

## **XI-071 - RELAÇÃO ENTRE INTERMITÊNCIA NO ABASTECIMENTO E O NÍVEL DE PERDAS DE ÁGUA NO BRASIL**

**André Braga Galvão Silveira<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Saúde Pública pela Fundação Oswaldo Cruz. Analista de infraestrutura e Coordenador de Planejamento e Regulação no Ministério do Desenvolvimento Regional

**Sérgio Brasil Abreu<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Doutor em Engenharia Hidráulica e Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP). Analista de infraestrutura e Assistente da Coordenação de Planejamento no Ministério do Desenvolvimento Regional

**Gabriel Campos Vieira<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Pesquisador no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** SAS, Quadra 01, Lote 01/06, Bloco H, 9º andar, sala 905, Edifício Telemundi II – Brasília – DF – CEP: 70.070-010 – Brasil – Tel: (61) 2108-1527 – e-mail: [andre.silveira@cidadades.gov.br](mailto:andre.silveira@cidadades.gov.br)

### **RESUMO**

Este trabalho analisa o comportamento das perdas de água *vis à vis* a intermitência dos sistemas de abastecimento de água, utilizando dados do SNIS desagregados em nível municipal. As perdas dos municípios sem intermitência se comportam de maneira distinta daquelas dos municípios com sistemas intermitentes. Os segundos possuem índice de perdas três vezes e meia maior que os primeiros. Em relação à média do país, as perdas dos municípios com sistemas intermitentes são 37% maiores, ao passo que as perdas dos municípios sem intermitência são 61% menores que a média nacional. Os índices de perdas dos municípios com intermitência maior que 6 anos comportam-se de forma similar à média do país. Ainda assim, os municípios sem intermitência por ao menos 6 anos possuem índices de perdas 30% inferiores à média nacional. Quando verificada a relação entre a intermitência e o índice de perdas de determinado município para qualquer ano, chegou-se à conclusão que o nível de intermitência aumenta os valores de perdas nos quartis acima da mediana. Em suma, quanto mais longo é o regime de operação sem intermitência no decorrer dos anos, melhor é o desempenho do município em relação às perdas de água. Além disso, intermitências prolongadas aumentam intensamente os índices de perdas dos municípios.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas de Abastecimento de Água, Intermitência, Perdas de Água.

### **INTRODUÇÃO**

Sistemas de abastecimento intermitentes ofertam água para um bilhão de pessoas em nível global e estão associados a uma série de dificuldades operacionais, especialmente em relação a aspectos de qualidade da água e do aumento das perdas de água (TAYLOR *et al.*, 2018). Os problemas de qualidade estão vinculados à formação de biofilmes, ao ressurgimento microbiano e à intrusão de águas externas no interior das tubulações.

Os problemas relacionados às perdas de água, objeto deste trabalho, são decorrentes das flutuações de pressão no sistema – e consequentes transientes hidráulicos –; da antecipação de demanda por parte dos usuários, que tendem a reservar água para os períodos de intermitência do sistema; da fadiga acelerada da infraestrutura, inclusive hidrômetros; entre outros (TAYLOR *et al.*, 2018; KUMPEL & NELSON, 2015; AGATHOKLEOUS & CHRISTODOULOU, 2016).

De maneira geral, o problema da intermitência e sua vinculação com as perdas de água, apesar do seu alcance, não é um tema sobre o qual a academia tem se debruçado detalhadamente. De fato, mesmo em nível internacional, são raras as discussões sobre o tema. No Brasil, trabalhos técnicos focados neste objeto são quase inexistentes. Assim, este trabalho verificará o comportamento das perdas de água *vis à vis* a

intermitência dos sistemas de abastecimento de água no Brasil, verificando como uma variável interfere na outra.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir o objetivo acima, utilizaram-se os dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), no período de 2007-2016. Para categorizar os municípios em “Municípios sem Intermitência” e “Municípios com Sistemas Intermitentes”, utilizou-se a informação QD<sub>021</sub> - Quantidade de Interrupções Sistemáticas. Segundo o glossário do SNIS, esta informação se refere à (SNIS, 2018a, p.43):

Quantidade de vezes, no ano, inclusive repetições, em que ocorreram interrupções sistemáticas no sistema de distribuição de água, provocando intermitências prolongadas no abastecimento. No caso de município atendido por mais de um sistema, as informações dos diversos sistemas devem ser somadas. Devem ser somadas as interrupções que, individualmente, tiveram duração igual ou superior a seis horas.

O glossário do SNIS tem um espaço para informações complementares que fazem referência a algumas informações específicas. Assim, de acordo com o glossário, entende-se como intermitência prolongada (SNIS, 2018a, p.61):

Supressão no fornecimento de água da rede de distribuição do município por problemas de produção, de pressão na rede, de subdimensionamento das canalizações, de manobra do sistema, dentre outros, que provoca racionamento ou rodízio, decorrente de interrupção sistemática, normalmente prolongada. Para efeito do SNIS consideram-se intermitência prolongada somente às interrupções que tenham acarretado 6 horas ou mais de interrupção no fornecimento de água.

As categorias possuem as seguintes características:

**Tabela 1 – Descrição das categorias “Municípios Sem Intermitência” e “Municípios com Sistemas Intermitentes”**

<b>Municípios Sem Intermitência</b>	<b>Municípios com Sistemas Intermitentes</b>
Informaram que não houve, em nenhum ano, intermitência nos sistemas (QD <sub>021</sub> =0)	Informaram alguma intermitência em todos os anos (QD <sub>021</sub> >0)
n=588	n=82

Estas categorias se referem a municípios com sistemas intermitentes em todos os anos ou sem intermitência em nenhum ano da série (2007-2016). Municípios para os quais não haja informações para quaisquer dos anos da série, não foram categorizados neste momento.

Para fins de comparação do nível de perdas entre as duas categorias acima, utilizou-se o índice de perdas por ligação (IN<sub>051</sub>) médio, dado em litros/ligação.dia. Este indicador de perdas totais (não discrimina perdas reais de aparentes) é calculado da seguinte maneira pelo SNIS (2018b, p.15):

**Equação 1 – Fórmula de cálculo do Índice de Perdas Por Ligação (IN<sub>051</sub>).**

$$IN_{051} = \frac{AG_{006} + AG_{018} - AG_{010} - AG_{024}}{AG_{002}} \times \frac{1.000.000}{365}$$

Onde:

AG<sub>002</sub>: Quantidade de ligações ativas de água (ligações);

AG<sub>006</sub>: Volume de água produzido (1.000 m<sup>3</sup>/ano);

AG<sub>010</sub>: Volume de água consumido (1.000 m<sup>3</sup>/ano);

AG<sub>018</sub>: Volume de água tratada importado (1.000 m<sup>3</sup>/ano);

AG<sub>024</sub>: Volume de serviço (1.000 m<sup>3</sup>/ano).

É importante mencionar que, para sistemas intermitentes, a *International Water Association* (IWA) recomenda que os indicadores de perdas reais sejam normalizados em função do Tempo Médio de Abastecimento (TMA), para que a comparação entre sistemas seja mais adequada (cf. ALEGRE *et al.*, 2017). Dessa forma, as perdas

dos sistemas intermitentes calculadas pela metodologia da IWA são ainda maiores que as apresentadas considerando a metodologia do SNIS. Isso se torna ainda mais significativo ao levar-se em conta que mais de 70% das perdas totais no Brasil correspondem a perdas reais (LIMA, SILVEIRA, 2018).

Após a comparação do  $IN_{051}$  entre as categorias acima, realizou-se nova categorização, desta vez dividindo-se os municípios que tiveram aos menos 6 anos de intermitência dos municípios que por ao menos 6 anos não reportaram nenhuma intermitência.

**Tabela 2 - Descrição das categorias “Municípios Sem Intermitência por ao Menos 6 Anos” e “Municípios Com ao Menos 6 anos de Intermitência”**

<b>Municípios Sem Intermitência por ao Menos 6 Anos</b>	<b>Municípios Com ao Menos 6 anos de Intermitência</b>
Informaram que, em ao menos 6 (seis) anos, não houve intermitência nos sistemas ( $QD_{021}=0$ )	Informaram alguma intermitência, em ao menos 6 (seis) anos ( $QD_{021}>0$ )
n=1.231	n=223

Esta nova categorização é importante para verificar se intermitências menos severas também impactam o índice de perdas nos municípios.

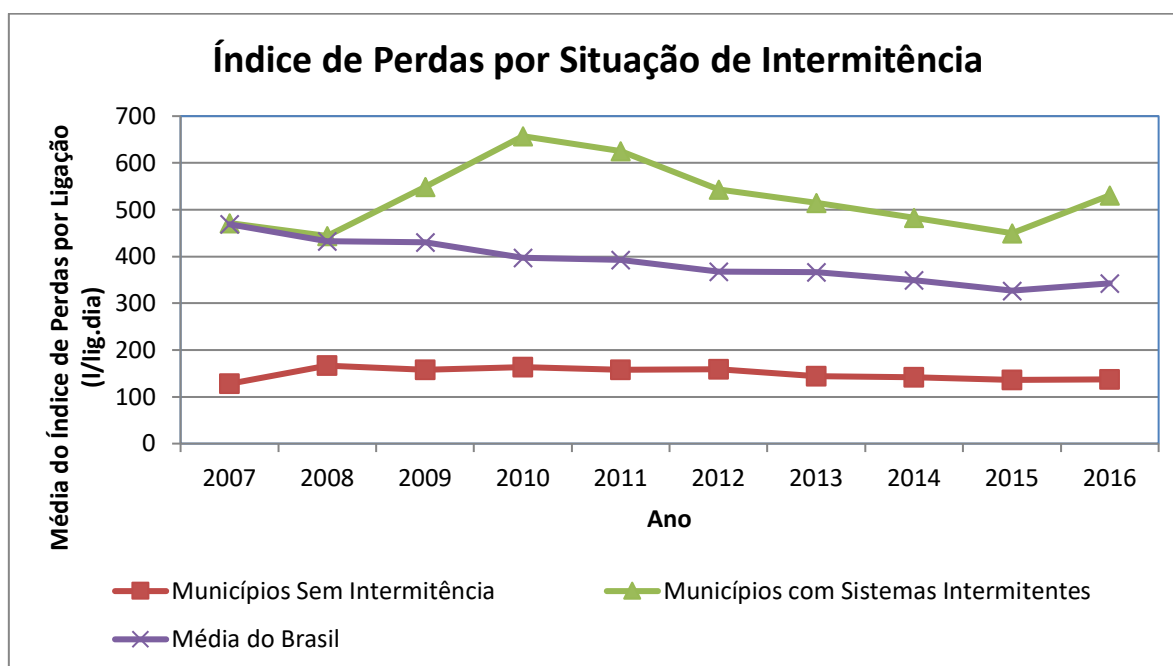
Ao final, verificou-se se a quantidade de interrupções sistemáticas em qualquer ano da série impactava no índice de perdas do mesmo ano. Para isso, categorizou-se a intermitência em qualquer ano como “Inexistente” ( $QD_{021}=0$ ), “Baixo” ( $QD_{021}>0$ , até o quartil 1), “Alto” ( $QD_{021}$  entre o quartil 1 e a mediana), “Médio” ( $QD_{021}$  entre a mediana e o quartil 3) e “Severo” ( $QD_{021}$  entre o quartil 3 e o valor máximo). Para cada categoria, analisou-se a média e construiu-se *boxplots* dos valores de perdas (sem *outliers* no gráfico), visando verificar diferenças e similaridades entre as categorias.

**Tabela 3 – Categorias de Intermitência considerando os quartis do  $QD_{021}$**

<b>Faixa de Intermitência</b>	<b>Nível de Intermitência</b>	<b>n</b>
$QD_{021}=0$	Inexistente	26.008
$0 < QD_{021} \leq 3$	Baixo	2.165
$3 < QD_{021} \leq 12$	Médio	2.048
$12 < QD_{021} \leq 75$	Alto	2.085
$QD_{021} > 75$	Severo	2.099

## RESULTADOS

A comparação entre Municípios Sem Intermitência e Municípios com Sistemas Intermitentes está exibida na Figura 1.



**Figura 1 – Média do índice de perdas por ligação (municípios sem e com sistemas intermitentes e média nacional).**

Pelo gráfico, é possível verificar que as perdas dos municípios sem intermitência se comportam de maneira distinta daquelas dos municípios com sistemas intermitentes e da média do país. Assim, pode-se perceber que os primeiros são os que menos perdem água (em média 149 litros por ligação por dia), ao passo que os segundos perdem 527 litros por ligação por dia.

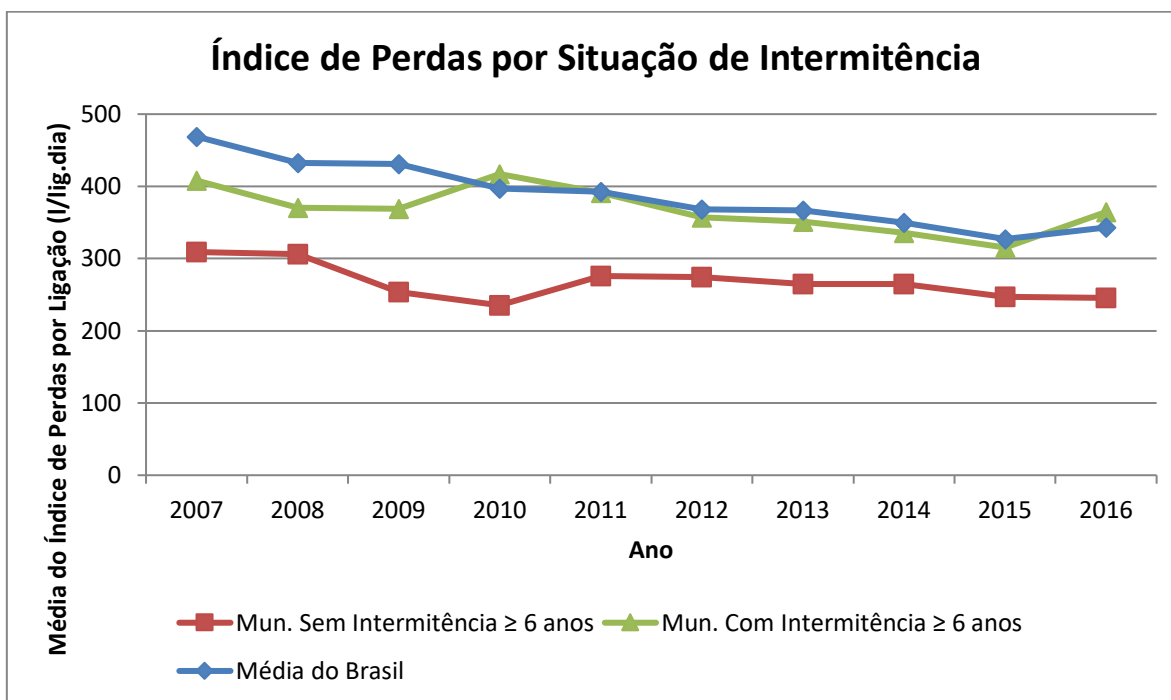
Dessa forma, os municípios com sistemas intermitentes perdem em média três vezes e meia o que um município sem intermitência perde. Em alguns anos, como em 2010, os municípios com sistemas intermitentes perderam quatro vezes o que perderam os sistemas sem intermitência. Outro aspecto importante é que, em relação à média do país, as perdas dos municípios com sistemas intermitentes são 37% maiores. Em relação aos municípios sem intermitência, estes perdem 61% menos que a média nacional.

A **Figura 2** apresenta a média das perdas dos Municípios Sem Intermitência por ao Menos 6 Anos e dos Municípios Com ao Menos 6 anos de Intermitência. Neste caso, verifica-se que os índices de perdas dos municípios com intermitência maior que 6 anos comportam-se de forma similar à média do país. Ainda assim, os municípios sem intermitência por ao menos 6 anos possuem índices de perdas 30% inferiores à média nacional.

A tabela abaixo apresenta os valores médios do índice de perdas por ligação por interrupções sistemáticas realizadas, considerando qualquer ano da série.

**Tabela 4 – Média do IN051 por categoria de intermitência.**

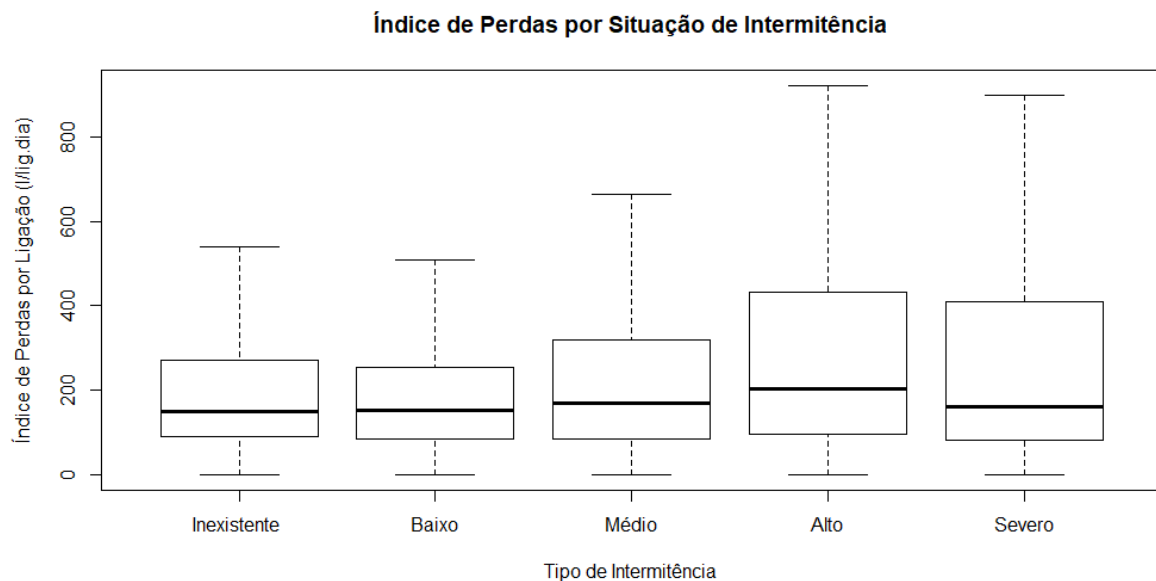
Categoria de Intermitência	Média do IN051 (l/lig.dia)
Inexistente	250,47
Baixo	226,11
Médio	273,05
Alto	340,13
Severo	306,70



**Figura 2 - Média do índice de perdas por ligação (municípios sem e com sistemas intermitentes por ao menos 6 anos e média nacional).**

Na análise da **Tabela 4**, verifica-se que, considerando qualquer ano, há um aumento da média do índice de perdas para as categorias Médio, Alto e Severo, em relação aos sistemas que não tiveram intermitência. No entanto, para qualquer ano, ter baixas intermitências não foi um fator fundamental para o aumento das perdas de água. Outro ponto importante de análise é que a média para intermitências severas foi menor que para as altas intermitências. Uma hipótese que pode ser levantada, especialmente considerando os gráficos anteriores, é que o prolongamento da intermitência seja um fator mais importante do que a severidade da intermitência em número de interrupções, para qualquer ano da série.

A **Figura 3** mostra os *boxplots* dos índices de perdas por tipo de intermitência. Pela figura, é possível perceber uma tendência de aumento do valor de perdas do quartil 3 e do quartil 4 (ressalte-se que os *outliers* foram removidos do gráfico) nas situações de intermitência mais severas, com consequente tendência de aumento da média. No entanto, os valores que estão na faixa do valor mínimo até a mediana não sofreram mudanças significativas.



**Figura 3 – Boxplots dos índices de perdas de água por tipo de intermitência.**

## CONCLUSÕES

As perdas dos municípios sem intermitência se comportam de maneira distinta daquelas dos municípios com sistemas intermitentes. Os segundos possuem índice de perdas três vezes e meia maior que os primeiros. Em relação à média do país, as perdas dos municípios com sistemas intermitentes são 37% maiores, ao passo que as perdas dos municípios sem intermitência são 61% menores que a média nacional.

Os índices de perdas dos municípios com intermitência maior que 6 anos comportam-se de forma similar à média do país. Ainda assim, os municípios sem intermitência por ao menos 6 anos possuem índices de perdas 30% inferiores à média nacional. Quando verificada a relação entre a intermitência e o índice de perdas de determinado município para qualquer ano, chegou-se à conclusão que o nível de intermitência aumenta os valores de perdas nos quartis acima da mediana.

Em suma, quanto mais longo é o regime de operação sem intermitência no decorrer dos anos, melhor é o desempenho do município em relação às perdas de água. Além disso, intermitências prolongadas aumentam intensamente os índices de perdas dos municípios, o que confirma modelos teóricos e resultados dos (pouquíssimos) estudos sobre o tema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGATHOKLEOUS, A., CHRISTODOULOU, S. The impact of intermittent water supply policies on urban water distribution networks. *Procedia Engineering* 162: 204 – 211. 2016.
2. ALEGRE, H., BATISTA, J. M., CABRERA JUNIOR, E., CUBILLO, F., DUARTE, P., HIRNER, W., MERKEL, W., PARENA, R. Performance indicators for water supply services. Londres: IWA Publishing, 2017.
3. KUMPEL, E., NELSON, K. Intermittent Water Supply: Prevalence, Practice, and Microbial Water Quality. *Environmental Science & Technology*. 50(2). 2015.
4. LIMA, I. M., SILVEIRA, A. B. G. Quantificação do Rateio e dos Componentes das Perdas Reais e Aparentes nos Sistemas de Abastecimento de Água no Brasil. Trabalho Apresentado no XIV SIBESA. Foz do Iguaçu, 2018.
5. [SNIS] SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Glossário de Informações: água e esgoto 2017. 2018a. Disponível em: <[http://snis.gov.br/Glossarios/Glossario\\_Informacoes\\_AE2017.zip](http://snis.gov.br/Glossarios/Glossario_Informacoes_AE2017.zip)>. Acesso em: 18 out. 2018.
6. [SNIS] SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Glossário de Indicadores: água e esgoto 2017. 2018b. Disponível em: <[http://snis.gov.br/Glossarios/Glossario\\_Indicadores\\_AE2017.zip](http://snis.gov.br/Glossarios/Glossario_Indicadores_AE2017.zip)>. Acesso em: 18 out. 2018.

7. TAYLOR, D. D. J., SLOCUM, A. H., WHITTLE, A. J. Analytical scaling relations to evaluate leakage and intrusion in intermittent water supply systems. PLOS ONE 13(5): e0196887. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196887>. 2018.