

## EVOLUÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: UMA ANÁLISE CRÍTICA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO COM BASE NA EXPERIÊNCIA DO SNIS

Fernanda Pantojo, Tayná Salimena, Samuel Castro e Edgard Dias\*

*Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 36.036-330, MG, Brasil*

**Palavras-chave:** Índices de Avaliação do Saneamento, Saneamento Básico, Universalização do Saneamento.

**Resumo.** O saneamento básico engloba serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, manejo de águas pluviais e gerenciamento de resíduos sólidos. A Lei Nacional do Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) preconiza a universalização desses serviços no Brasil. Visando evidenciar e caracterizar a situação do saneamento no país, o Ministério das Cidades desenvolveu o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), responsável por recolher informações sobre serviços de água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais nos 5.570 municípios brasileiros. Tal ferramenta é, portanto, de extrema relevância, pois pode ser utilizada para identificar setores e localidades que necessitam maiores investimentos. Nesse contexto, o presente estudo buscou analisar estatisticamente a base de dados do SNIS em termos de indicadores de serviços de água e esgoto. A partir desse banco de dados, realizou-se testes estatísticos de comparação simples e múltiplas entre as macrorregiões do Brasil considerando os anos de 2012 e 2016, sendo adotado nível de confiança de 95 %. Os resultados da pesquisa mostram que as regiões CO, S e SE apresentaram índices de serviços de água e esgoto significativamente melhores do que as regiões N e NE, tanto para o ano de 2012 quanto para 2016. Verificando melhorias dos serviços de saneamento de 2012 para 2016, observa-se que, mais uma vez, as regiões CO, S e SE se destacam positivamente, com aumento significativo da coleta (IN015) e do tratamento de esgoto (IN046). Em termos dos serviços de água, tem-se que as regiões N e S apresentaram aumento significativo do atendimento total de água (IN055), enquanto a região NE teve queda significativa das perdas de água na distribuição (IN049) e do consumo médio per capita de água (IN022). De todas as macrorregiões, a região N foi a que apresentou os piores índices de saneamento, bem como menor evolução dos índices ao longo dos anos considerados. Por fim, acredita-se que ferramentas de análise estatística dos dados do SNIS possam auxiliar em avaliações das condições sanitárias do país, subsidiando tomadas de decisão quanto a investimentos futuros, objetivando a melhoria dos serviços prestados.

---

Endereços de e-mail: [fernanda.pantojo@engenharia.ufjf.br](mailto:fernanda.pantojo@engenharia.ufjf.br), [tayna.salimena@engenharia.ufjf.br](mailto:tayna.salimena@engenharia.ufjf.br), [samuel.castro@ufjf.edu.br](mailto:samuel.castro@ufjf.edu.br), [edgard.dias@ufjf.edu.br](mailto:edgard.dias@ufjf.edu.br)\*

## **EVOLUTION OF SANITATION IN BRAZIL: A CRITICAL ANALYSIS ON DRINKING WATER AND WASTEWATER SERVICES BASED ON THE SNIS DATASET**

**Keywords:** Sanitation Assessment Indexes, Sanitation, Universalization of Sanitation.

**Abstract.** Sanitation refers to the provision of facilities and services associated with drinking water supply, wastewater collection and treatment, stormwater management, and solid waste management. The Brazilian Federal Policy on Sanitation (Federal Law no. 11,445/2007) advocates the universalization of these services in the country. In order to analyse the sanitation situation in Brazil, the Ministry of Cities developed the National Sanitation Information System (SNIS). This system is responsible for collecting information on water and wastewater services, as well as solid waste and rainwater management sewage in the 5,570 municipalities in Brazil. Such a tool is, therefore, extremely relevant as it can be used to identify sectors that require greater investments. In this context, this study aimed at statistically analysing the SNIS database in terms of indexes associated with water and wastewater services. Statistical tests were applied to perform simple and multiple comparisons between the macro-regions of Brazil considering the years of 2012 and 2016, and it was adopted a confidence level of 95 %. The results of the research showed that the Central-West, South and Southeast regions presented significantly better water and wastewater services indexes than the North and Northeast regions. Analysing improvements in the sanitation systems from 2012 to 2016, it was observed once again better results in the Central-West, South and Southeast regions, which significantly increased their sewer networks (IN015) and wastewater treatment (IN046). Regarding drinking water services, the North and South regions significantly increased the coverage of their drinking water networks (IN055), whereas the North region significantly decreased their water losses in the distribution systems (IN049) and their mean per capita water consumption (IN022). Of all Brazilian macro-regions, the North region presented the worst sanitation indexes, as well as lower evolution of the assessed indexes over the years considered. Finally, it is believed that statistical analysis of the SNIS database may contribute to a better assessment of the sanitation conditions in Brazil, subsidizing decision-making processes regarding future investments, with the objective of improving the sanitation services provided.

## 1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico engloba serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, manejo de águas pluviais e gerenciamento de resíduos sólidos. A Lei Nacional do Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) preconiza a universalização desses serviços no país [4]. Dessa forma, diante da necessidade de proporcionar um levantamento sobre a situação do saneamento no Brasil, através do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS), foi desenvolvido o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), que é responsável por recolher dos prestadores de serviços as informações referentes aos serviços de Água e Esgotos (AE), Resíduos Sólidos Urbanos (RS) e Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas (AP) [3].

Observa-se que o Governo Federal, através de programas e ações, busca auxiliar os prestadores de serviços para que estes realizem uma gestão adequada. Uma das formas de melhoria no sistema é a diminuição de perdas. Dessa forma, um dos programas existentes é o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), estabelecido pelo Ministério das Cidades, que auxilia os prestadores através de documentações técnicas, visando aprimorar a eficiência dos sistemas de distribuição [1].

Os prestadores de serviços não são obrigados, legalmente, a fornecer informações ao SNIS. Entretanto, existem programas de investimentos do Ministério das Cidades que usam como critério de seleção o envio de informações ao sistema. Além disso, o uso de sistemas de informações é um princípio fundamental que garante clareza dos dados à população. A transparência dessas informações, aliada a representações técnicas e participações nos processos de formulação de políticas, trazem à comunidade o conhecimento, participação, controle e avaliação do saneamento básico [3].

A exposição dos dados recebidos pelo SNIS é realizada através da publicação anual de diagnósticos, que realizam uma análise crítica de determinadas informações e indicadores. Sendo assim, é disponibilizado através do endereço eletrônico do SNIS e no ambiente Série Histórica, tabelas com as informações recebidas e indicadores calculados pelo sistema. Ressalta-se que os serviços de água e esgoto (SNIS-AE) possuem dados desde o ano de 1995, sendo o diagnóstico relativo ao ano de 2016 a 21ª versão. Já os serviços de resíduos sólidos (SNIS-RS) possuem dados desde 2002, enquanto os serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (SNIS-AP) possuem dados a partir de 2015 [2, 3].

## 2 OBJETIVO

O estudo buscou avaliar a situação do saneamento básico no país, caracterizando-o em termos das diferentes regiões e evidenciando possíveis pontos de melhoria. Tais análises podem orientar a gestão adequada do setor e direcionar tomada de decisões e investimentos futuros.

## 3 METODOLOGIA

O presente estudo analisou estatisticamente a base de dados desagregados do Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento (SNIS). Para isso, foram utilizados os dados das cinco grandes regiões do Brasil (Centro-Oeste – CO; Norte – N; Nordeste – NE; Sul – S; Sudeste – SE) e dos anos de referência de 2012 a 2016. Visto que existem diversas informações e indicadores no sistema, foi realizada uma análise crítica para a seleção dos indicadores. Dessa forma, para os serviços de água e esgoto, foram analisados os seguintes índices: índice de atendimento total de água (IN055); consumo médio per capita de água (IN022); índice de perdas na distribuição (IN046); índice de coleta de esgoto (IN015); índice de esgoto tratado referido à água

consumida (IN049); e extensão da rede de esgoto por ligação (IN021).

### 3.1 Análise dos dados

Inicialmente, realizou-se uma análise de consistência no conjunto de dados para cada indicador, com o expurgo daqueles sem significado físico. Tal expurgo se deu exclusivamente para o ano de 2012, com um máximo de 1,6 % de dados excluídos para o indicador IN015, um quantitativo com pouca representatividade diante do tamanho da amostra, igual a 1.875. Em seguida, verificou-se a aderência dos dados quanto à distribuição, aplicando-se testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov). Nesse teste, supõe-se hipótese nula de que os dados seguem distribuição normal. A análise é realizada através da obtenção do *p-valor*: caso o *p-valor* seja maior que a significância adotada, a hipótese nula não é rejeitada (dados seguem distribuição normal); e caso o *p-valor* seja menor que a significância considerada, a hipótese é rejeitada (dados não seguem distribuição normal).

Em seguida, foram aplicados testes de comparações múltiplas e que possibilitam identificar diferenças significativas entre as médias ou medianas das amostras. Para a análise estatística dos dados paramétricos, o teste *t* foi aplicado para comparações simples e o teste de Análise de Variância (ANOVA) seguido do teste de Tukey foram aplicados para comparações múltiplas.

Todos os testes estatísticos de comparações simples e múltiplas foram realizados através do software estatístico Statistica versão 8.0. Para todos os testes, adotou-se nível de confiança de 95 %. Adicionalmente, no software MS Excel 2016, foi realizada uma análise temporal dos indicadores, entre os anos de 2012 a 2016, a fim de analisar a evolução do saneamento no Brasil.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de promover a melhor compreensão dos gráficos Boxplot que serão apresentados ao longo desse estudo, a Figura 1 representa os símbolos relacionados ao gráfico. O retângulo central representa a zona aonde estão contidos 50 % dos dados, já os valores máximos e mínimos são representados valores extremos da distribuição. Além disso existem os quartis, sendo que o primeiro quartil representa 25 % da amostra e o terceiro quartil representa 75 % da amostra. Por fim, existe a apresentação do valor mediano da distribuição [5].

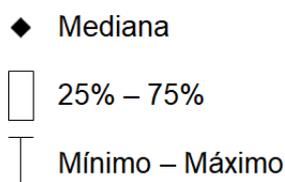


Figura 1: Legenda do gráfico Boxplot

### 4.1 Índice de atendimento total de água – IN055 (%)

O indicador IN055, índice de atendimento total de água, é calculado através da divisão da população total atendida com sistema de abastecimento de água pela população total residente do município. A Figura 2 apresenta dados do indicador IN055 (%) nos anos de 2012 (Figura 2a) e 2016 (Figura 2b). De acordo com a Figura 2a, que apresenta o índice IN055 no ano de 2012, observa-se que as regiões CO, S e SE possuíam medianas acima de 75 %, enquanto as regiões N e NE apresentavam valores medianos de IN055 próximos a 45 % e 60 %, respectivamente. A partir da análise das Figuras 2a e 2b, percebe-se aumento do IN055 do ano 2012 para o ano

de 2016 para as regiões S (aumento de 75 % para 80 %, aproximadamente) e N (aumento de 45 % para 55 %, aproximadamente). Para essas duas regiões, o aumento do índice IN055 de 2012 para 2016 foi significativo (teste  $t$ ;  $p$ -valores  $< 0,05$ ). Em 2016, as regiões CO, S e SE apresentaram as maiores médias do indicador IN055, seguidas pela região NE, e por último a região N (ANOVA;  $p$ -valor  $< 0,05$ ).

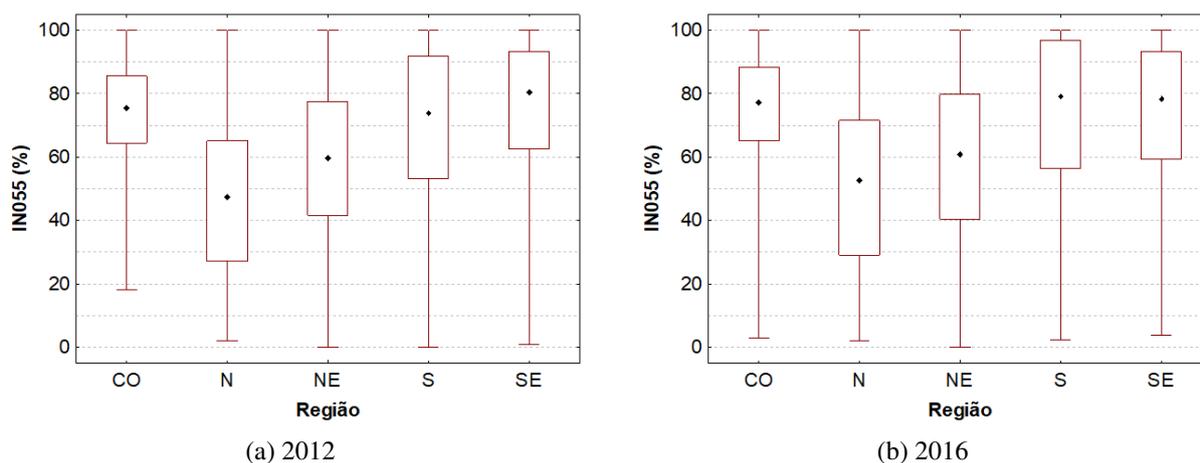


Figura 2: Índice de atendimento total de água (IN055)

#### 4.2 Índice de perdas na distribuição – IN049 (%)

O indicador IN049, perdas na distribuição de água, é calculado com base na diferença entre volume produzido e o volume consumido de água. As perdas no sistema podem ocorrer devido a vazamentos nas unidades de tratamento ou distribuição. Além disso, também existem as perdas referentes a falhas de medição dos volumes consumidos. Ademais, as perdas na distribuição são reportadas como um dos maiores problemas no sistema de distribuição, pois além de se tratar de um recurso natural, observa-se que existe perda financeira, visto que a água já passou pelo tratamento necessário, gerando custos aos prestadores de serviços e que são, conseqüentemente, repassados ao consumidor [2].

A Figura 3 apresenta dados do indicador IN049 (%) nos anos de 2012 (Figura 3a) e 2016 (Figura 3b). Esse indicador apresentou valores elevados, no ano de 2016, para as regiões N e NE, com medianas iguais a 47 % e 35 %, respectivamente (Figura 3b). A região N apresentou as maiores médias de IN049 em 2016, seguida pela região NE, então as regiões CO e S, e, por fim a região SE (ANOVA;  $p$ -valor  $< 0,05$ ). Cabe ressaltar, porém, que a única região que apresentou melhora desse indicador do ano de 2012 para 2016 foi a região NE (teste  $t$ ;  $p$ -valor  $< 0,05$ ).

#### 4.3 Índice de consumo médio per capita – IN022 (L/hab./dia)

A Figura 4 apresenta a evolução do indicador IN022, índices de consumo médio per capita no Brasil e nas macrorregiões NE e SE de 2012 a 2016. Entre os anos de 2012 e 2016, observou-se queda gradual no consumo médio per capita de água no país, com destaque para as regiões SE, com valores de 195 L/hab./dia em 2012 e 180 L/hab./dia em 2016. E a região N com valores de 131 L/hab./dia em 2012 e 112 L/hab./dia em 2016. O consumo per capita de água médio no Brasil também caiu de 2012 (168 L/hab./dia) para 2016 (154 L/hab./dia). Ressalta-se que nos

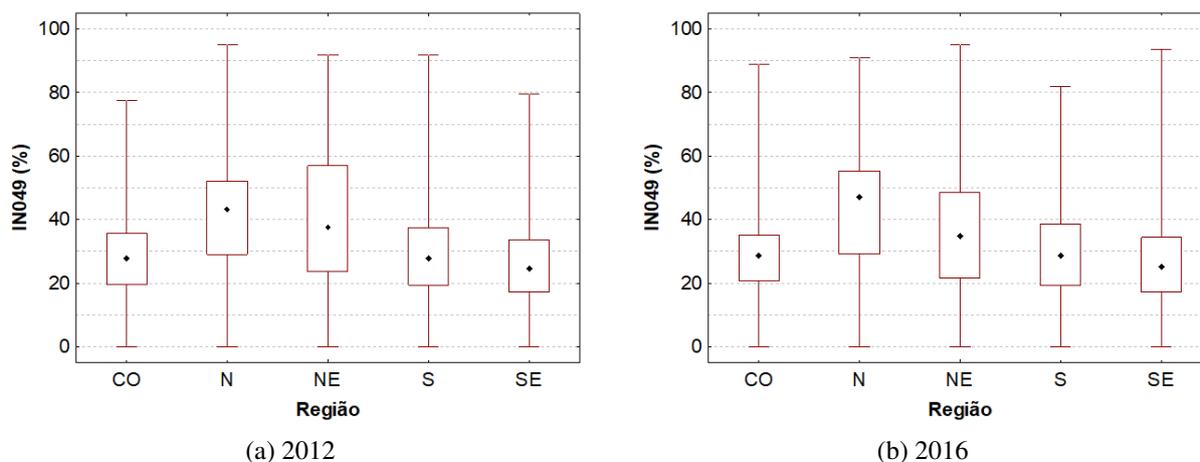


Figura 3: Índice de perdas na distribuição (IN049)

anos de 2014 e 2015 a região Sudeste foi atingida por uma crise hídrica. Com a diminuição nos índices pluviométricos e a necessidade de garantir o acesso aos serviços, houve demanda de promover a gestão emergencial dos recursos hídricos, o que pode ser relacionado com a queda do indicador nos anos de 2014 e 2015. Porém, observa-se que, apesar da diminuição do indicador, a região SE ainda possui um consumo muito mais elevado que a média nacional. Embora todas as macrorregiões terem apresentado tendência de decréscimo do consumo per capita de água, apenas a região NE apresentou diminuição significativa do indicador IN022 (teste *t*; *p*-valor < 0,05).

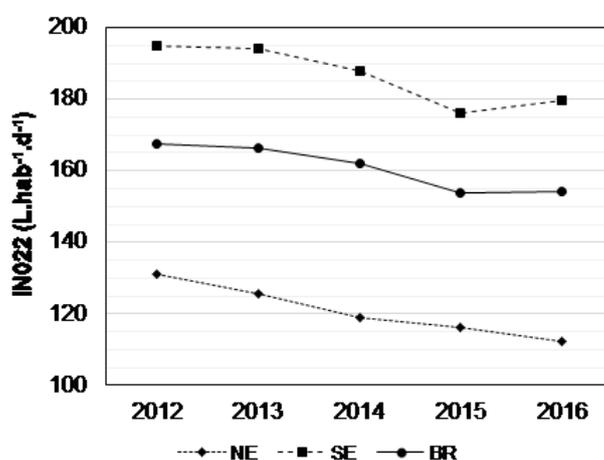


Figura 4: Variação do consumo médio per capita de água (IN022) entre 2012 e 2016

A Figura 5 apresenta dados do indicador IN022 (L/hab./dia) nas cinco macrorregiões brasileiras nos anos de 2012 (Figura 5a) e 2016 (Figura 5b). A partir da Figura 5 é possível observar que, apesar das medianas não excederem os 200 L/hab./dia, existem municípios com valores extremamente elevados de IN002 em todas as macrorregiões do Brasil. Tal fato pode ocorrer em decorrência do precário controle operacional realizado por prestadores de serviços, macromedição e micromedição não efetivamente medidas, o que pode levar a cálculos superestimados [2]. Alguns casos, porém, podem ser justificados, como por exemplo cidades turísticas com po-

pulações flutuantes (fluxo de turistas considerável, porém sem alterar a população residente), o que contribui para o aumento do indicador IN022.

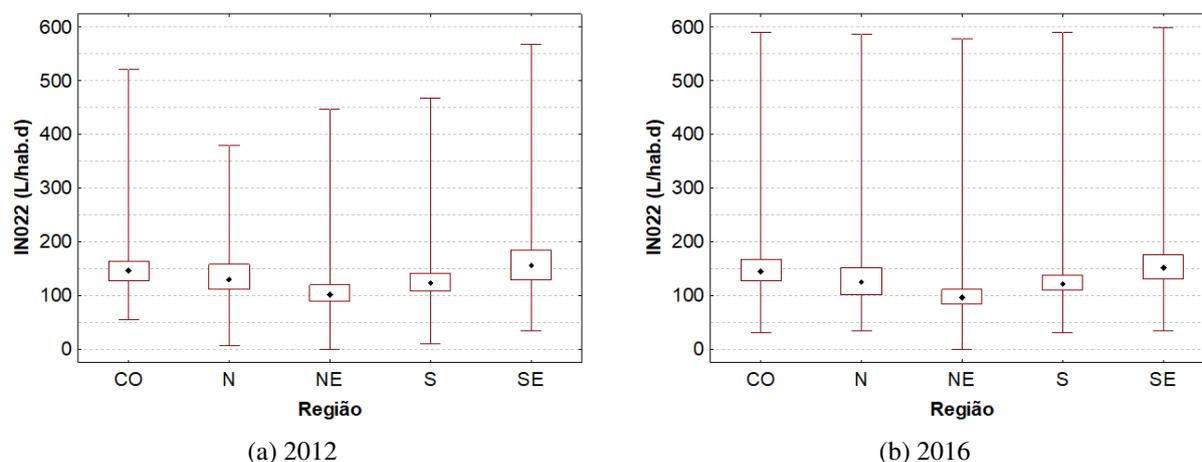


Figura 5: Consumo médio per capita de água (IN022)

#### 4.4 Índice de Coleta de Esgoto – IN015 (%)

O indicador IN015, índice de coleta de esgoto, é calculado através da divisão do volume de esgoto coletado pelo volume de água consumido em cada município. A Figura 6 apresenta dados do indicador IN015 (%) nos anos de 2012 (Figura 6a) e 2016 (Figura 6b). Tratando-se de serviços de esgoto, grande destaque se dá para a região SE, com valores medianos de índice de coleta de esgoto (IN015) em 2016 de 80,0 %, seguidos pelas regiões SE (46,7 %) e CO (44,1 %), e por fim as regiões NE (26,5 %) e N (20,4 %).

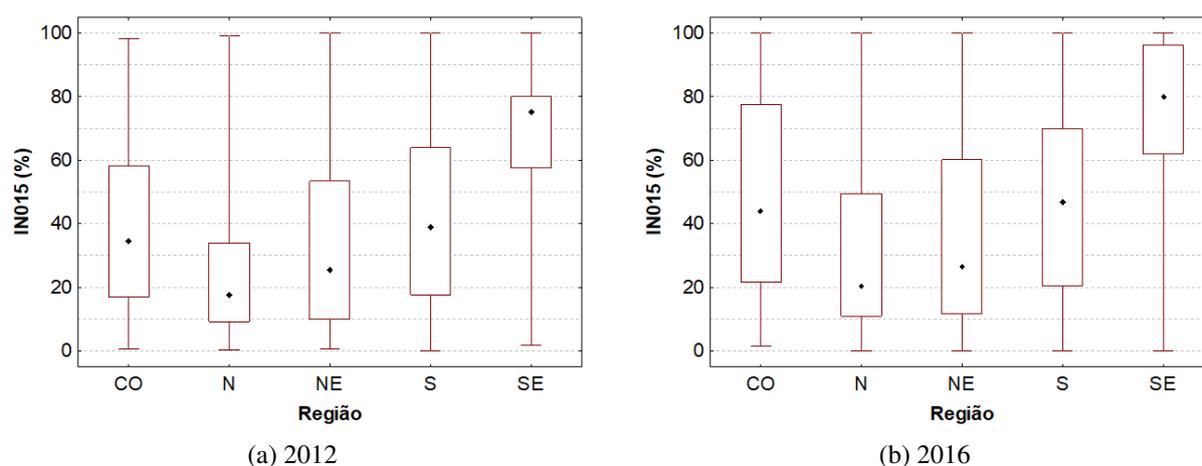


Figura 6: Índice de coleta de esgoto (IN015)

Em termos de média, verificou-se o mesmo padrão: região SE com maiores índices IN015, seguida pelas regiões S e CO, e então as regiões NE e N (ANOVA;  $p$ -valor < 0,05). Verificando as Figuras 6a e 6b, e através de testes estatísticos, verifica-se que apenas as regiões CO, S e SE

apresentaram melhora significativa dos serviços de coleta de esgoto (IN015) de 2012 para 2016 (teste *t*; *p*-valor < 0,05). Desta forma, percebe-se que ainda há muito que se avançar no que tange a sistemas de coleta de esgoto no Brasil, principalmente nas regiões N e NE.

#### 4.5 Extensão da rede de esgoto por ligação – IN021 (m/lig.)

A extensão da rede de esgoto por ligação é calculada através da divisão do comprimento total da malha de esgoto pelo número total de ligações de esgoto existentes no município. Ressalta-se que tal indicador pode possuir variação considerável, visto que em regiões altamente povoadas, os valores tendem a ser mais baixos, enquanto em municípios com menor densidade populacional tais valores tendem a ser mais elevados.

A Figura 7 apresenta dados do indicador IN021 (m/lig.) nos anos de 2012 (Figura 7a) e 2016 (Figura 7b). Para o ano de 2012, as faixas dos valores médios e medianos de IN021 nas cinco macrorregiões foram de 12,4-21,6 m/lig. e 10,0-18,3 m/lig., respectivamente. Já em 2016, as faixas dos valores médios e medianos de IN021 nas cinco macrorregiões foram de 13,4-21,5 m/lig. e 9,3-17,9 m/lig., respectivamente. Em 2016, as regiões N e S apresentaram extensões de rede significativamente maiores do que as regiões CO, NE e SE (ANOVA; *p*-valor < 0,05). Tal fato pode estar relacionado à maior ruralidade observada nessas duas regiões. Adicionalmente, tanto em 2012 quanto em 2016, todas as macrorregiões apresentaram municípios com extensões de rede muito grandes, valores acima de 200 m/lig. no NE em 2012 e de 450 m/lig. no SE em 2016. Tais índices altos podem estar associados a localidades com residências muito espaçadas, ou erros das informações fornecidas ao SNIS.

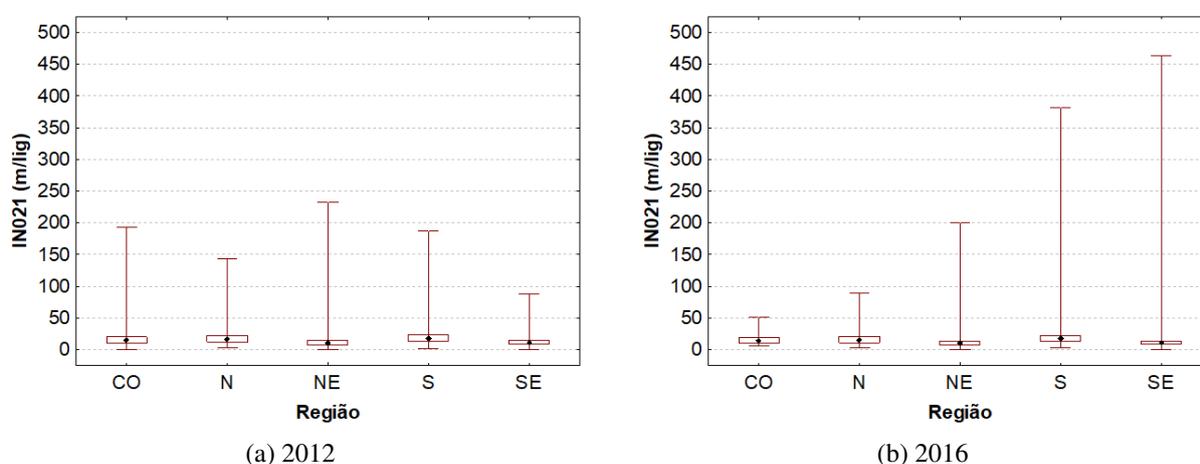


Figura 7: Extensão da rede de esgoto por ligação (IN021)

#### 4.6 Índice de tratamento de esgotos referido à água consumida – IN046 (%)

O indicador IN046, Índice de tratamento de esgotos referido à água consumida (%), é calculado com base no volume de esgoto tratado dividido pelo volume de água consumido em cada município. A Figura 8 apresenta dados do indicador IN046 (%) nos anos de 2012 (Figura 8a) e 2016 (Figura 8b). Assim como para o índice de coleta de esgoto (IN015), verifica-se, para o ano de 2016, melhores índices de tratamento de esgoto em relação à água consumida (IN046) nas regiões SE, S e CO (medianas iguais a 61,6 %, 46,3 % e 41,3 %, respectivamente) em comparação às regiões NE e N (medianas iguais a 20,7 % e 17,36 %, respectivamente). Ainda em 2016,

analisando as médias, as regiões SE e CO apresentaram os maiores valores de IN046, seguidas pela região S, e então as regiões N e NE (ANOVA;  $p - \text{valor} < 0,05$ ). Em se tratando da evolução dos serviços de tratamento de esgoto de 2012 para 2016, destaca-se que praticamente todas as regiões apresentaram melhoras consideráveis das médias do indicador IN046 (teste  $t$ ;  $p - \text{valores} < 0,05$ ); a única exceção foi a região N (teste  $t$ ;  $p - \text{valor} = 0,137$ ).

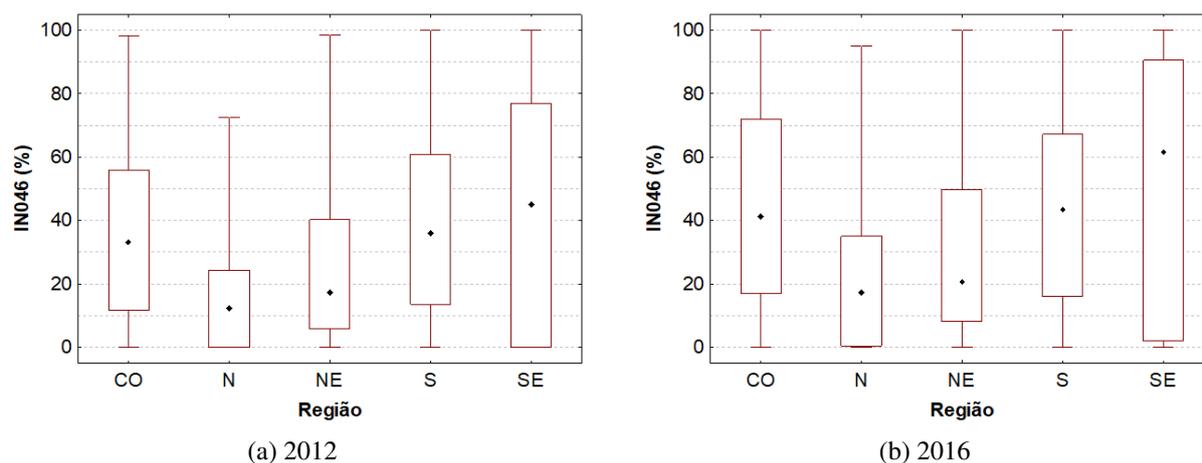


Figura 8: Índice de tratamento de esgoto referido à água consumida (IN046)

Verifica-se, de modo geral, que dados do indicador IN046, bem como do indicador IN015, apresentam-se com pouca evolução ao longo dos anos avaliados, sendo prestações de serviço mais negligenciadas quando comparadas ao indicador IN055. Esse último, sendo objeto de maior pressão popular, tende a ter maior visibilidade por parte dos gestores.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados da pesquisa mostram que as regiões CO, S e SE apresentaram índices de serviços de água e esgoto significativamente melhores do que as regiões N e NE, tanto para o ano de 2012 quanto para 2016. Quanto a melhorias dos serviços de saneamento de 2012 para 2016, verifica-se que mais uma vez as regiões CO, S e SE se destacam positivamente, com aumento significativo da coleta de esgotos (IN015) e do tratamento de esgoto (IN046). Em termos dos serviços de água, tem-se que as regiões N e S apresentaram aumento significativo do atendimento total de água (IN055), enquanto a região NE teve queda significativa das perdas de água na distribuição (IN049) e do consumo médio per capita de água (IN022). De todas as macrorregiões, a região N foi a que apresentou os piores índices de saneamento, bem como menor evolução dos índices ao longo dos anos considerados.

Apesar da metodologia do SNIS envolver uma análise criteriosa dos dados fornecidos ao sistema, ressalta-se que é de extrema importância analisar cuidadosamente a série histórica existente, visto que as informações são disponibilizadas diretamente pelos prestadores de serviços. Tal fato pode levar a erros das informações prestadas, seja por equívoco da pessoa responsável por preencher o sistema, ou por dificuldade de alguns municípios em obter tais informações, principalmente os de pequeno porte. Por fim, acredita-se que ferramentas de análise estatística dos dados do SNIS possam ser traduzidas em informações que auxiliem avaliações das condições sanitárias do país, subsidiando tomadas de decisão quanto a investimentos futuros, objetivando a melhoria dos serviços prestados.

## REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. *Guias práticos: técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água*. Ministério das Cidades, Programa de Modernização do Setor Saneamento – PMSS, 2007.
- [2] BRASIL. *Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)*. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA, 2013.
- [3] BRASIL. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016*. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA, 2018.
- [4] BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2007.
- [5] M. V. CAPELA e J. M. V. CAPELA. Elaboração de gráficos box-plot em planilhas de cálculo. In *Anais do I Congresso de Matemática Aplicada e Computacional da Região Sudeste*. Uberlândia - MG, Brasil, 2011.