEXnm	0	➔ <b>0%</b>	➔ 0	➔ 0
VCONm	Volume de água consumido medido	135.149,9	9,8%	13.244,3	175.411.460,8
VCONnm	Volume de água consumido não medido	547,8	25,0%	137,0	18.755,3
VCON	Volume de água consumido VCONm + VCONnm	135.693,7	➔ <b>9,8%</b>	➔ 13.245,0	➔ 175.430.216,1
VOPE	Volume de água de usos operacionais	53,8	50,0%	26,9	722,5
VREC	Volume de água recuperado	620,2	27,5%	171,8	29.509,9
VESP	Volume de água de usos especiais	820,5	50,0%	410,2	168.288,7
VCNF	Volume de consumo de água autorizado não faturado VOPE + VREC + VESP	1.494,4	➔ <b>29,8%</b>	➔ 445,6	➔ 198.521,0
VCAU	Volume de água de consumo autorizado (VTEX + VCON + VCNF)	137.188,1	➔ <b>9,7%</b>	➔ 13.252,5	➔ 175.628.737,1
<b>FATURAMENTO</b>					
VFATm	Volume de água faturado medido	140.390,3	11,0%	15.442,9	238.484.179,6
VFATnm	Volume de água faturado não medido	13.118,4	40,0%	5.247,4	27.534.787,0
VFAT	Volume de água faturado VFATm + VFATnm	153.508,7	➔ <b>10,6%</b>	➔ 16.310,1	➔ 266.018.966,6

1. Nas linhas dos dados compostos (VPRO, VTIM, VDIS, VTEX, VCON, VCNF, VCAU e VFAT) os erros são calculados pela seguinte expressão:  $(E / C) * 100$ . Os demais valores de erros são dados de entrada.

O resultado da avaliação dos erros dos dados compostos para todos os sete sistemas pesquisados, calculados segundo o exemplo mostrado na tabela anterior, está apresentado na Tabela 3.



**Tabela 3. Resultado da avaliação dos erros dos dados compostos, nos sete sistemas pesquisados**

*Erro em % (+/-), para limite de confiança de 95%*

Dado analisado		Sistema pesquisado						
Sigla	Nome	A	B	C	D	E	F	G
<b>PRODUÇÃO</b>								
VPRO	Volume de água produzido	5,5	8,7	4,3	3,2	4,3	25,0	28,7
VTIM	Volume de água tratada importado	-	-	-	-	4,3	-	-
VDIS	Volume de água disponibilizado para distribuição	5,5	8,7	4,3	3,2	3,1	25,0	28,7
<b>DISTRIBUIÇÃO</b>								
VTEX	Volume água tratada exportado	5,5	-	50,0	-	-	-	-
VCON	Volume água consumido	11,7	9,8	18,5	10,6	20,0	26,6	19,9
VCNF	Volume de consumo autorizado não faturado	47,1	29,8	-	14,7	-	-	-
VCAU	Volume de água de consumo autorizado	10,1	9,7	17,5	10,5	20,0	26,6	19,9
<b>FATURAMENTO</b>								
VFAT	Volume de água faturado	14,8	10,6	18,5	11,5	16,5	22,1	19,8

1. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.

2. Campos sem valores correspondem a informações não aplicáveis.

### ANÁLISE DA CREDIBILIDADE DOS INDICADORES DE NÍVEL BÁSICO

Uma vez calculados os erros dos dados que compõem os indicadores de perdas, passa-se à análise de credibilidade. Miranda (2002) adotou como base para discussão dois modelos pesquisados na literatura técnica: (i) modelo da matriz de graus de confiança (Bessey e Lambert, 1994 e Alegre *et al.*, 2000); e (ii) modelo dos fatores de confiabilidade (Silva *et al.*, 1998). O primeiro relaciona níveis de confiabilidade da base de dados (variando de A a D) com intervalos de exatidão dos dados operacionais considerados (são empregados 6 intervalos), formando uma matriz de graus de confiança com classificação alfa-numérica do tipo A1 (melhor situação) até D6 (pior situação).

O segundo modelo adota fatores de confiabilidade determinados a partir dos erros – tratados no modelo como desvios sistemáticos –, os quais baseiam-se nas condições operacionais e na qualidade do sistema em análise. Uma vez determinados, os desvios sistemáticos, transformados de percentuais em coeficientes, correspondem aos fatores de confiabilidade, que servem de base para a validação ou não dos dados. Assim, o modelo propõe as condições de validação para quatro diferentes faixas de variação dos fatores. As faixas e respectivas condições de validação podem ser vistas na Tabela 5.

**Tabela 5. Aplicação da escala de confiabilidade no gerenciamento dos indicadores (Silva *et al.*, 1998, modificado)**

Nível	Faixa de variação do fator de confiabilidade	Condições de validade
I	0,80 a 1,00	Plenamente confiável para fins de previsão de demanda, planejamento de oferta e comparação entre serviços.
II	0,60 a 0,79	Parcialmente confiável, com restrições sobre o uso para comparação entre serviços.
III	0,30 a 0,59	Aproximação de tendências, utilizável apenas para a fixação imediata de prioridades internas, sem segurança sobre comportamentos futuros e inválida para fins de comparação entre serviços.
IV	0 a 0,29	Não utilizável, é o mesmo que não tê-la.

A análise dos modelos evidencia que, embora os autores adotem o termo “confiabilidade”, esse não é empregado no conceito estatístico tradicional. Trata-se somente da verificação dos níveis de validação dos dados, determinando o grau de confiança dos mesmos. Em função disso, no presente trabalho optou-se por alterar o termo para “credibilidade”, adotado sem aprofundamento estatístico, tão somente com o objetivo de contribuir para responder à pergunta-título do presente trabalho, ou seja: *Indicadores de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento: Qual o Nível de Credibilidade dos Valores Obtidos?*





## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Na análise desenvolvida por Miranda (2002), o segundo modelo, que se utilizava dos fatores de credibilidade, foi considerado mais adequado à realidade dos sistemas brasileiros, para aplicação na análise dos indicadores de nível básico. Assim, com algumas modificações, esse será o modelo adotado no presente trabalho.

Na aplicação do modelo, os erros utilizados na determinação dos fatores de credibilidade foram aqueles calculados para os dados primários (ver item 4 e Tabela 1) e para os dados compostos (ver item 5 e Tabela 3). A partir dos valores desses erros determinou-se os fatores de credibilidade (nada mais do que a transformação de valores percentuais em coeficientes adimensionais). No desenvolvimento do estudo foram determinados tanto os fatores de credibilidade dos dados primários quanto os dos compostos, embora na Tabela 6 estejam apresentados apenas os resultados desses últimos, por serem eles usados nas fórmulas de cálculo dos indicadores de perdas de nível básico. Na tabela, além dos resultados dos fatores de credibilidade, está incluída também a classificação da validade dos dados, de acordo com as faixas propostas por Silva et al (1998).

O resultado, considerando os dados primários e compostos, apontou as seguintes classificações para os níveis de validade: 59 dados no nível I (60,2%); 27 no nível II (27,6%); 12 no nível III (12,2%); e nenhuma no nível IV. Observa-se que prevalece a maior incidência nos níveis “I” e “II”, com 87,8% das classificações, sendo a maior parte no nível I.

**Tabela 6. Resultado da avaliação do fator de credibilidade e da classificação de validade dos dados compostos, nos sete sistemas pesquisados**

Dado analisado		Quesito da análise	Sistema pesquisado						
Sigla	Nome		A	B	C	D	E	F	G
PRODUÇÃO									
VPRO	Volume de água produzido	Fator credibilidade	0,95	0,91	0,96	0,97	0,96	0,75	0,71
		Faixa de validade	I	I	I	I	I	II	II
VTIM	Volume de água tratada importado	Fator credibilidade	-	-	-	-	0,96	-	-
		Faixa de validade	-	-	-	-	I	-	-
VDIS	Volume de água disponibilizado p/ distribuiç.	Fator credibilidade	0,95	0,91	0,96	0,97	0,97	0,75	0,71
		Faixa de validade	I	I	I	I	I	II	II
DISTRIBUIÇÃO									
VTEX	Volume água tratada exportado	Fator credibilidade	0,95	-	0,50	-	-	-	-
		Faixa de validade	I	-	III	-	-	-	-
VCON	Volume água consumido	Fator credibilidade	0,88	0,90	0,82	0,89	0,80	0,73	0,80
		Faixa de validade	I	I	I	I	I	II	I
VCNF	Volume de consumo autorizado não faturado	Fator credibilidade	0,53	0,70	-	0,85	-	-	-
		Faixa de validade	III	II	-	I	-	-	-
VCAU	Volume de água de consumo autorizado	Fator credibilidade	0,90	0,90	0,83	0,90	0,80	0,73	0,80
		Faixa de validade	I	I	I	I	I	II	I
FATURAMENTO									
VFAT	Volume de água faturado total	Fator credibilidade	0,85	0,89	0,82	0,89	0,84	0,78	0,80
		Faixa de validade	I	I	I	I	I	II	I
QLAT	Quantidade de ligações ativas de água	Fator credibilidade	0,90	0,90	0,72	0,90	0,82	0,72	0,72
		Faixa de validade	I	I	II	I	I	II	II

1. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.

2. QLAT é um dado primário.

3. Campos sem valores correspondem a informações não aplicáveis.

Para a determinação dos fatores de credibilidade dos indicadores de perdas –calculados a partir de dois ou mais dados–, o modelo prevê o uso da *estatística dos extremos*, em que a menor credibilidade dentre os dados que compõem o cálculo prevalece como credibilidade dos indicadores. Para facilitar a identificação desses fatores, cujos valores são retirados da Tabela 6, anterior, convém reproduzir a fórmula de cálculo dos indicadores de nível básico, evidenciando os dados que influenciam a credibilidade de cada um, a saber:

- Indicador de águas não faturadas por volume:  $IANF/V = (VDIS - VFAT) * 100 / VDIS$
- Indicador de perdas totais de água:  $IPAG = (VDIS - VCAU) * 100 / VDIS$
- Indicador de perdas totais de água por ligação:  $IPAG/L = (VDIS - VCAU) / (QLAT * QDIA)$



O resultado final para os três indicadores de nível básico está apresentado na Tabela 7, na qual constam além dos fatores de credibilidade e da classificação de validade, também os valores dos indicadores de perdas.

**Tabela 7. Resultado da análise de credibilidade dos indicadores de nível básico, incluindo os valores dos indicadores, nos sete sistemas pesquisados.**

Indicador analisado		Quesito da Análise	Sistema pesquisado						
Sigla	Nome		A	B	C	D	E	F	G
IANF/V	Indicador de águas não faturadas por volume	Valor do indicador	46,4	14,5	27,5	24,5	37,5	52,4	35,6
		Fator credibilidade	0,85	0,89	0,82	0,89	0,84	0,75	0,71
		<b>Faixa de validade</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>II</b>
IPAG	Indicador de perdas totais de água	Valor do indicador	44,1	23,6	27,5	28,6	55,4	57,4	32,5
		Fator credibilidade	0,90	0,90	0,83	0,90	0,80	0,73	0,71
		<b>Faixa de validade</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>II</b>
IPAG/L	Indicador de perdas totais de água por ligação	Valor do indicador	922,0	363,4	323,8	415,2	817,0	653,5	228,5
		Fator credibilidade	0,90	0,90	0,72	0,89	0,82	0,72	0,71
		<b>Faixa de validade</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>II</b>

1. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.

A classificação, baseada na proposta de Silva *et al* (1998), indica 14 indicadores no nível I (66,7%) e 7 no nível II (33,3%), totalizando os 21 indicadores calculados. Não houve, portanto, indicadores enquadrados nos níveis III e IV. Observa-se que foi mantida a mesma tendência dos dados primários e compostos, em que houve maior concentração dos resultados no nível I.

Esses resultados, tanto dos dados quanto dos indicadores, a princípio contradizem o que se sabe de senso comum sobre a realidade dos sistemas brasileiros, nos quais os controles operacionais seguramente não se classificam de forma majoritária entre os do primeiro nível. Em vista dessa situação e considerando que a proposta de Silva *et al* (1998) apresenta condições de validação dos dados com intervalos de erros amplos para cada faixa de validação, favorecendo a maior concentração de resultados nos primeiros níveis, como de fato ocorreu, optou-se por rever a escala de credibilidade, adotando intervalos mais restritos. Além disso, ao invés de adotar condições de validação decidiu-se por empregar uma classificação qualitativa para cada faixa, variando de “indicador muito confiável” a “indicador sem confiabilidade”. Assim, a proposta do presente trabalho é mostrada na Tabela 8.

**Tabela 8. Proposta final de escala de credibilidade**

Nível	Faixa de variação do fator de credibilidade	Classificação
I	0,90 a 1,00	Muito confiável
II	0,75 a 0,89	Confiável
III	0,50 a 0,74	Pouco confiável
IV	0 a 0,49	Sem confiabilidade

A revisão dos resultados da análise, agora considerando a *proposta final de escala de credibilidade* do presente trabalho, pode ser vista na Tabela 9.



**Tabela 9. Resultado da análise de credibilidade dos indicadores de nível básico, considerando a proposta final do presente trabalho, incluindo os valores dos indicadores, nos sete sistemas pesquisados**

Indicador analisado		Quesito da Análise	Sistema pesquisado						
Sigla	Nome		A	B	C	D	E	F	G
IANF/V	Indicador de águas não faturadas por volume	Valor do indicador	46,4	14,5	27,5	24,5	37,5	52,4	35,6
		Fator credibilidade	0,85	0,89	0,82	0,89	0,84	0,75	0,71
		<b>Faixa de validade</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
IPAG	Indicador de perdas totais de água	Valor do indicador	44,1	23,6	27,5	28,6	55,4	57,4	32,5
		Fator credibilidade	0,90	0,90	0,83	0,90	0,80	0,73	0,71
		<b>Faixa de validade</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>III</b>
IPAG/L	Indicador de perdas totais de água por ligação	Valor do indicador	922,0	363,4	323,8	415,2	817,0	653,5	228,5
		Fator credibilidade	0,90	0,90	0,72	0,89	0,82	0,72	0,71
		<b>Faixa de validade</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>III</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>III</b>

1. A apresentação dos sistemas pesquisados obedece à ordem decrescente da quantidade de ligações ativas de água.

A nova classificação passa a ter 5 indicadores no nível I, muito confiável (23,8%), 10 no nível II, confiável (47,6%) e 6 no nível III, pouco confiável (28,6%), totalizando os 21 indicadores calculados. Nenhum resultado enquadrava-se como de nível IV, sem confiabilidade. Comparativamente ao resultado anterior, observa-se uma maior distribuição dos resultados nos três primeiros níveis, com redução na quantidade do nível I e aumento das quantidades dos níveis II e III. Vale lembrar que, no resultado anterior sequer havia indicador classificado no nível III. O atual resultado mostra-se mais condizente com a realidade dos sistemas pesquisados, sinalizando para o acerto da revisão proposta.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise de credibilidade é tão importante quanto a própria avaliação das perdas. Os estudos analisados para o desenvolvimento do presente trabalho, demonstram uma preocupação, comum entre os autores, com a credibilidade dos indicadores, sobretudo quando se trata da comparação de desempenho. Além disso, análises desta natureza contribuem, de forma efetiva, para as atividades de gerenciamento das perdas, na medida em que evidenciam os pontos falhos dos sistemas de medições.

Nesse sentido, a metodologia simplificada para avaliação dos erros prováveis dos dados, desenvolvida no presente trabalho, mostrou-se como uma boa solução para os objetivos propostos, embora necessite de um maior aprofundamento. Trabalhos futuros podem contribuir para a evolução da metodologia, destacando-se a realização de estudos experimentais em laboratório e em campo para a determinação dos erros de medição em macro e micromedidores, sobretudo aquela decorrente das condições de instalação dos equipamentos. Outra importante contribuição seria o desenvolvimento de estudos para a determinação da submedição de hidrômetros na vazão mínima, em diversas situações típicas.

De outro lado, os fatores de credibilidade devem possuir, como principal característica, a capacidade de qualificar e nivelar os indicadores de desempenho, mesmo em ambientes com distintos estágios tecnológicos. É, portanto, de fundamental importância a consolidação de um modelo para a análise de credibilidade dos indicadores. Nesse sentido, a proposta aqui desenvolvida representa um primeiro passo para essa consolidação, fortalecendo tal ferramenta, pouco ou quase nunca utilizada no setor saneamento. Uma recomendação interessante para o aprimoramento do modelo seria a realização de futuras pesquisas de dados para teste do mesmo, principalmente no que concerne à definição dos critérios e das faixas de validação dos indicadores.

Por fim, o que se deve destacar é a importância do adequado gerenciamento das perdas de água em sistemas de abastecimento brasileiros, como forma de reduzir os elevados indicadores existentes no país, que tanto oneram os custos dos serviços, elevando em consequência as tarifas pagas pelos usuários dos serviços.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J.M. e Parena, R. (2000). *Performance Indicators for Water Supply Services*. International Water Association - IWA, Londres, Inglaterra, 162p.
2. Bessey, S.G. e Lambert, A. (1994). *Managing Leakage - Report B - Reporting Comparative Leakage Performance*. Water Research Centre, Water Services Association, Water Companies Association, Londres, Inglaterra, 73p.
3. IPT (2002). *Norma Técnica: Proposta para procedimentos de instalação de medidores de vazão eletromagnéticos para usos em água*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, SP.
4. Miranda, E.C. (2002). *Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Indicadores de Perdas e Metodologias para Análise de Confiabilidade*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil, Brasília, DF, 201p.
5. Miranda, E.C. e Koide, S. (2003). “Indicadores de Perdas de Água: O Que, de Fato, Eles Indicam?”. *Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, meio digital, Joinville, SC*.
6. Paracampos, F.J.F. (2002). “Indicadores de perdas na Região Metropolitana de São Paulo - a aplicação da proposta da IWA.” *Anais do Encontro Técnico sobre Redução e Controle de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento de Água, meio digital, Salvador, BA*.
7. Sanchez, J.G. (2002). “Macromedição e controle de perdas.” *Encontro Técnico sobre Redução e Controle de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento de Água, comunicação oral, Salvador, BA*.
8. Silva, R. T., Conejo, J.G.L., Miranda, E.C. e Alves, R.F.F. (1998). *Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água - DTA A2*. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCD, Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana, Brasília, DF, 70p.



## **ANEXO 1**

### **FORMULÁRIOS ENVIADOS AOS OPERADORES DOS SERVIÇOS PARA A PESQUISA DE DADOS**







**FORMULÁRIO I.2 - CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE REFERENTES AO PARQUE DE HIDRÔMETROS**

Considerar como representativas do parque de hidrômetros as características dos medidores residenciais de 3 m<sup>3</sup>/h. Havendo incidência significativa de medidores de maior capacidade, preencher outro formulário representativo desses hidrômetros.

		(informar valor)		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
				(marcar com X)	
<b>1 Classe metrológica:</b>	tipo A (%):	<input type="text"/>			
	tipo B (%):	<input type="text"/>			
	tipo C (%):	<input type="text"/>			
	tipo D (%):	<input type="text"/>			
<b>2 Instalação:</b>	caixa de passeio (%):	(informar valor)			
	cavelete aéreo sem caixa de proteção (%):	<input type="text"/>			
	cavelete aéreo com caixa de proteção (%):	<input type="text"/>			
	outros (explicitar) (%):	<input type="text"/>			
<b>3 Idade média do parque de hidrômetros:</b>	funcionando a menos de 3 anos:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
	funcionando a mais de 3 e menos de 7 anos:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
	funcionando a mais de 7 anos:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>4 Aferições / manutenções:</b>	há aferição / manutenção preventiva:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
	qual periodicidade (em meses):	<input type="text"/>			
	manutenção corretiva feita em no máximo 1 dia após detectado algum problema - quantas ocorreram no último ano:	<input type="text"/>			
	manutenção corretiva feita em um prazo superior a 1 e inferior a 3 dias - quantas ocorreram no último ano:	<input type="text"/>			
	manutenção corretiva feita em um prazo superior a 3 dias - quantas ocorreram no último ano:	<input type="text"/>			
	mão-de-obra responsável pelas aferições / manutenções:				
	sem qualificação:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
	já recebeu algum tipo de treinamento:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
	parcialmente qualificada, com treinamentos esporádicos:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
	bem qualificada, com treinamentos frequentes:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>5 Leitura:</b>	leitura com coletor de dados e carregamento no sistema comercial informatizado:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
	leitura manual, com anotações em formulários padrões e digitação dos dados:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
	mão-de-obra responsável pela leitura:				
	sem qualificação:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
	já recebeu algum tipo de treinamento:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
	parcialmente qualificada, com treinamentos esporádicos:			<input type="text"/>	<input type="text"/>
	bem qualificada, com treinamentos frequentes:			<input type="text"/>	<input type="text"/>

OBSERVAÇÕES:



**FORMULÁRIO I.3 - CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE REFERENTES AOS VOLUMES ESTIMADOS**

**VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO NÃO MEDIDO**

Esclarecer os critérios adotados na estimativa do volume

**VOLUME DE ÁGUA OPERACIONAL**

Esclarecer os critérios adotados na estimativa do volume. Caso haja medição, utilizar o formulário de macromedidor.

**VOLUME DE ÁGUA RECUPERADO**

Esclarecer os critérios adotados na medição e/ou estimativa do volume.

**VOLUME DE ÁGUA ESPECIAL**

Esclarecer os critérios adotados na estimativa do volume. Caso haja medição, utilizar o formulário de macromedidor.

**VOLUME DE ÁGUA FATURADO**

Esclarecer os critérios adotados para estimativa: (i) do consumo mínimo de usuários medidos, e (ii) do consumo de usuários não medidos

OBSERVAÇÕES:



**FORMULÁRIO I.4 - CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE  
REFERENTES AOS DADOS OPERACIONAIS E CADASTRALS**

**SETORIZAÇÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO**

(marcar com X)

Em todo o sistema:

Em mais de 75% do sistema:

Em mais de 50% e menos de 75% do sistema:

Em mais de 25% e menos de 50% do sistema:

Em menos de 25% do sistema:


**CADASTRO TÉCNICO DA REDE**

(marcar com X)

Cadastro totalmente atualizado:

Cadastro com atualização a menos de 5 anos:

Cadastro com atualização a mais de 5 anos e menos de 10 anos:

Cadastro com atualização a mais de 10 anos:

Cadastro altimétrico da rede:

Utilização de GIS (rede mapeada e digitalizada):

GIS interligado em rede com a área comercial:

Não há cadastro:


Caso não haja cadastro ou o mesmo esteja desatualizado, esclarecer os critérios para estimativa da extensão de rede:

**CADASTRO TÉCNICO E COMERCIAL DAS LIGAÇÕES PREDIAIS**

(marcar com X)

Cadastro totalmente atualizado:

Cadastro com atualização a menos de 5 anos:

Cadastro com atualização a mais de 5 anos e menos de 10 anos:

Cadastro com atualização a mais de 10 anos:

Utilização de GIS:

GIS interligado em rede com a área operacional:

Não há cadastro:


Caso não haja cadastro técnico ou o mesmo esteja desatualizado, esclarecer os critérios para estimativa da extensão dos ramais:

OBSERVAÇÕES:



**FORMULÁRIO I.5 - CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE  
REFERENTES AO CONTROLE DA PRESSÃO DE OPERAÇÃO DA REDE**

1. Sistema de controle operacional automatizado a distância (telemetria): *(marcar com X)*
- abrangendo toda a rede:
  - abrangendo mais de 75% da rede:
  - abrangendo mais de 50% e menos de 75% da rede:
  - abrangendo mais de 25% e menos de 50% da rede:
  - abrangendo menos de 25% da rede:
  - não há telemetria:
2. Pontos permanentes de monitoramento:
- em toda a rede:
  - em setores importantes, representativos da rede:
  - em área piloto representativa da rede:
3. Medições de rotina representativas da rede, feitas por pitometria:
- feitas, no mínimo, a cada 6 meses:
  - feitas, no mínimo, a cada 1 ano:
  - feitas sem rotina fixa (medições esporádicas):

OBSERVAÇÕES:



**FORMULÁRIO I.6 - CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE  
REFERENTES AO CONTROLE DA QUANTIDADE DE REPAROS**

1. Centro de controle operacional (CCO):

- informatizado, interligado em rede e com atualização "on line":
- informatizado, interligado em rede e com atualização pelo operador do CCO:
- informatizado, porém com micros isolados:
- sem informatização (controle manual):

(marcar com X)


2. Atualização dos controles quando o sistema não é "on line" ou quando não há informatização:

- diária:
- semanal:
- mensal:
- outros (especificar: )


3. Como se dá a comunicação de vazamentos:

- via escritórios de atendimento ao público (%):
- via telefone 195 (%):
- via operários do próprio prestador de serviços (%):
- outros (especificar:  (%):


4. Tempo de correção dos vazamentos:

- tempo médio de correção de vazamentos menor ou igual a 12 horas (contado a partir do recebimento do comunicado):
- tempo médio de correção de vazamentos maior que 12 e menor que 24 horas (contado a partir do recebimento do comunicado):
- tempo médio de correção de vazamentos maior que 24 horas e menor que 48 horas (contado a partir do recebimento do comunicado):
- tempo médio de correção de vazamentos maior ou igual a 48 horas (contado a partir do recebimento do comunicado):


OBSERVAÇÕES:

--



## **ANEXO II**

### **PLANILHAS DE AVALIAÇÃO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS**

**NOTA: AS PLANILHAS ELETRÔNICAS, DESENVOLVIDAS EM *EXCEL*, ESTÃO REPRODUZIDAS COM OS ERROS PROVÁVEIS CALCULADOS PARA UM DOS SISTEMAS PESQUISADOS (SISTEMA D)**





## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

### MODELO PARA CÁLCULO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS PLANILHA II.1: VOLUME DE ÁGUA PRODUZIDO

Sistema: D  
Responsável: -

#### VOLUME DE ÁGUA PRODUZIDO MACROMEDIDO (VPRom)

Marcar os campos com x, exceto quando indicada alguma unidade.

Volume medido		Tecnologia do macromedidor		1. Erro típico na faixa de trabalho	
					Nota
Produzido	x	Ultrasônico integral (<= 0,5%)	x	<= 0,5%	9,85
Importado		Eletromagnético (<= 0,5%)		<= 2%	9,35
Exportado		Woltman (<= 2,0%)		<= 5%	8,35
		Venturi (<= 2,0%)		<= 10%	6,65
		Placa de orifício (<= 2,0%)			
		Pitot (<= 5,0%)			
		Turbina (<= 5,0%)			
		Ultrasônico clamp on (<= 5,0%)			
		Roda d'água (<= 10,0%)			
		Outros (<= 10,0%)			

2. Instalação do macromedidor		3. Tempo de uso do macromedidor	
	Nota		Nota
Medidor (primário e secundário)		Ver observação abaixo, à direita	
Protegido por caixa de proteção	x 10	Funcionando a menos de 5 anos	x 10
Ao ar livre, sem proteção	7,5	Funcionando a mais de 5 e menos de 10 anos	8
Montagens hidráulica, mecânica e elétrica adequadas, conforme especificações das normas técnicas e recomendações do fabricante	Sim 10	Funcionando a mais de 10 anos	6
	Não 5		

4. Calibração / manutenção do macromedidor			
	Nota	%	Nota
Preventiva:			
<= Anual	x 10	37%	10
> Anual	5	23%	7,5
Não há	0	40%	5

5. Leitura do macromedidor			
	Nota	Mão-de-obra utilizada:	Nota
Tipo:			
Remota	10	Bem qualificada	
Coletor de dados	8	(treinamentos permanentes)	x 10
Manual / informatizado	6	Parcialmente qualificada	8
Manual	4	(treinamentos esporádicos)	6
		Sem qualificação	

No.	Item Avaliado	Peso	Nota	
			Absol.	Pond.
1	Erro típico na faixa de trabalho	30%	9,9	3,0
2	Instalação	40%	10,0	4,0
2.1	Proteção	5%	10,0	0,5
2.2	Montagens	95%	10,0	9,5
3	Tempo de uso	10%	10,0	1,0
4	Calibração / manutenção	10%	9,2	0,9
4.1	Preventiva	30%	10,0	3,0
4.2	Corretiva	30%	7,4	2,2
4.3	Mão-de-obra utilizada	40%	10,0	4,0
5	Leitura	10%	8,0	0,8
5.1	Tipo	50%	6,0	3,0
5.2	Mão-de-obra utilizada	50%	10,0	5,0
Totalização			9,68	
Erro provável para limite de confiança de 95%			3,2%	

Observação sobre o tempo de uso: este quesito não se aplica ao Venturi e à Placa de orifício, cuja nota será sempre máxima.

#### VOLUME DE ÁGUA PRODUZIDO NÃO MACROMEDIDO (VPRnm)

1. Volumes estimados com base na extrapolação de medições pontuais efetuadas com equipamentos de medição portáteis.
2. Volumes estimados com base em indicadores de níveis instalados em calhas, canais ou vertedores.
3. Volumes estimados com base em curvas de operação e horas de funcionamento de bombas da captação ou da saída da ETA.
4. Não há volume produzido não macromedido

#### Totalização

Erro provável para limite de confiança de 95%

marcar c/ X	Nota
	9,5
	7,5
	5,0
x	0,0
Totalização	
0,00	
100,0%	

### MODELO PARA CÁLCULO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS PLANILHA II.2: VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO

Sistema: D  
Responsável: -

#### VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO MEDIDO (VCONm)

Marcar os campos com x, exceto quando indicada alguma unidade.

Volume medido		1. Classe metrológica do hidrômetro	
		%	Nota
Consumido	x	Classe C	0% 10
Outro		Classe B	80% 9
		Classe A	20% 8

2. Instalação do hidrômetro		3. Tempo de uso do hidrômetro	
	% Nota		% Nota
Tipo:			
Cavelete aéreo com caixa de proteção	75,0% 10	Funcionando a menos de 3 anos	0% 10
Cavelete aéreo sem caixa de proteção	24,5% 7,5	Funcionando a mais de 3 e menos de 5 anos	80% 9
Caixa de passeio	0,5% 5	Funcionando a mais de 5 e menos de 10 anos	20% 7
Montagem:		Funcionando a mais de 10 anos	0% 5
Montagem hidráulica adequada, conforme especificações das normas técnicas e recomendações do fabricante	98% Sim 10		
	2% Não 5		

4. Aferição / manutenção do hidrômetro			
	Nota	%	Nota
Preventiva e/ou preditiva:			
Há	x 10	Prazo <= 1 dia	0% 10
Não há	0	Prazo > 1 dia e <= 3 dias	100% 7,5
		Prazo > 3 dias	0% 5

5. Leitura do hidrômetro			
	% Nota	Mão-de-obra utilizada:	Nota
Tipo:			
Remota / centralizada	0% 10	Bem qualificada	
Coletor de dados	100% 9	(treinamentos permanentes)	x 10
Manual	0% 5	Parcialmente qualificada	8
		(treinamentos esporádicos)	6
		Sem qualificação	

No.	Item Avaliado	Peso	Nota	
			Absol.	Pond.
1	Classe metrológica	50%	8,8	4,4
2	Instalação	20%	9,6	1,9
2.1	Tipo	50%	9,4	4,7
2.2	Montagem	50%	9,9	5,0
3	Tempo de uso	10%	8,6	0,9
4	Calibração / manutenção	10%	9,0	0,9
4.1	Preventiva e/ou preditiva	20%	10,0	2,0
4.2	Corretiva	40%	7,5	3,0
4.3	Mão-de-obra utilizada	40%	10,0	4,0
5	Leitura	10%	8,5	0,9
5.1	Tipo	50%	9,0	4,5
5.2	Mão-de-obra utilizada	50%	8,0	4,0
Totalização			8,94	
Erro provável para limite de confiança de 95%			10,6%	

#### VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO NÃO MEDIDO (VCONnm)

1. Consumos estimados exclusivamente com base em padrões de consumo controlados, por tipo de consumidor, em áreas medidas análogas às não medidas, para uma amostra significativa estatisticamente, no mesmo sistema considerado.
2. Consumos estimados exclusivamente com base em padrões de consumo controlados, por tipo de consumidor, em áreas medidas análogas às não medidas, para uma amostra pouco significativa estatisticamente, no mesmo sistema considerado.
3. Consumos estimados com base em analogias simples com casos de outras localidades.
4. Não há volume consumido não medido

#### Totalização

Erro provável para limite de confiança de 95%

marcar c/ X	Nota
	9,5
x	7,5
	5,0
	0,0
Totalização	
7,50	
25,0%	



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

### MODELO PARA CÁLCULO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS PLANILHA II.3: CONSUMO AUTORIZADO NÃO FATURADO

Sistema: D  
Responsável: -

#### VOLUME DE ÁGUA PARA USOS OPERACIONAIS (VOPE)

1. Volumes estimados com base em registros controlados individualmente para cada ocorrência, com posterior consolidação.
2. Volumes estimados com base na rotina operacional.

##### Totalização

Erro provável para limite de confiança de 95%

%	Nota	Nota Ponderada
70%	9,5	6,7
30%	5,0	1,5
		8,15
		18,5%

#### VOLUME DE ÁGUA RECUPERADO (VREC)

1. Proporção do volume que é micromedido.
2. Proporção do volume que é estimado.

##### Totalização

Erro provável para limite de confiança de 95%

%	Nota	Nota Ponderada
70%	9,5	6,7
30%	5,0	1,5
		8,15
		18,5%

#### VOLUME DE ÁGUA PARA USOS ESPECIAIS (VESP)

1. Proporção do volume que é macromedido.
2. Proporção do volume que é estimado.

##### Totalização

Erro provável para limite de confiança de 95%

%	Nota	Nota Ponderada
70%	9,5	6,7
30%	5,0	1,5
		8,15
		18,5%

### MODELO PARA CÁLCULO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS PLANILHA II.4: VOLUME FATURADO

Sistema: D  
Responsável: -

#### VOLUME DE ÁGUA FATURADO REFERENTE A ECONOMIAS MEDIDAS (VFATm)

1. Volumes faturados efetivamente micromedidos (casos em que o hidrômetro encontra-se em funcionamento perfeito). A nota absoluta corresponde à nota do volume consumido micromedido.
2. Volumes faturados com base em uma estimativa do consumo médio (casos onde o hidrômetro encontra-se com defeito).
3. Volumes faturados com base em um consumo mínimo mensal de 10 m<sup>3</sup>, ou mais; ou com base em padrões de consumo, estabelecidos em função de atributos físicos, tais como área construída, quantidade de pontos de água, características da urbanização da área onde se situa a economia, etc. (da mesma forma que o anterior, também casos onde o hidrômetro encontra-se com defeito).
4. Volumes faturados submetidos a alguma regra comercial que reduz ou aumenta o volume efetivamente medido (casos de volumes muito superiores ou inferiores ao consumo médio faturado da economia).

##### Totalização

Erro provável para limite de confiança de 95%

%	Nota	Nota Ponderada
95,0%	8,9	8,5
3,0%	8,0	0,2
1,0%	6,0	0,1
1,0%	4,0	0,0
		8,83
		11,7%

#### VOLUME DE ÁGUA FATURADO REFERENTE A ECONOMIAS NÃO MEDIDAS (VFATnm)

1. Volumes estimados exclusivamente com base em padrões de consumo faturado controlados, por tipo de consumidor, em áreas medidas análogas às não medidas, para uma amostra significativa estatisticamente, no mesmo sistema considerado.
2. Volumes estimados exclusivamente com base em padrões de consumo faturado controlados, por tipo de consumidor, em áreas medidas análogas às não medidas, para uma amostra pouco significativa estatisticamente, no mesmo sistema considerado.
3. Volumes estimados com base em um consumo mínimo mensal de 10 m<sup>3</sup>, ou mais; ou com base em padrões de consumo, estabelecidos em função de atributos físicos, tais como área construída, quantidade de pontos de água, características da urbanização da área onde se situa a economia, etc.

##### Totalização

Erro provável para limite de confiança de 95%

(marcar com X)	Nota
	9,5
	8,0
x	6,0
	6,00
	40,0%

### MODELO PARA CÁLCULO DOS ERROS PROVÁVEIS DOS DADOS PRIMÁRIOS PLANILHA II.5: QUANTIDADE DE LIGAÇÕES

Sistema: D  
Responsável: -

#### QUANTIDADE DE LIGAÇÕES ATIVAS DE ÁGUA (QLAT)

##### 1. Cadastro Comercial:

- Cadastro atualizado
- Cadastro com atualização a menos de 5 anos
- Cadastro com atualização a mais de 5 anos e menos de 10 anos
- Cadastro com atualização a mais de 10 anos
- Não há cadastro

##### 2. Utilização de GIS:

- Em todo o sistema
- Em mais de 75% do sistema
- Em mais de 50% e menos de 75% do sistema
- Em mais de 25% e menos de 50% do sistema
- Em menos de 25% do sistema

##### 3. GIS interligado em rede com a área operacional:

- Em todo o sistema
- Em mais de 75% do sistema
- Em mais de 50% e menos de 75% do sistema
- Em mais de 25% e menos de 50% do sistema
- Em menos de 25% do sistema

##### Totalização

Erro provável para limite de confiança de 95%

(marcar com X)	Nota	Avaliação		
		Peso	Nota	
			Absol.	Pond.
		90%	10,0	9,0
x	10,0			
	8,0			
	6,0			
	4,0			
	0,0			
		5%	0,0	0,0
	10,0			
	8,0			
	6,0			
	4,0			
x	0,0			
		5%	0,0	0,0
	10,0			
	8,0			
	6,0			
	4,0			
x	0,0			
				9,00
				10,0%