

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

4  
5  
6   **Palavras-chave:** Índices de Avaliação do Saneamento; Saneamento Básico; Universalização  
7   do Saneamento.

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

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

38 **Keywords:** Sanitation assessment indexes; Sanitation; Universalization of sanitation.

39 **Abstract.** Sanitation refers to the provision of facilities and services associated with drinking  
40 water supply, wastewater collection and treatment, storm water management, and solid waste  
41 management. The Brazilian Federal Policy on Sanitation (Federal Law n°. 11,445/2007)  
42 advocates the universalization of these services in the country. In order to analyse the sanitation  
43 situation in Brazil, the Ministry of Cities developed the National Sanitation Information System  
44 (SNIS). This system is responsible for collecting information on water and wastewater services,  
45 as well as solid waste and rainwater management sewage in the 5,570 municipalities in Brazil.  
46 Such a tool is, therefore, extremely relevant as it can be used to identify sectors that require  
47 greater investments. In this context, this study aimed at statistically analysing the SNIS database  
48 in terms of indexes associated with water and wastewater services. Statistical tests were applied  
49 to perform simple and multiple comparisons between the macro-regions of Brazil considering  
50 the years of 2012 and 2016, and it was adopted a confidence level of 95%. The results of the  
51 research showed that the Central-West, South and Southeast regions presented significantly  
52 better water and wastewater services indexes than the North and Northeast regions. Analysing  
53 improvements in the sanitation systems from 2012 to 2016, it was observed once again better  
54 results in the Central-West, South and Southeast regions, which significantly increased their  
55 sewer networks (IN015) and wastewater treatment (IN046). Regarding drinking water services,  
56 the North and South regions significantly increased the coverage of their drinking water  
57 networks (IN055), whereas the North region significantly decreased their water losses in the  
58 distribution systems (IN049) and mean *per capita* water consumption (IN022). Of all Brazilian  
59 macro-regions, the North region presented the worst sanitation indexes, as well as lower  
60 evolution of the assessed indexes over the years considered. Finally, it is believed that statistical  
61 analysis of the SNIS database may contribute to a better assessment of the sanitation conditions  
62 in Brazil, subsidizing decision-making processes regarding future investments with the  
63 objective of improving the sanitation services provided.

64

## 65 1 INTRODUÇÃO

66 O saneamento básico engloba serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de  
67 esgotos, manejo de águas pluviais e gerenciamento de resíduos sólidos. A Lei Nacional do  
68 Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) preconiza a universalização desses serviços no país  
69 [1]. Dessa forma, diante da necessidade de proporcionar um levantamento sobre a situação do  
70 saneamento no Brasil, através do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS),  
71 foi desenvolvido o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), que é  
72 responsável por recolher dos prestadores de serviços as informações referentes aos serviços de  
73 Água e Esgotos (AE), Resíduos Sólidos Urbanos (RS) e Drenagem e Manejo das Águas  
74 Pluviais Urbanas (AP) [2].

75 Observa-se que o Governo Federal, através de programas e ações, busca auxiliar os  
76 prestadores de serviços para que estes realizem uma gestão adequada. Uma das formas de  
77 melhoria no sistema é a diminuição de perdas. Dessa forma, um dos programas existentes é o  
78 Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), estabelecido pelo  
79 Ministério das Cidades, que auxilia os prestadores através de documentações técnicas, visando  
80 aprimorar a eficiência dos sistemas de distribuição [3].

81 Os prestadores de serviços não são obrigados, legalmente, a fornecer informações ao SNIS.  
82 Entretanto, existem programas de investimentos do Ministério das Cidades que usam como  
83 critério de seleção o envio de informações ao sistema. Além disso, o uso de sistemas de  
84 informações é um princípio fundamental que garante clareza dos dados à população. A  
85 transparência dessas informações aliada as representações técnicas e participações nos  
86 processos de formulação de políticas trazem à comunidade o conhecimento, participação,  
87 controle e avaliação do saneamento básico [2].

88 A exposição dos dados recebidos pelo SNIS é realizada através da publicação anual de  
89 diagnósticos, que realizam uma análise crítica de determinadas informações e indicadores.  
90 Sendo assim, é disponibilizado através do endereço eletrônico do SNIS e no ambiente Série  
91 Histórica, tabelas com as informações recebidos e indicadores calculados pelo sistema.  
92 Ressalta-se que os serviços de água e esgoto (SNIS-AE) possuem dados desde o ano de 1995,  
93 sendo o diagnóstico relativo ao ano de 2016 a 21ª versão do Diagnóstico; os serviços de resíduos  
94 sólidos (SNIS-RS) possuem dados desde 2002, enquanto os serviços de drenagem e manejo das  
95 águas pluviais urbanas (SNIS-AP) possuem dados a partir de 2015 [2,4].

## 96 2 OBJETIVO

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

## 100 3 METODOLOGIA

101 O presente estudo analisou estatisticamente a base de dados desagregados do Sistema  
102 Nacional de Informação sobre o Saneamento (SNIS). Para isso, foram utilizados os dados das  
103 cinco grandes regiões do Brasil (Centro-Oeste – CO; Norte – N; Nordeste – NE; Sul – S;  
104 Sudeste – SE) e dos anos de referência de 2012 a 2016. Visto que existem diversas informações  
105 e indicadores no sistema, foi realizada uma análise crítica para a seleção dos indicadores. Dessa  
106 forma, para os serviços de água e esgoto, foram analisados os seguintes índices: Índice de  
107 atendimento total de água (IN055); Consumo médio *per capita* de água (IN022); Índice de  
108 perdas na distribuição (IN046); Índice de coleta de esgoto (IN015); Índice de esgoto tratado  
109 referido à água consumida (IN049); e Extensão da rede de esgoto por ligação (IN021).

### 110 3.1 Análise dos dados

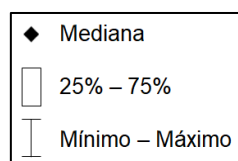
111 Inicialmente, realizou-se uma análise de consistência no conjunto de dados para cada  
112 indicador, com o expurgo daqueles sem significado físico. Tal expurgo se deu exclusivamente  
113 para o ano de 2012, com um máximo de 1,6% de dados excluídos para o indicador IN015, um  
114 quantitativo com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

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

125 Todos os testes estatísticos de comparações simples e múltiplas foram realizados através do  
126 *software* estatístico Statistica versão 8.0 [5]. Para todos os testes, adotou-se nível de confiança  
127 de 95%. Adicionalmente, o *software* MS Excel 2016 [6], foi realizada uma análise temporal  
128 dos indicadores, entre os anos de 2012 a 2016, a fim de analisar a evolução do saneamento no  
129 Brasil.

## 130 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

131 A fim de promover a melhor compreensão dos gráficos Boxplot que serão apresentados ao  
132 longo desse estudo, a Figura1 representa os símbolos relacionados ao gráfico. O retângulo  
133 central representa a zona aonde estão contidos 50% dos dados, já os valores máximos e mínimos  
134 são representados valores extremos da distribuição. Além disso existem os quartis, sendo que  
135 o primeiro quartil representa 25% da amostra e o terceiro quartil representa 75% da amostra.  
136 Por fim, existe a apresentação do valor mediano da distribuição [7].



137

138

Figura 1: Legenda do gráfico Boxplot.

### 139 4.1 Índice de atendimento total de água – IN055 (%)

140 O indicador IN055 é calculado através da divisão da população total atendida com sistema  
141 de abastecimento de água pela população total residente do município. De acordo com a Figura  
142 2.A, que apresenta o índice IN055 no ano de 2012, observa-se que as regiões CO, S e SE  
143 possuíam medianas acima de 75%, enquanto as regiões N e NE apresentavam valores medianos  
144 de IN055 próximos a 45% e 60%, respectivamente. A partir da análise das Figuras 2.A e 2.B,  
145 percebe-se aumento do IN055 do ano 2012 para o ano de 2016 para as regiões S (aumento de  
146 75% para 80%, aproximadamente) e N (aumento de 45% para 55%, aproximadamente). Para  
147 essas duas regiões, o aumento do índice IN055 de 2012 para 2016 foi significativo (teste t;  
148 p-valores < 0,05). Em 2016, as regiões CO, S e SE apresentaram as maiores médias do indicador  
149 IN055, seguidas pela região NE, e por último a região N (ANOVA; p-valor < 0,05).

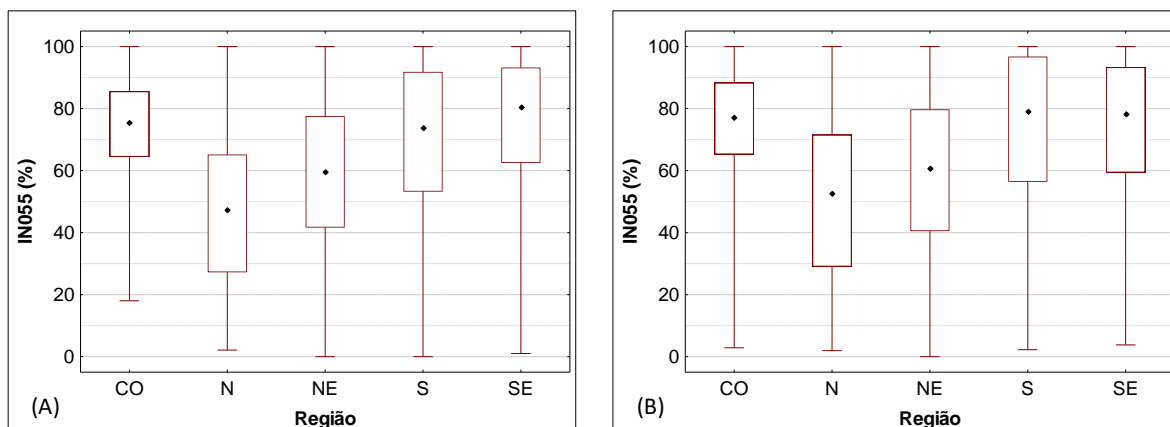


Figura 2: Índice de atendimento total de água (IN055) em 2012 (A) e em 2016 (B).

#### 150 4.2 Índice de perdas na distribuição – IN049 (%)

151 O indicador IN049, perdas na distribuição de água, é calculado com base na diferença entre  
 152 volume produzido e o volume consumido de água. As perdas no sistema podem ocorrer devido  
 153 a vazamentos nas unidades de tratamento ou distribuição. Além disso, também existem as  
 154 perdas referentes a falhas de medição dos volumes consumidos. Ademais, as perdas na  
 155 distribuição são reportadas como um dos maiores problemas no sistema de distribuição, pois  
 156 além de se tratar de um recurso natural, observa-se que existe perda financeira, visto que a água  
 157 já passou pelo tratamento necessário, gerando custos aos prestadores de serviços e que são,  
 158 consequentemente, repassados ao consumidor [4].

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

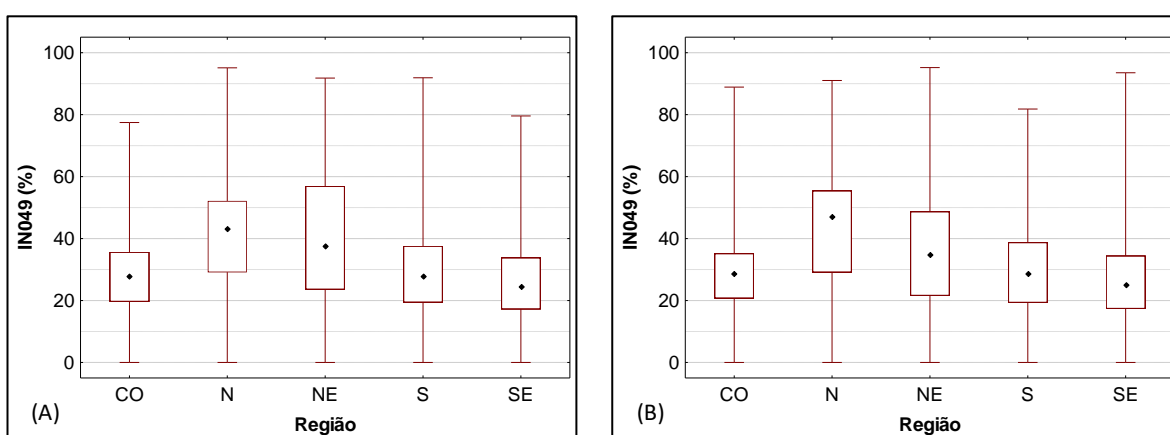
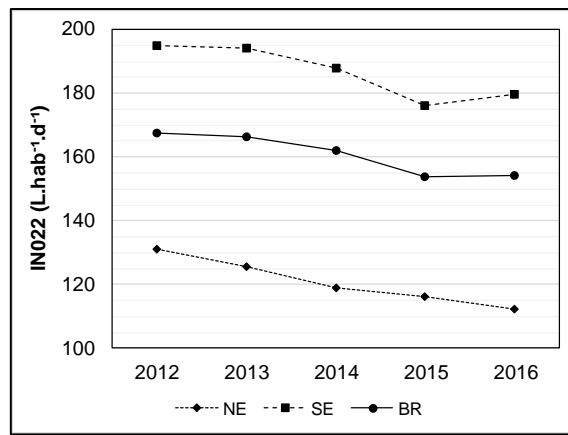


Figura 3: Índice de perdas na distribuição (IN049) em 2012 (A) e em 2016 (B).

#### 164 4.3 Índice de consumo médio per capita – IN022 (L.hab<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>)

165 Entre os anos de 2012 e 2016, observou-se queda gradual no consumo médio *per capita* de  
 166 água no país, com destaque para as regiões SE, com valores de 195 L.hab<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup> em 2012 e 180

167 L.hab<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup> em 2016. E a região N com valores de 131 L.hab<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup> em 2012 e 112 L.hab<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup> em  
 168 2016 (Figura 4). O consumo *per capita* de água médio no Brasil também caiu de 2012 (168  
 169 L.hab<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>) para 2016 (154 L.hab<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>) (Figura 4). Ressalta-se que nos anos de 2014 e 2015 a  
 170 região Sudeste foi atingida por uma crise hídrica. Com a diminuição nos índices pluviométricos  
 171 e a necessidade de garantir o acesso aos serviços, houve a necessidade de promover a gestão  
 172 emergencial dos recursos hídricos, o que pode ser relacionado com a queda do indicador nos  
 173 anos de 2014 e 2015. Porém, observa-se que apesar da diminuição do indicador, a região SE  
 174 ainda possui um consumo muito mais elevado do que a média nacional. Embora todos as  
 175 macrorregiões têm apresentado tendência de decréscimo do consumo *per capita* de água,  
 176 apenas a região NE apresentou diminuição significativa do indicador IN022 (teste t; p-valor <  
 177 0,05).



178  
 179

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

180 A partir da Figura 5 é possível observar que, apesar das medianas não excederem os 200  
 181 L.hab<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>, existem municípios com valores extremamente elevados de IN002 em todas as  
 182 macrorregiões do Brasil. Tal fato pode ocorrer em decorrência do precário controle operacional  
 183 realizado por prestadores de serviços, macromedição e micromedição não efetivamente  
 184 medidas, o que pode levar a cálculos superestimados [4]. Alguns casos, porém, podem ser  
 185 justificados, como por exemplo cidades turísticas com populações flutuantes (fluxo de turistas  
 186 considerável, porém sem alterar a população residente), o que contribui para o aumento do  
 187 indicador IN022.

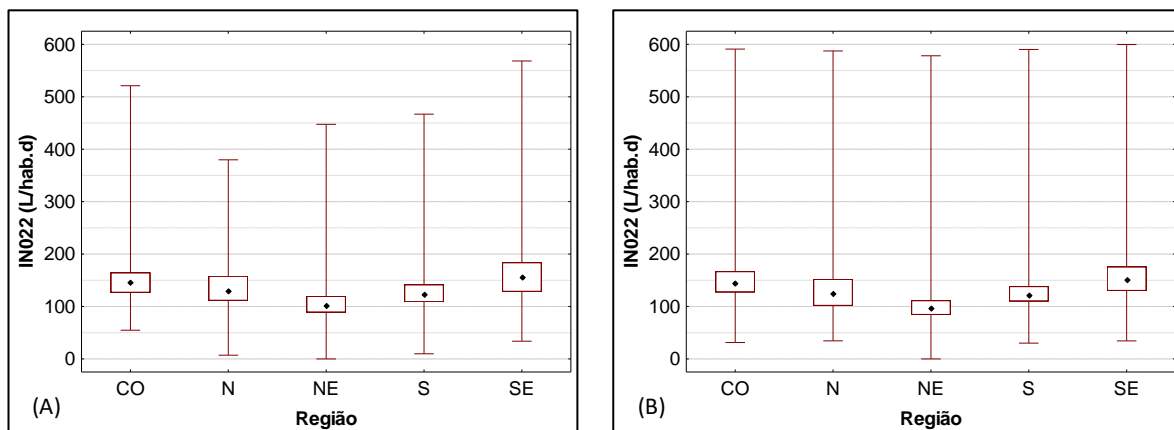


Figura 5: Consumo médio *per capita* de água (IN022) em 2012 (A) e em 2016 (B).

188 **4.4 Índice de Coleta de Esgoto – IN015 (%)**

189 Se tratando de serviços de esgoto, grande destaque se dá para a região SE, com valores  
190 medianos de índice de coleta de esgoto (IN015) em 2016 de 80,0%, seguidos pelas regiões SE  
191 (46,7%) e CO (44,1%), e por fim as regiões NE (26,5%) e N (20,4%) (Figura 6.B). Em termos  
192 de média, verificou-se o mesmo padrão: região SE com maiores índices IN015, seguida pelas  
193 regiões SE e CO, e então as regiões NE e N (ANOVA; p-valor < 0,05). Verificando as Figuras  
194 6.A e 6.B, e através de testes estatísticos, verifica-se que apenas as regiões CO, S e SE  
195 apresentaram melhora significativa dos serviços de coleta esgoto (IN015) de 2012 para 2016  
196 (teste t; p-valores < 0,05). Desta forma, percebe-se que ainda há muito que se avançar no que  
197 tange a sistemas de coleta de esgoto no Brasil, principalmente nas regiões N e NE.

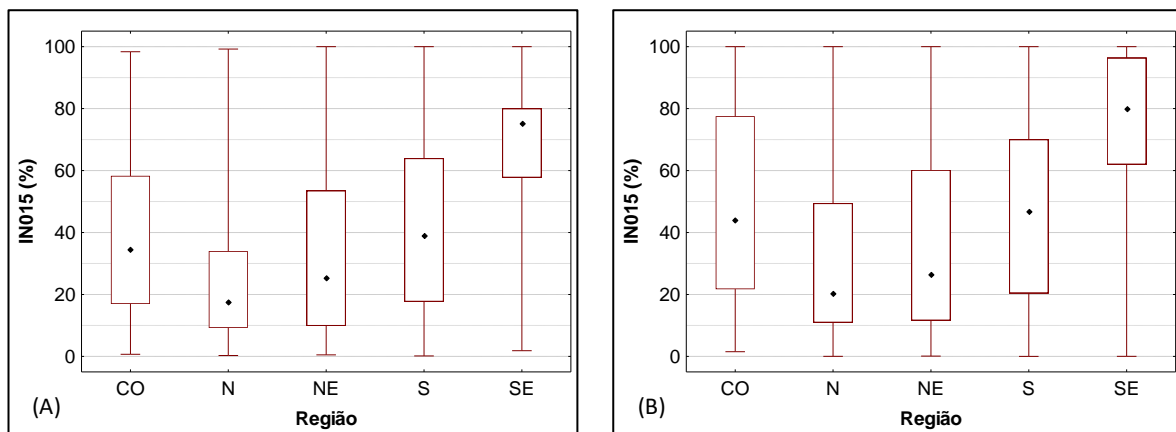


Figura 6: Índice de coleta de esgoto (IN015) em 2012 (A) e em 2016 (B).

198 **4.5 Extensão da rede de esgoto por ligação - IN021 (m.lig<sup>-1</sup>)**

199 A extensão de rede de esgoto por ligação (m.lig<sup>-1</sup>) é calculada através da divisão do  
200 comprimento total da malha de esgoto dividida pelo número total de ligações de esgoto  
201 existentes no município. Ressalta-se que tal indicador possui uma variação considerável, visto  
202 que em regiões altamente povoadas os valores tendem a ser mais baixos, enquanto em  
203 municípios com menor densidade populacional tais valores tendem a ser mais elevados. Para o  
204 ano de 2012, as faixas dos valores médios e medianos de IN021 nas cinco macrorregiões foram  
205 de 12,4-21,6 m.lig<sup>-1</sup> e 10,0-18,3 m.lig<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 7). Já em 2016, as faixas dos  
206 valores médios e medianos de IN021 nas cinco macrorregiões foram de 13,4-21,5 m.lig<sup>-1</sup> e 9,3-  
207 17,9 m.lig<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 7). Em 2016, as regiões N e S apresentaram extensões de  
208 rede significativamente maiores do que as regiões CO, NE e SE (ANOVA; p-valor < 0,05). Tal  
209 fato pode estar relacionado à maior ruralidade observada nessas duas regiões. Adicionalmente,  
210 tanto em 2012 quanto em 2016, todas as macrorregiões apresentaram municípios com extensões  
211 de rede muito grandes, valores acima de 200 m.lig<sup>-1</sup> no NE em 2012 e de 450 m.lig<sup>-1</sup> no SE em  
212 2016. Tais índices altos podem estar associados a localidades com residências muito espaçadas,  
213 ou erros das informações fornecidas ao SNIS.

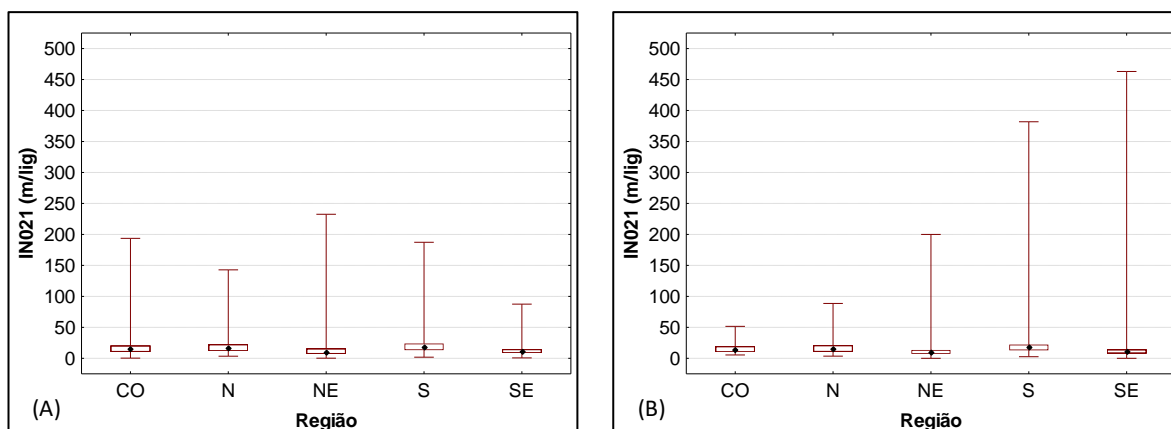


Figura 7: Extensão da rede de esgoto por ligação (IN021) em 2012 (A) e em 2016 (B).

#### 214 4.6 Índice de tratamento de esgotos referido à água consumida – IN046 (%)

215 Assim como para o índice de coleta de esgoto (IN015), verifica-se, para o ano de 2016,  
 216 melhores índices de tratamento de esgoto em relação à água consumida (IN046) nas regiões  
 217 SE, S e CO (medianas iguais a 61,6%, 46,3% e 41,3%, respectivamente) em comparação às  
 218 regiões NE e N (medianas iguais a 20,7% e 17,36%, respectivamente) (Figura 8.A). analisando  
 219 as médias, as regiões SE e CO apresentaram os maiores valores de IN046, seguidas pela região  
 220 S, e então as regiões N e NE (ANOVA; p-valor < 0,05). Em se tratando da evolução dos serviços  
 221 de tratamento de esgoto de 2012 para 2016 (Figuras 8.A e 8.B), destaca-se que todos as regiões  
 222 apresentaram melhoras consideráveis das médias do indicador IN046 (teste t; p-valores < 0,05);  
 223 a única exceção foi a região N (teste t; p-valor = 0,137).

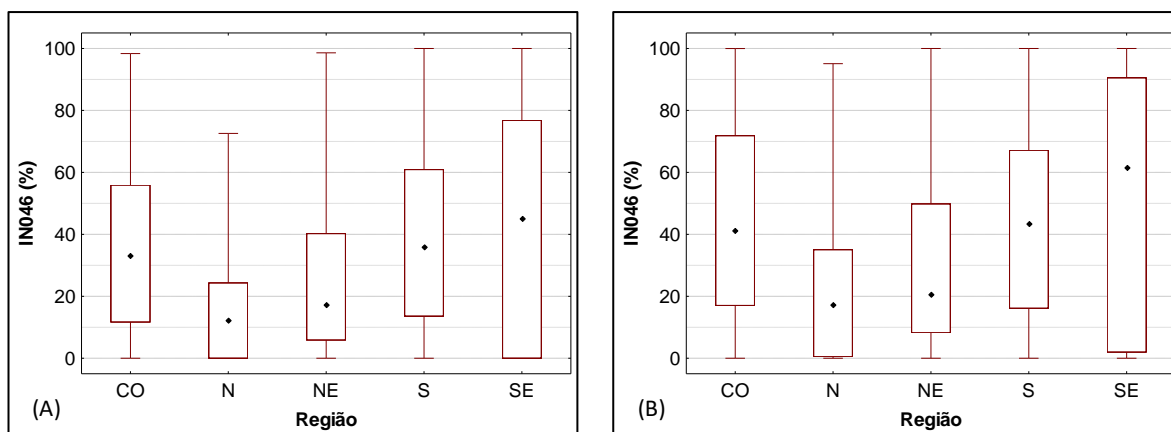


Figura 8: Índice de tratamento de esgoto referido à água consumida (IN046) em 2012 (A) e em 2016 (B).

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

## 228 5 CONCLUSÃO

229 Os resultados da pesquisa mostram que as regiões CO, S e SE apresentaram índices de



230 serviços de água e esgoto significativamente melhores do que as regiões N e NE, tanto para o  
231 ano de 2012 quanto para 2016. Verificando melhorias dos serviços de saneamento de 2012 para  
232 2016, verifica-se que mais uma vez as regiões CO, S e SE se destacam positivamente, com  
233 aumento significativo da coleta de esgotos (IN015) e do tratamento de esgoto (IN046). Em  
234 termos dos serviços de água, tem-se que as regiões N e S apresentaram aumento significativo  
235 do atendimento total de água (IN055), enquanto a região NE teve queda significativa das perdas  
236 de água na distribuição (IN049) e do consumo médio *per capita* de água (IN022). De todas as  
237 macrorregiões, a região N foi a que apresentou os piores índices de saneamento, bem como  
238 menor evolução dos índices ao longo dos anos considerados.

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

## 248 REFERÊNCIAS

- 249 [1] BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. *Diário Oficial [da] República Federativa*  
250 *do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 05 jan. 2007.
- 251 [2] BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA.  
252 *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e*  
253 *Esgotos – 2016*. Brasília, DF: SNSA/MCIDADES, 2018. 220 p.
- 254 [3] BRASIL. Ministério das Cidades. Programa de Modernização do Setor Saneamento –  
255 PMSS. *Guias práticos: técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água*.  
256 Organização: Airton Sampaio Gomes. Brasília, DF: SNSA/MCIDADES, 2007. 51 p.
- 257 [4] BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA.  
258 *Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)*. Brasília DF: SNSA/MCIDADES,  
259 2013. 173p.
- 260 [5] STATASOFT. *Statistica* (data analysis software system), versão 8.0. 2007.
- 261 [6] MICROSOFT. *MS Excel* (spreadsheets), versão 2016. 2016.
- 262 [7] CAPELA, M. V.; CAPELA, J. M. V. Elaboração de gráficos Box-Plot em Planilhas de  
263 Cálculo. In: Congresso de Matemática Aplicada e Computacional da Região Sudeste.  
264 *Anais...*, n.p.