

## **V-103 - INDICADORES DE PERDAS HÍDRICAS: INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DE ABASTECIMENTO**

**Edilincon Martins de Albuquerque<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Analista de Fiscalização e Regulação da Agência Reguladora ARES-PCJ.

**Daniele Bertaco Ramirez**

Bióloga e Engenheira Ambiental. Mestre em Saneamento e Ambiente (FEC/UNICAMP). Analista de Fiscalização e Regulação da ARES-PCJ.

**Carlos Roberto Belani Gravina**

Engenheiro Mecânico, Diretor Técnico-Operacional da Agência Reguladora ARES-PCJ

**Fernanda de Oliveira Santos**

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Estrutural pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Analista de Fiscalização e Regulação da Agência Reguladora ARES-PCJ

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Capiberibe, 100 Vila Dainese, Americana-SP Brasil - Tel: (19)3601-8962 - e-mail: [edilincon@arespcj.com.br](mailto:edilincon@arespcj.com.br)

### **RESUMO**

Tendo como referência indicadores operacionais relacionados a perdas de água e que constam na base de dados do Sistema de gestão SONAR, baseados na metodologia do SNIS, em resultados do ano de 2017, o presente estudo definiu critérios para o estabelecimento de parâmetros de avaliação do desempenho operacional de prestadores de serviços de saneamento no âmbito de atuação da agência. O estudo de caso apresentou diagnóstico dos indicadores e perdas de 40 prestadores municipais de serviços de saneamento no estado de São Paulo, notadamente as autarquias, departamentos e companhias de saneamento. Complementarmente, a partir do agrupamento dos prestadores de serviços em função de diversos critérios estabelecidos, o trabalho compara o desempenho operacional de ambos os grupos. Da base SNIS foram utilizados os seguintes indicadores operacionais e de acordo com os critérios estabelecidos obtiveram-se os valores médios: índice de hidrometração (IN009) — 99,55%, índice de macromedicação (IN011) — 96,35%, índice de perdas no faturamento (IN013) — 34,5%, índice de perdas na distribuição (IN049) — 42,2% — e índice de perda por ligação (IN051) — 387 L/ig.dia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicadores, perdas de água, regulação, abastecimento.

### **INTRODUÇÃO**

A gestão das perdas de água é um dos grandes desafios do saneamento brasileiro, que apresentou um índice nacional médio de perdas na distribuição de 38,1% no ano de 2016, com valores locais que variam desde a casa dos 13% até 80%, município a município (SNIS, 2018).

Um dos fatores que contribuem para o estresse hídrico persistente nas bacias hidrográficas brasileiras é o mau gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água, os quais perdem grandes volumes de água nas redes de distribuição para a população.

Para atender a demanda, as companhias de saneamento têm concentrado esforços na ampliação dos sistemas por meio da busca de novos mananciais superficiais e subterrâneos. Todavia, o prestador deve enfrentar esse problema de forma sistemática, priorizando ações de longo prazo, como por exemplo, o investimento em programas de gestão operacional de perdas de água e de manutenção dos sistemas, para obter resultados efetivos e técnica, econômica e ambientalmente sustentáveis.

Os indicadores de perdas constituem valiosa ferramenta para a avaliação sistemática da eficiência dos sistemas de abastecimento de água (ABES, 2013). Contudo, a ausência de uniformidade nos procedimentos para determinação destes indicadores, aliado ao pouco rigor no trato das informações, denigre a credibilidade do uso desta ferramenta, geralmente eficaz (LAMBERT et al., 2014).

Desta forma, a atuação das Agências Reguladoras em prol do Princípio da Eficiência na prestação dos serviços de saneamento, previsto no Art. 2º da Lei federal nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007), requer indicadores adequados para avaliação do desempenho na prestação de serviços e dos índices de perdas em sistemas de abastecimento de água, bem como estabelecimento de diretrizes e metas, respeitadas as escalas e características particulares de cada prestação dos serviços.

Mesmo em uma região de intenso desenvolvimento humano e econômico, também é possível observar uma grande variação dos índices de perdas na distribuição entre os 53 municípios associados à agência, com valores variando desde 19% até 64%, com média de 42%.

Com a finalidade de avaliar a situação atual dos índices de perdas nos sistemas de abastecimento de água nos municípios associados, a agência realizou um diagnóstico e avaliação crítica dos principais indicadores de perdas do SNIS, informados pelos prestadores por meio de sistema de gestão. Dessa forma, o presente estudo possibilitará definição dos indicadores e critérios mais adequados de agrupamento para a avaliação do desempenho na prestação de serviço e até mesmo subsidiar o estabelecimento de metas exigíveis pela Agência Reguladora no exercício de suas funções.

## **OBJETIVO**

Tendo como referência indicadores operacionais relacionados a perdas de água e que constam na base de dados do Sistema de Gestão da agência, seguindo metodologia do SNIS, o presente estudo teve como objetivo principal avaliar e discutir os resultados do diagnóstico dos indicadores de forma a subsidiar a avaliação do desempenho operacional no que tange às perdas hídricas. O trabalho também simulou alguns cenários de agrupamento dos prestadores para desenvolvimento de metodologia para definição de futuras metas para os indicadores de perdas visando promover eficiência na prestação de serviço de abastecimento de água.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

No presente estudo foi considerado um universo de 40 prestadores municipais de saneamento básico, incluindo prefeituras, autarquias e companhias, o que representa cerca de 82,5% da população - 5,4 milhões de habitantes - atendida no âmbito de atuação da agência no ano de 2017. Alguns prestadores não foram incluídos no universo utilizado por não apresentarem dados consolidados e consistentes para os indicadores de desempenho. A agência, mediante contratação de consultoria especializada, desenvolveu o Sistema de Gestão SONAR, através do qual os prestadores declaram mensalmente informações contábeis, operacionais e financeiras à agência para acompanhamento e elaboração dos estudos de reajuste e revisão tarifária.

As informações dos indicadores avaliados neste estudo foram obtidas na base de dados do Sistema Sonar, referentes ao ano de 2017, sendo posteriormente sistematizadas e tratadas estatisticamente. Após avaliação de cada indicador optou-se por excluir da amostra de dados alguns prestadores com observações atípicas, denominadas *outliers* para refinamento da amostragem. Exemplos de informações atípicas são dados mensais destoantes do valor médio, índices de perdas muito baixos (inferiores a 10%), indicando que os dados informados não correspondem à realidade.

Ressalta-se que as informações obtidas por meio do Sistema de Gestão SONAR são declaradas pelo próprio prestador, e a assimetria decorrente de metodologias utilizadas na obtenção das informações podem influenciar significativamente os indicadores e, portanto, prejudicar as comparações.

A tabela 1 apresenta a lista dos indicadores de perdas objeto deste estudo. Os indicadores selecionados fazem parte de um conjunto de 16 indicadores recomendados pela Câmara Técnica de Saneamento (CTSan) da Associação Brasileira de Agências de Regulação (Abar), apresentados na Nota Técnica nº 01/2014 (ABAR,

2014). Destaca-se que esses indicadores são parte de um projeto de auditoria e certificação de informações, o Projeto Acertar (ABAR, 2017) e, portanto, poderão ter sua confiabilidade certificada pelas agências reguladoras a medida que avance o projeto.

**Tabela 1 – Indicadores operacionais de perdas selecionados**

Código SNIS	Indicador	Unidade
IN009	Índice de hidromedtação	%
IN011	Índice de macromedtação	%
IN013	Índice de perdas de faturamento	%
IN049	Índice de perdas na distribuição	%
IN050	Índice bruto de perdas lineares	m³/dia.km
IN051	Índice de perdas por ligação	L/lig.dia

Os índices IN009 e IN011 refletem a eficiência de micromedtação e macromedtação, respectivamente. Segundo definições do SNIS, o índice IN009 apresenta a proporção entre quantidade de ligações ativas micromedidas e a quantidade de ligações ativas. O índice IN011 retrata a proporção do volume de água disponibilizado para distribuição que foi medido.

O indicador Índice de perdas de faturamento, IN013, corresponde à comparação entre o volume faturado e o volume de água disponibilizado para distribuição, sendo que esse corresponde ao volume produzido subtraído o volume de serviço, ou seja, volumes utilizados para atividades operacionais e especiais.

O indicador Índice de perdas na distribuição, IN049, expressa, em percentual, o impacto das perdas físicas e aparentes por meio da diferença entre o volume de água consumido e volume de água produzido em relação ao volume produzido. O indicador IN050 também expressa a mesma diferença do indicador anterior, porém, em relação a extensão da rede. Já o indicador IN051 expressa essa diferença entre volume de água consumido e produzido em relação número de ligações ativas.

É importante destacar que, segundo SNIS (2017), o volume de água consumido compreende o volume micromedido (AG008) e o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado. No entanto, entende-se que a consideração do volume estimado de água que não foi micromedido pode prejudicar a utilização dos indicadores como meio de comparação, considerando que diferentes métodos e critérios podem ser adotados por cada prestador para essa estimativa. Portanto, considerou-se para cálculo dos indicadores o volume micromedido (AG008) em substituição ao volume consumido (AG010).

Complementarmente, procedeu-se ao agrupamento dos prestadores de serviços em função da população urbana, densidade demográfica, PIB per capita, densidade de ligações (lig/km), tarifa média de água, volume produzido, consumo per capita, bem como suas análises baseadas na estatística descritiva, a fim de obter uma visualização dos melhores critérios e parâmetros para avaliação do desempenho operacional em relação aos índices de perdas.

Após definição dos fatores que indicavam maior correlação direta com os indicadores de perdas, esses foram utilizados para um agrupamento dos prestadores de serviços de forma que as diferenças desses fatores dentro dos grupos fossem as menores possíveis. Para isso os municípios foram agrupados por meio do software R, sendo o agrupamento feito por semelhança entre os municípios.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela Tabela 2 é possível observar o resultado dos indicadores de perdas dos prestadores municipais avaliados, com referência à média e desvio padrão, no ano base de 2017.

Vale ressaltar que o indicador SNIS IN050 — índice de perdas lineares — foi considerado neste estudo apenas a título de diagnóstico, uma vez que Alegre et al. (2004), sugerem que sua aplicação deva ser somente efetuada

para o caso de densidade de ramais inferior a 20 lig/km, valor aquém daqueles que configuram o universo de sistemas avaliados e do utilizado neste estudo — no caso, notadamente áreas urbanas.

É possível observar que há grande variabilidade nos valores dos índices de perdas dentre a amostragem estudada, conforme demonstrado pelo coeficiente de variação (CV) calculado na tabela 2. O Índice bruto de perdas lineares (IN050) foi o indicador que apresentou maior dispersão dos resultados, com valores variando de 3 a 80 m<sup>3</sup>/km.dia, média de 24,7% e coeficiente de variação de 71,5%;

**Tabela 2 – Medidas de dispersão dos indicadores operacionais de perdas**

Medidas	IN011 - Índice de macromedicação	IN09 - Índice de hidromedicação	IN049 - Índice de perdas na distribuição	IN050 - Índice bruto de perdas lineares	IN051 - Índice de perdas por ligação	IN013 - Índice de perdas no faturamento
	%	%	%	m <sup>3</sup> /km.dia	L/lig.dia	%
MÍNIMO	65,00%	94,63%	19,63%	3,02	131,58	7,49%
MÁXIMO	100,00%	100,23%	63,58%	79,63	826,91	55,42%
MEDIA	96,35%	99,55%	42,40%	24,68	387,08	34,49%
DESVIO PADRÃO	8,35%	1,19%	11,07%	17,65	167,35	11,47%
ERRO PADRÃO	1,50%	0,19%	1,75%	2,86	26,46	1,81%
CV	8,67%	1,20%	26,11%	71%	43%	33,25%

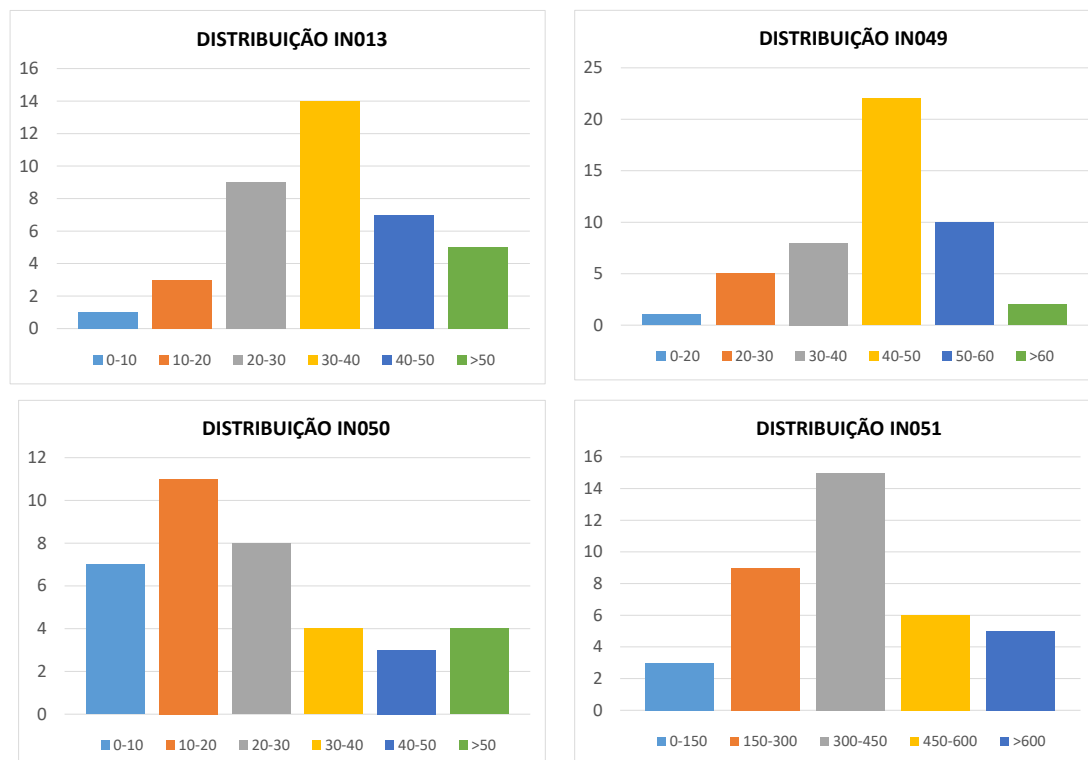
Conforme observado na figura 1, em relação ao indicador de perdas na distribuição (IN0149), 46% dos prestadores apresentaram resultados entre 40-50%, o que pode indicar más condições de grande parte dos prestadores estudados. Vale ressaltar que esse indicador relaciona o volume de água perdida com o volume total produzido ou disponibilizado ao sistema e tem como grande desvantagem a dificuldade de comparação de desempenho entre diferentes sistemas, pois é fortemente influenciado pela variação do consumo e deve ser evitado segundo a IWA (GUMIER; LUVIZOTTO JUNIOR, 2007; ALEGRE et al., 2006).

O Índice bruto de perdas lineares (IN050) apresentou melhor distribuição entre as faixas avaliadas, resultando em maior dispersão, estando 30% dos prestadores com valores entre 10 e 20 m<sup>3</sup>/km.dia. Conforme Alegre et al. (2004), esse indicador é recomendado apenas para sistemas que possuem um número inferior a 20lig/km, apresentando valores altos quando há uma ocupação urbana muito elevada.

Dentre os municípios considerados, 39% apresentaram Índice de perdas por ligação (IN051) entre 300 e 400 L/lig.dia. Este indicador, mais preciso que os percentuais, é recomendado quando a densidade de ligações for superior a 20 lig/km de rede, que é o caso dos sistemas avaliados. Na presente amostragem este indicador apresentou grande desvio padrão e CV, indicando maior dispersão em relação à média quando comparado aos indicadores IN013 e IN049.

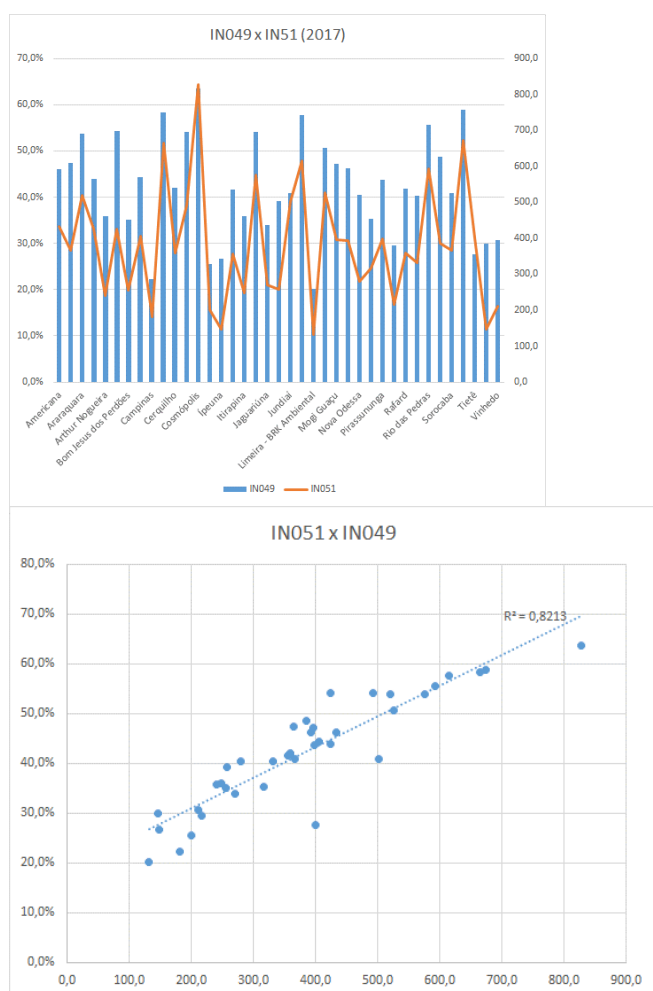
Os municípios estudados apresentaram Índice de perdas no faturamento (IN013) médio de 34,5%, sendo que 36% destes apresentaram valores entre 30 e 40%. Segundo a IWA, o indicador de perdas no faturamento (IN013) deve ser utilizado apenas para uma avaliação financeira preliminar do problema de perdas e não deve ser empregado como indicador operacional.

**Figura 1 – Distribuição de frequência dos indicadores operacionais de perdas IN013, IN049, IN050 e IN051.**



Dentre os indicadores para nível de perdas, podem ser indicados o IN049 e IN051. O IN049 é um indicador percentual e um dos mais difundidos. Porém, apresenta algumas desvantagens quando utilizado como método de comparação entre sistemas diferentes, considerando que alguns fatores como grandes consumidores ou elevados consumos per capita podem reduzir o valor percentual do nível de perdas e mascarar os valores reais. Portanto, conforme abordado na literatura, sugere-se o indicador IN051 expresso em litros por ligação por dia, que seria mais adequado para comparações entre sistemas de abastecimento.

Para a amostra considerada nesse estudo foi realizada a comparação entre os dois indicadores e percebe-se, em geral, o mesmo comportamento para ambos os indicadores. No entanto, observando a relação individual entre os indicadores por meio da Figura 2, podem ser observadas distorções no comportamento para alguns prestadores, que são representadas pelos pontos mais distantes da linha de tendência do gráfico de dispersão. Esses pontos indicam que para prestadores que apresentam índices de perdas semelhantes representados pelo indicador IN051 (considerado mais adequado para comparações) os valores percentuais de perdas do indicador IN049 apresentam distorções importantes.



**Figura 2 – Comparação do comportamento dos indicadores IN049 e IN051**

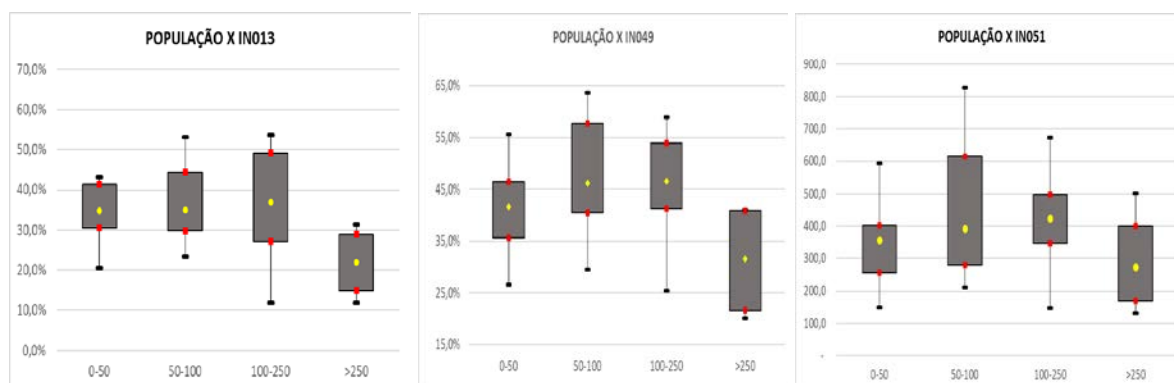
Para um melhor entendimento e criticidade dos resultados obtidos, nesta seção os prestadores de serviço foram estratificados segundo vários critérios e os valores dos indicadores apresentados com suas respectivas medidas de tendência (mediana, mínimo e máximo) e medidas de dispersão (percentis). A medida que mais representa os indicadores avaliados é a Mediana tendo em vista a grande variabilidade encontrada.

Foram simulados cenários com estratificação segundo os seguintes critérios: população urbana total (hab.); densidade de ligações (lig/km); declividade média (%); consumo por capita (L/hab.dia); As principais hipóteses explicativas para a influência, positiva ou negativa, do comportamento crescentes desses fatores nos indicadores de perdas estão apresentadas no Quadro 1.

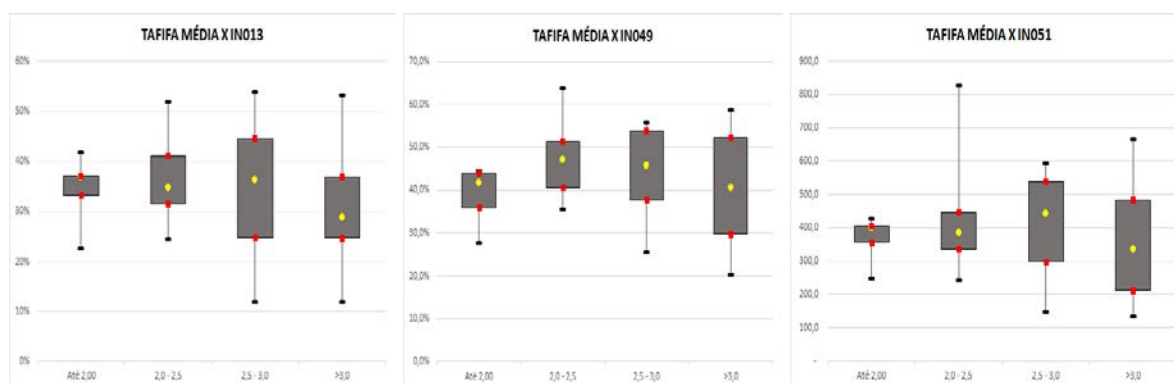
**Quadro 1. Hipóteses explicativas para comportamento dos indicadores de perdas**

População	Municípios com maiores populações contam com maiores extensões de rede e número de ligações, dificultando o monitoramento de vazamentos.	+
Densidade de ligações	A quantidade de ligações por comprimento de rede está relacionada ao adensamento das cidades, e considerando grande incidência de vazamentos e de fraudes nos ramais prediais, maior adensamento de ligações relaciona-se a maiores índices de perdas.	+
Consumo per capita	A quantidade de vazamentos próximos às ligações prediais representa uma grande parcela das perdas físicas, independente do volume consumido, portanto, entende-se que quanto maior o consumo per capita menor a proporção de perdas.	-
Declividade	Maiores declividades estão associadas a maior amplitude topográfica, indicando possibilidade de maior número de estações elevatórias e indícios de maiores pressões nas redes, o que favorece aumento de perdas físicas.	+

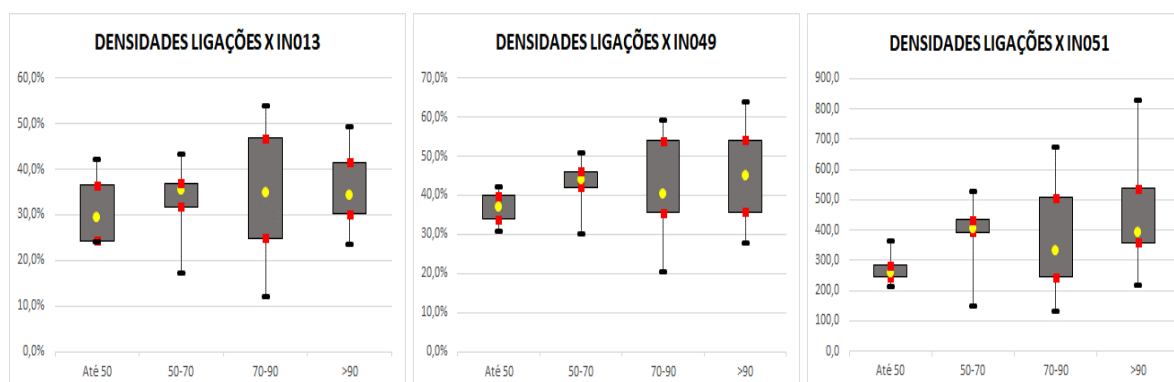
As Figuras 3, 4, 5, 6 e 7 mostram os gráficos Boxplot dos indicadores de perdas no faturamento (IN013), índice de perdas na distribuição (IN0149) e Índice de perdas por ligação (IN051) por estratificação em função da população, tarifa média, densidade de ligações, consumo per capita e declividade.



**Figura 3 – Boxplot com faixa de valores analisados para o IN013, IN049 e IN051 por classes de população**

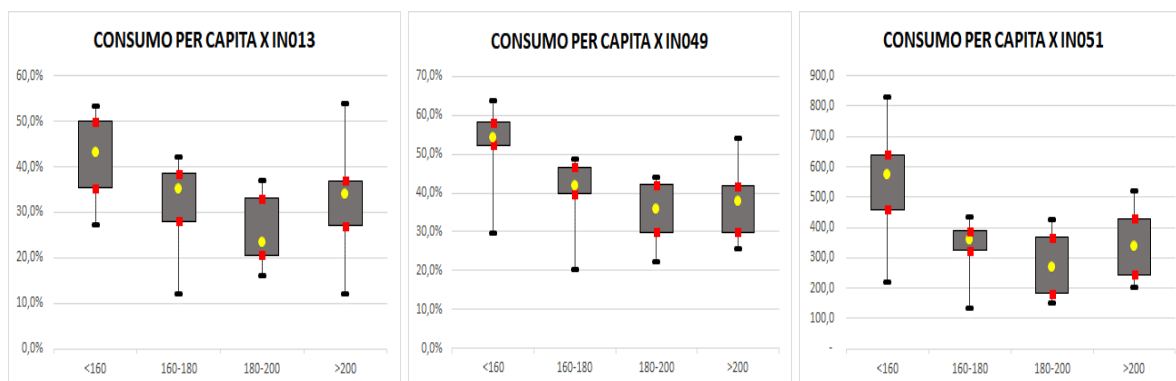


**Figura 4 – Boxplot com faixa de valores analisados para o IN013, IN049 e IN051 por classes de tarifa média**

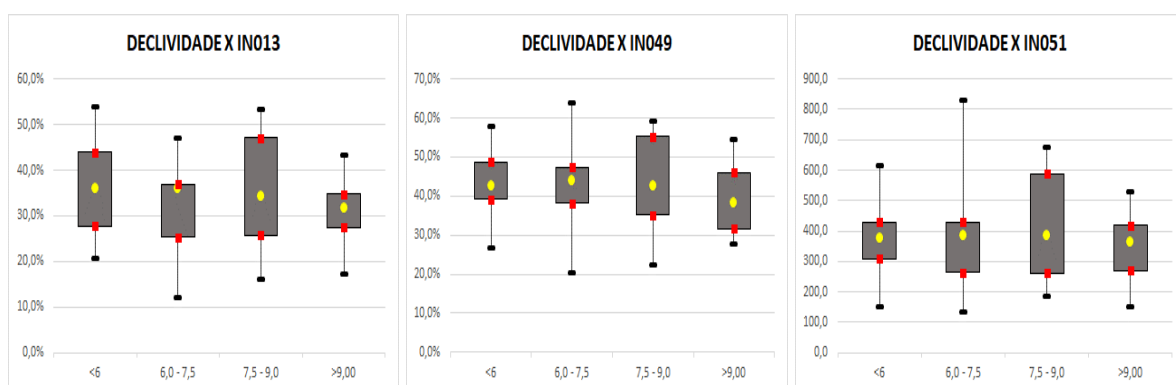


**Figura 5 – Boxplot com faixa de valores analisados para o IN013, IN049 e IN051 por Densidade de ligações (lig/km)**





**Figura 6 – Boxplot com faixa de valores analisados para o IN013, IN049 e IN051 por Consumo Per Capita (L/hab/dia)**



**Figura 7 – Boxplot com faixa de valores analisados para o IN013, IN049 e IN051 por Declividade (%)**

Conforme Figura 3, a distribuição dos indicadores de perdas (IN013, IN049 e IN051) segundo o critério de estratificação pela população, apresentou correlação crescente até o grupo de 100-250 mil habitantes, ou seja, quanto maior a população, maiores são os índices de perdas desses grupos. Para o grupo de prestadores com população maior que 250mil habitantes, essa relação mostrou-se decrescente, ou seja, os indicadores tiveram uma tendência decrescente em relação aos outros grupos. Esse resultado pode estar relacionado com o fato de os municípios de menor porte ainda possuírem infraestrutura deficitária e recursos ainda limitados, enquanto que os municípios de maior porte já possuem infraestrutura mais eficiente uma vez que estes já vem investindo no controle de perdas a mais tempo.

Quando o critério de estratificação é a tarifa média de água, cujo resultado está demonstrado na Figura 4, o a distribuição dos indicadores de perdas não indica uma correlação bem definida com os indicadores de perdas, principalmente para os grupos de prestadores com tarifas inferiores a R\$ 2,00/m³. Para esse grupo cabe a observação importante de que alguns apresentam déficit tarifária e contam com outras fontes de receitas, oriundas da administração direta. Além disso, destaca-se que tarifas médias altas não são sinônimos de investimentos em redução de perdas, mas podem ser consequência de outros fatores, como alto gasto com pessoal, ineficiência energética, entre outros. Apesar disso, os grupos de prestadores com tarifa superior a R\$ 2,00 apresentaram uma tendência decrescente de perdas com o aumento da tarifa. Portanto esse fator foi excluído da próxima etapa de agrupamento, considerando a variabilidade a que está sujeito, relacionada a natureza jurídica dos prestadores de serviço e a alocação dos recursos financeiros para controle e redução de perdas.

A estratificação pelo critério de densidade de ligações (lig/km) resultou em tendência crescente em relação aos índices de perdas, conforme observado na Figura 5. À medida que os grupos de prestadores apresentam maiores densidades de ligação seus indicadores de perdas também foram maiores.



A estratificação pelo critério de consumo per capita, apresentada na Figura 6, indicou uma tendência decrescente dos indicadores de perdas para maiores consumos per capita, com exceção dos municípios com densidade de ligações superior a 200 lig/hab/dia, que apresentou indicadores próximos ou até menores que o grupo de municípios com consumo entre 180 e 200 lig/hab/dia.

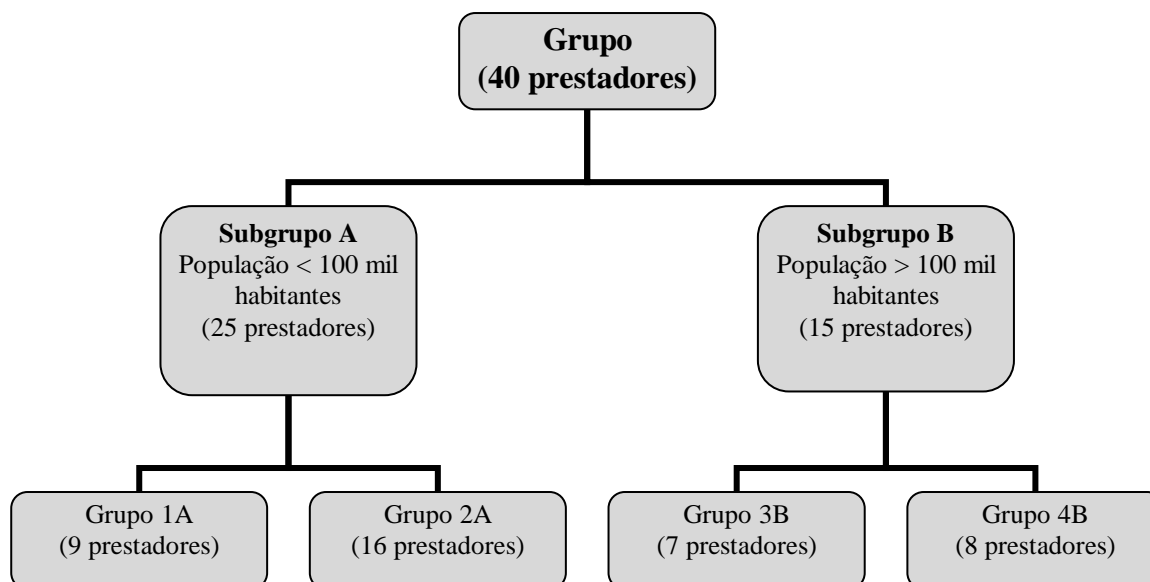
Em relação a estratificação por declividade, não foi observado uma correlação nítida dessa variável em relação aos indicadores de perdas, como destacado na Figura 7.

Para visualizar e compreender as influências dos outros fatores analisados que não apresentaram correlações bem definidas com os indicadores de perdas, foi proposto um agrupamento que considera estes fatores simultaneamente na análise, e por meio de algum critério de similaridade os prestadores foram agrupados de forma que as diferenças entre eles do mesmo grupo fossem as menores possíveis. Esse agrupamento foi realizado utilizando o software livre R (R Development Core Team, 2011) e o método de Ward, que adota a minimização da soma de quadrados das diferenças como critério de agrupamento, conforme explicado por Sharma (1996). O resultado do agrupamento pode ser apresentado em forma de dendogramas, que proporcionam uma interpretação simples e intuitiva dos resultados.

A partir das conclusões dos estudos preliminares, em que os valores dos indicadores foram apresentados em função dessas variáveis consideradas mais importantes para explicação dos índices de perdas, definiu-se como primeiro critério de agrupamento a população, já que essa variável apresentou associação significativa indicando uma tendência mais nítida de redução dos índices de perdas com o aumento da população.

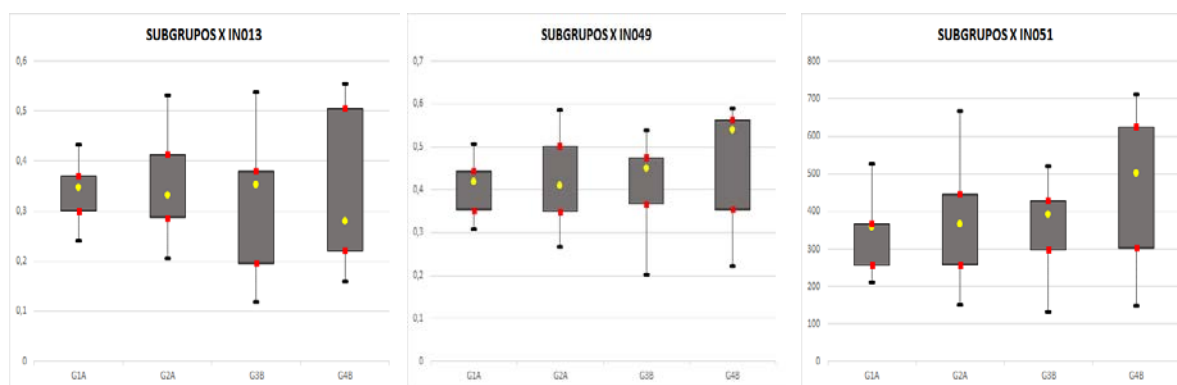
Foram, portanto, definidos dois subgrupos de municípios (A e B) com o critério de corte da população definido a partir da classificação do IPEA (2009), sendo o grupo A composto por municípios de pequeno porte, ou seja, população inferior a 100 mil habitantes, e o grupo B composto por municípios de médio e grande porte.

A partir disso, os subgrupos A e B foram divididos em mais dois subgrupos cada por meio do critério de similaridade citado anteriormente. A divisão em subgrupos está esquematizada na Figura 8.



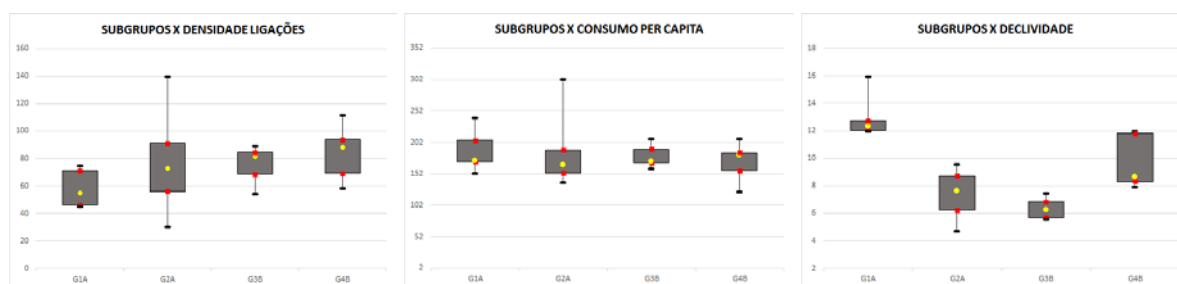
**Figura 8 – Agrupamento dos municípios segundo metodologia apresentada**

Para visualizar essas informações, na Figura 9, são apresentados os valores dos indicadores com suas respectivas medidas de tendência e dispersão para os grupos G1A, G2A, G3B, G4B que foram definidos conforme as variáveis explicadas anteriormente: população, densidade de ligações, declividade e consumo per capita.



**Figura 9 – Boxplot com faixa de valores analisados para o IN013, IN049 e IN051 por subgrupos**

Observa-se, portanto, uma tendência crescente de índices de perdas de G1 para G4. A fim de analisar a distribuição de cada uma dessas variáveis analisadas dentro dos subgrupos, apresenta-se os gráficos da Figura 10, com as medidas de tendência e dispersão desses fatores.



**Figura 10 – Boxplot com faixa de valores analisados para os subgrupos por: Densidade de Ligações, Consumo Per Capita e Declividade.**

Com os gráficos, observou-se uma tendência inversa do que era esperado para a declividade, ou seja, grupos de prestadores com índices de perdas maiores não estão associados aos subgrupos com maiores declividades. Em relação ao consumo per capita também não se observa uma correlação nítida entre os indicadores de perdas crescente obtido para os subgrupos na Figura 9, que deveria ser inversa (decrecente) dos subgrupos G1A para G4B. Em relação a densidade de ligações, identificou-se uma tendência mais nítida de crescimento do índice de perdas com a maior densidade de ligações.

Portanto, a análise indicou que a variável mais relevante no agrupamento seja a densidade de ligações, sendo que a declividade e o consumo per capita não exercem tanta influência no agrupamento.

## CONCLUSÕES

A maior parte dos municípios possuem índice de hidromedicação e macromedicação acima de 95%. Os índices de perdas dos municípios estudados são, de forma geral, elevados quando comparados a níveis mundiais. Os valores médios encontrados no diagnóstico foram de: 34,5% para o índice de perdas no faturamento (IN013); de 42,4% para o índice de perdas na distribuição (IN049); e de 387 L/lig.dia para índice de perda por ligação (IN051).

Por meio do agrupamento, os resultados indicaram tendência crescente dos índices de perdas IN49 e IN051, especialmente para os grupos G3B e G4B, municípios com médio e grande porte. Assim, municípios de maior porte e com declividades elevadas (G4B) apresentaram maiores índices de perdas.

Dentre os fatores analisados, os resultados indicaram que a variável mais relevante no agrupamento foi a densidade de ligações, sendo que a declividade média e o consumo per capita apresentaram menor influência.

O estudo apresentou análises iniciais utilizando variáveis que podem ser utilizadas para o agrupamento de prestadores em grupos mais homogêneos possíveis de forma que possam ser estabelecidas metas comuns para cada subgrupo de prestadores. Portanto, a partir da metodologia aplicada o estudo pode ser ampliado permitindo definição de faixas ideais dos índices de perdas para cada grupo de prestadores de serviços.

Na análise dos indicadores constatou-se grande variabilidade e dispersão dos dados, especialmente em relação ao IN051 – índice de perdas por ligação. Este fato corrobora com a necessidade de auditoria dos dados informados pelos prestadores para uma maior confiabilidade e consistência no agrupamento para estabelecimento de metas de perdas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (2013). Perdas em sistemas de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 45 p.
2. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). Leakage Management Technologies. Awwa Research Foundation (AwwaRF) and the U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 380p. Denver, 2007.
3. BRASIL (2007). Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília.
4. BRASIL (2018). Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016. Brasília.
5. LAMBERT, A; MENDAZA, F.; TVEIT, O. A. (2014) 14 Years Experience of using IWA Best Practice Water Balance and Water Loss Performance Indicators in Europe. In: Water Loss Conference. Anais...Viena-Austria.
6. GUMIER, Carlos C.; LUVIZOTTO JÚNIOR, Edevar. Aplicação de modelo de simulação-otimização na gestão de perda de água em sistemas de abastecimento. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 12, nº 1, jan/mar 2007.
7. R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2019. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 2019.
8. SHARMA, S. Applied multivariate techniques. New York: John Wiley & Sons, 1996.