

## ANÁLISE DO DESEMPENHO OPERACIONAL DOS SISTEMAS MUNICIPAIS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Mariana Gonçalves Melo (\*), Monica Pertel, Fábio Moreira dos Santos Cardoso

\* Universidade Federal do Rio de Janeiro; mari.gmelo@hotmail.com

### RESUMO

Nos últimos anos, o setor de saneamento básico brasileiro sofreu alguns avanços, principalmente devido à implementação da Lei Nacional de Saneamento Básico, instaurada em 2007. A lei prevê e regulamenta o Plano Nacional de Saneamento Básico, sendo este um instrumento que possui, dentre suas metas, a de que até 2033 todo o território nacional possuirá abastecimento de água potável e coleta de lixo em áreas urbanas, além da disposição adequada de pelo menos 87% dos esgotos gerados – com coleta e tratamento ou dispostos em fossas sépticas – e índice médio de tratamento de 93% do total de esgotos coletados. Apesar dos pequenos progressos, a situação do saneamento ainda é precária no país. No que diz respeito ao esgotamento sanitário, boa parte do que é gerado ainda é lançado sem tratamento nos corpos receptores. A intensa carga poluente à qual são submetidos importantes corpos hídricos, como o Rio Paraíba do Sul, gera impactos na qualidade da água e, conseqüentemente, afeta a saúde da população e o potencial de desenvolvimento de diversas atividades industriais e agrícolas que dependem de condições ambientais satisfatórias. Ao considerar que a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul é a segunda maior bacia do leste brasileiro, localizada em região de alto contingente populacional – cerca de 9,4 milhões de habitantes em 2017 – e detentora de 12% do PIB nacional, é evidente que os sistemas de esgotamento sanitário desta bacia devem existir e operar corretamente. Uma forma de avaliar a evolução destes sistemas ao longo do tempo é através da aferição de indicadores de desempenho. Visando analisar a abrangência e eficiência dos sistemas de esgotamento da bacia em questão, este trabalho consiste na avaliação dos indicadores de coleta e tratamento entre 2010 e 2017 disponibilizados pelo SNIS, além de informações populacionais dispostos pelo IBGE. A partir dos resultados obtidos, é possível constatar como se deu a evolução do esgotamento não apenas na bacia como um todo, como também nos estados e sub-bacias, apresentando a contribuição dos mesmos para a qualidade das águas da bacia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgotamento Sanitário, Rio Paraíba do Sul, Desempenho Operacional, Gestão de Esgotos, SNIS.

### INTRODUÇÃO

O esgotamento sanitário no Brasil é caracterizado por, juntamente às deficiências dos projetos de gestão, dificuldades na concretização de serviços. Apesar do crescimento relevante de 1,7 milhão de ligações na rede coletora de esgotos de 2015 para 2016, apenas 51,9% da população total possui esgoto coletado. Quando considerados os esgotos totais, só 44,9% recebem tratamento (BRASIL, 2018). Tais serviços inadequados ou inexistentes influenciam diretamente na qualidade e nos usos das águas.

Estas carências referentes ao esgotamento, bem como ao saneamento básico em geral, já são antigas no país. A mais notória ação instituída na tentativa de melhorar a regulação e o planejamento do setor consiste na Lei Federal nº 11.445, de 2007 (Lei Nacional de Saneamento Básico). Um dos principais objetivos da lei é a ampliação do acesso da população ao saneamento básico, visando a universalização dos sistemas de saneamento (BRASIL, 2007). Para isso, estabelece as diretrizes nacionais de saneamento e instaura novos instrumentos de gestão.

Uma das disposições da lei é a atribuição ao Governo Federal, sob a coordenação do Ministério das Cidades, da responsabilidade pela elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB). Este Plano se configura como mecanismo para implementação da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Baseia-se em quatro setores fundamentais, que devem ser geridos de forma integrada: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem das águas pluviais urbanas. Além disso, apresenta metas de curto, médio e longo prazo, considerando as especificidades de cada região do país. Dentre as metas, destaca-se aquela que dispõe que até 2033 todo o território nacional contará com a disposição adequada de pelo menos 87% dos esgotos gerados – com coleta e tratamento ou dispostos em fossas sépticas – e índice médio de tratamento de 93% do total coletado (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013).

Também merece destaque uma das diretrizes da Lei Nacional de Saneamento Básico, que consiste na adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, visando facilitar a compatibilização entre a gestão dos recursos hídricos e do saneamento, ou seja, dos planos de saneamento com os planos de bacia (DE LIMA *et al.*, 2016). No caso do esgotamento sanitário, tal compatibilização pode ser vista como o lançamento de efluentes tratados levando em consideração a capacidade de diluição do corpo receptor e os usos preponderantes da água no corpo hídrico. Outro reflexo

do uso da bacia como unidade de planejamento e gestão é a criação de soluções conjuntas para os municípios pertencentes à mesma bacia que apresentem déficits semelhantes de coleta ou de tratamento.

Dentre as bacias hidrográficas brasileiras, a do Rio Paraíba do Sul (BHRPS) possui destaque não apenas devido ao elevado contingente populacional – cerca de 9,4 milhões de habitantes em 2017, segundo a projeção do IBGE – como também por ser fonte de abastecimento de diversas indústrias, por ser o principal fornecedor de água do Vale do Paraíba e por prover eletricidade através de diversas usinas hidrelétricas presentes em sua extensão (DE LIMA et al., 2018).

Apesar da grande importância da BHRPS, os esgotos domésticos ainda exercem um forte impacto negativo na qualidade da água da bacia devido aos baixos índices de saneamento nos municípios (ANA, 2015). De acordo com Acselrad (2007), dentre as principais causas da degradação das águas da bacia, podem ser citadas a considerável expansão demográfica e o intenso e diversificado desenvolvimento ocorridos na região Sudeste, refletindo-se na qualidade ambiental da região. Dentre as potenciais fontes poluidoras, estão as de ordem doméstica, agropecuária e industrial – principalmente siderúrgicas, químicas e alimentícias, além daquelas decorrentes de acidentes, tendo em vista o intenso movimento de cargas perigosas que são transportadas pela malha rododiferroviária que corta o território da bacia.

Devido aos déficits ainda presentes na prestação dos serviços de esgotamento sanitário da BHRPS e da relevância econômica e social desta, torna-se essencial analisar as condições em que a água vem sendo devolvida aos corpos hídricos da bacia. Conforme previsto no PLANSAB, uma das formas de realizar este acompanhamento da gestão e da execução dos serviços de saneamento básico é através do monitoramento de indicadores.

Como fonte de indicadores de desempenho, pode ser citado o Sistema Nacional de Saneamento Básico (SNIS), do Ministério das Cidades. O SNIS consolidou-se como o maior e mais importante banco de dados do setor de saneamento brasileiro e sua série histórica (1995-2017) permite identificar tendências em relação aos dados, elaborar inferências a respeito da trajetória das variáveis e planejar políticas públicas com maior embasamento. A maior crítica ao SNIS está fundamentada no processo de obtenção dos dados, que são autodeclarados pelas companhias e não contam com nenhum tipo de verificação externa, o que levanta questionamentos sobre sua confiabilidade. Outro ponto negativo é a defasagem de aproximadamente dois anos entre o ano de ocorrência e a divulgação dos dados (COSTA, 2013). Apesar disso, o sistema possui uma base de dados robusta e permite o exercício do controle social pela aferição da eficiência dos sistemas de saneamento.

Através da análise das séries históricas dos indicadores de esgotamento sanitário dos municípios inseridos na BHRPS, fornecidos pelo SNIS, torna-se viável, então, avaliar a contribuição de cada estado e de cada sub-bacia para a qualidade atual das águas da região, destacando as unidades que mais contribuem para os déficits do setor e, conseqüentemente, para deterioração de tais corpos hídricos.

## OBJETIVO

Avaliar o desempenho operacional dos sistemas de esgotamento sanitário inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul no período de 2010 a 2017, através da análise das séries históricas dos principais indicadores municipais do setor, provenientes do SNIS. A avaliação foi feita a partir de diferentes bases referenciais, a saber: estados e os comitês de sub-bacias hidrográficas, permitindo assim caracterizar o comportamento operacional dos sistemas e sua influência na bacia através de duas perspectivas distintas.

## METODOLOGIA

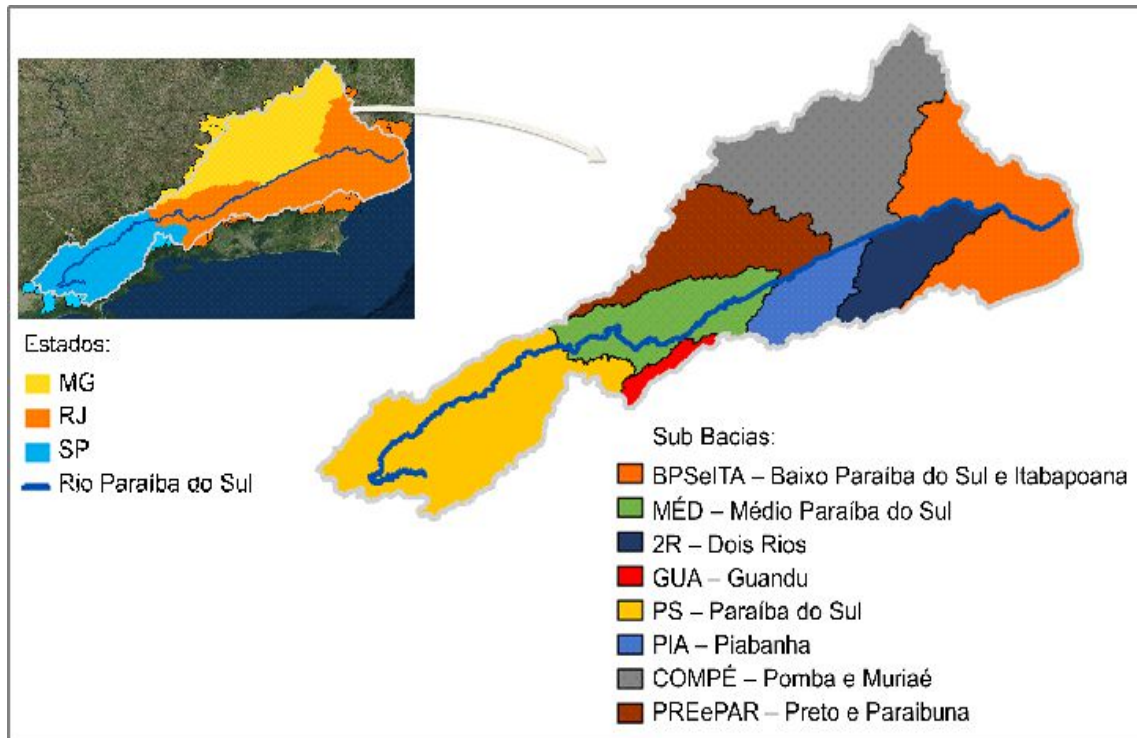
A BHRPS estende-se pelos estados de São Paulo (13.900 km<sup>2</sup>), Rio de Janeiro (20.900 km<sup>2</sup>) e Minas Gerais (20.700 km<sup>2</sup>), abrangendo 184 municípios, muitos situados em importantes centros urbanos. Em termos de área, a bacia corresponde a 0,7% da área total do país e a 6% do território da região sudeste (Fundação COPPETEC, 2007). Sua extensão lhe assegura a posição de segunda maior bacia do leste brasileiro (HONJI et al., 2017).

O Rio Paraíba do Sul é formado pela união dos rios Paraíba e Paraitinga, e o seu comprimento, calculado a partir da nascente do Paraitinga, é de mais de 1.100 km. Seus cursos d'água percorrem a região de Minas Gerais até desaguar no Oceano Atlântico, em São João da Barra (RJ). No leito do rio, estão localizados importantes reservatórios de usinas hidrelétricas, como Paraíba, Santa Branca e Funil (AGEVAP, 2006).

Os principais afluentes do Rio Paraíba do Sul pela margem esquerda são os rios Jaguari, Paraíba, Pomba e Muriaé. Pela margem direita, os principais afluentes são os rios Piraí, Piabanha e Dois Rios. Além destes, constam cadastrados na ANA cerca de 90 cursos d'água de domínio federal e 180 de domínio estadual, além de outros corpos hídricos não cadastrados (AGEVAP, 2006).

A bacia é uma das cinco unidades hidrográficas da região hidrográfica (RH) do Atlântico Sudeste, que é formada pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no litoral sudeste brasileiro. Tal RH é uma das mais desenvolvidas e representa a 2ª RH mais populosa do país (ANA, 2015). Assim, a BHRPS está inserida em uma região de alta concentração populacional, diversidade de atividades econômicas e significativo parque industrial, movimentando indústrias e estratégicos sistemas de fornecimento de água e energia a estes três relevantes estados brasileiros.

A bacia divide-se em oito sub-bacias, apresentadas na Figura 1. Cada sub-bacia é gerida por um comitê de sub-bacia (CBH) que, juntos, realizam a gestão integrada da BHRPS.



**Figura 1: Divisão da BHRPS em estados e sub-bacias. Fonte: Autora do Trabalho.**

Dentre os principais usos da água da bacia está o abastecimento de quase 14,2 milhões de pessoas, sendo cerca de 9,4 milhões residentes de municípios inseridos na bacia e o restante, que é abastecido pela transposição do Rio Paraíba do Sul para o rio Guandu (região metropolitana do Rio de Janeiro) e para o Sistema Cantareira (macrometrópole paulista). Além disso, o rio é usado para irrigação, geração de energia hidrelétrica e diluição de esgotos. Esse último uso é uma das principais fontes de poluição do Rio Paraíba do Sul, que apresenta estado de degradação preocupante, especialmente nos trechos que cruzam ou tangenciam áreas urbanas (ANA, 2018).

Para caracterização dos sistemas de esgotamento sanitário localizados na área da bacia, foram utilizadas séries históricas dos indicadores relevantes à pesquisa presentes no SNIS e dados populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referentes a todos os municípios da bacia, no período de 2010 a 2017. O período escolhido possui início em 2010 pela maior robustez dos dados reportados no SNIS e o ano de 2017, por sua vez, corresponde ao levantamento mais recente disponibilizado.

Os indicadores municipais consolidados do SNIS selecionados foram: IN015 – Índice de coleta de esgoto (percentual) e IN016 – Índice de tratamento de esgoto (percentual). O índice de coleta monitora o percentual do volume de esgoto coletado em relação ao volume de água consumida e volume de água exportada, conforme mostra a Equação 1:

$$IN015 = \frac{ES005}{AG010-AG019} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

ES005 = Volume de esgoto coletado. (1.000 m<sup>3</sup>/ano)

AG010 = Volume de água consumido. (1.000 m<sup>3</sup>/ano)

AG019 = Volume de água tratada exportada. (1.000 m<sup>3</sup>/ano)

O índice de tratamento monitora o percentual de esgoto coletado que é tratado antes da disposição final. A Equação 2 mostra como o índice é calculado:

$$IN016 = \frac{ES006+ES014+ES015}{ES005+ES013} \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

ES005 = Volume de esgoto coletado. (1.000 m<sup>3</sup>/ano)

ES006 = Volume de esgoto tratado. (1.000 m<sup>3</sup>/ano)

ES013 = Volume de esgoto bruto importado. (1.000 m<sup>3</sup>/ano)

ES014 = Volume de esgoto bruto importado tratado nas instalações do importador. (1.000 m<sup>3</sup>/ano)

ES015 = Volume de esgoto bruto exportado tratado nas instalações do importador. (1.000 m<sup>3</sup>/ano)

Como alguns municípios estão parcialmente inseridos na bacia, as informações populacionais foram mapeadas através do sistema de informações geográficas ArcGIS, adotando como base geográfica o setor censitário de 2010 do IBGE, a fim de identificar a parcela populacional urbana efetivamente inserida na BHRPS. Por este levantamento, identificou-se a fração urbana que de fato contribui para a geração de esgotos da área em estudo. Também foi possível verificar que, dos 184 municípios integrantes da bacia, 14 possuem menos de 25% da população urbana dentro da área da mesma, sendo, portanto, pouco representativos para o levantamento. Desta forma, optou-se por não os incluir na análise.

A escolha por utilizar a população urbana, e não a total, foi feita, pois geralmente populações rurais e comunidades isoladas constituem baixos adensamentos populacionais, tornando complexa e, frequentemente, sem prioridade nas políticas públicas, a construção das tradicionais redes de coleta e tratamento nestas localidades. Geralmente são utilizadas soluções locais autogeridas, como fossas rudimentares e sumidouros. Assim, a contribuição desta parcela para os indicadores analisados, na maioria dos municípios, é inexpressiva.

Para avaliação quantitativa da evolução histórica dos sistemas de esgotamento sanitário, foram efetuadas análises estatísticas dos indicadores e dos dados populacionais, tomando como referência geográfica não apenas os estados e municípios, como também a divisão da bacia em sub-bacias hidrográficas. Desta forma, foram consideradas as unidades responsáveis pela gestão administrativa e político-econômica das regiões.

## RESULTADOS

Após ajuste e tratamento da base de dados, foram gerados os gráficos em formato de boxplot exibidos nas Figuras 2 e 3. Tais gráficos permitem avaliar e comparar formato, tendência central e variabilidade das séries históricas dos indicadores de desempenho.

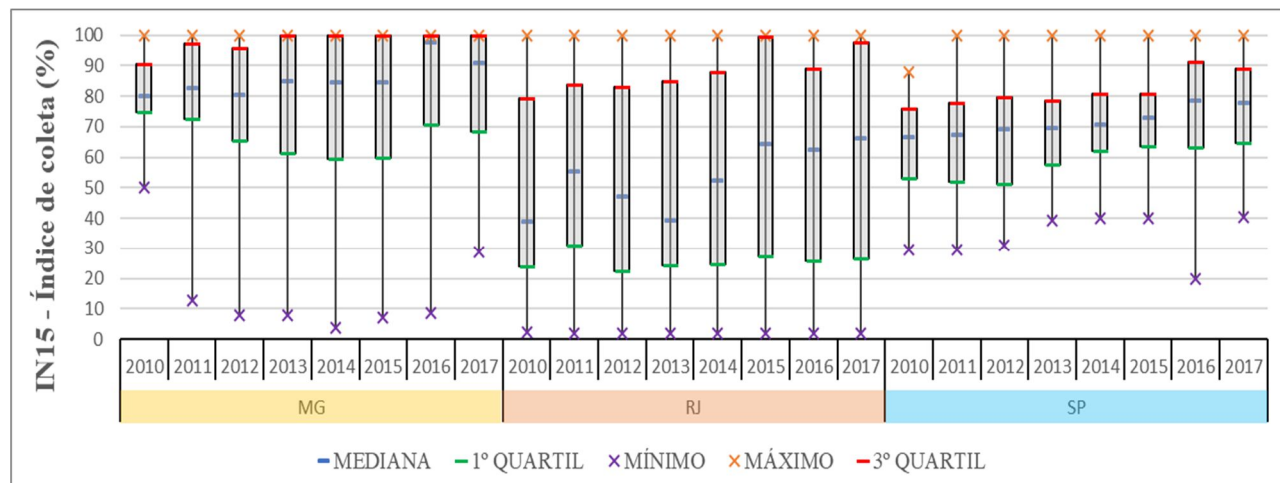


Figura 2: Índices de coleta de esgoto dos estados da BHRPS, por ano, de 2010 a 2017. Fonte: Autora do Trabalho.

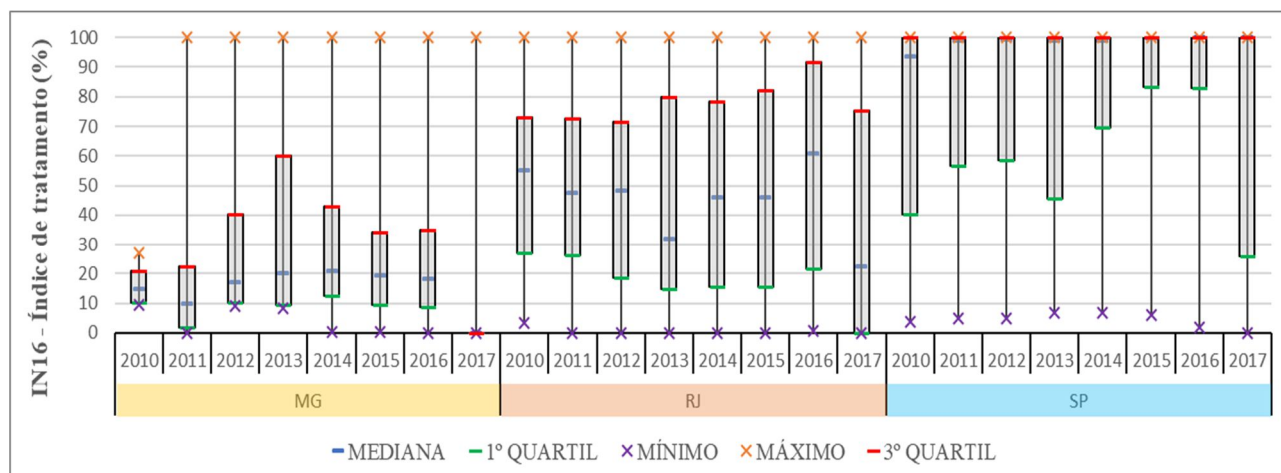


Figura 3: Índices de tratamento de esgoto dos estados da BHRPS, por ano, de 2010 a 2017. Fonte: Autora do Trabalho.

Pelos gráficos, nota-se que todos os estados apresentaram uma melhoria na coleta de esgotos nos últimos anos. Percebe-se também o curioso desempenho do estado de Minas Gerais. Apesar de apresentar os melhores índices de coleta, com mediana acima de 80% em todos os anos, sobressai-se pelos piores índices de tratamento, com mediana na faixa de 20%.

São Paulo, por sua vez, apresenta melhorias crescentes na coleta e os melhores índices de tratamento, com o 3º quartil com valor de 100% em sete anos, dos oito analisados. Ou seja, em praticamente todos os anos avaliados, 25% dos municípios paulistas pertencentes à bacia possuem índices máximos de tratamento.

O Rio de Janeiro, apesar da grande variabilidade dos índices de coleta (medianas entre 38,9–66,3%), obteve baixo desempenho neste setor, constatado pelo padrão de comparação por mediana. Em relação ao tratamento, destaca-se pela grande queda do volume tratado entre 2016 e 2017, o que não ocorreu nos outros estados.

O gráfico da Figura 4 foi elaborado com vistas a investigar a relevância dos CBHs na BHRPS através da identificação da população urbana de cada sub-bacia e do número de municípios inseridos em cada uma destas sub-bacias. Ambos os dados auxiliam na compreensão da relevância de cada CBH na geração de esgotos da bacia como um todo.

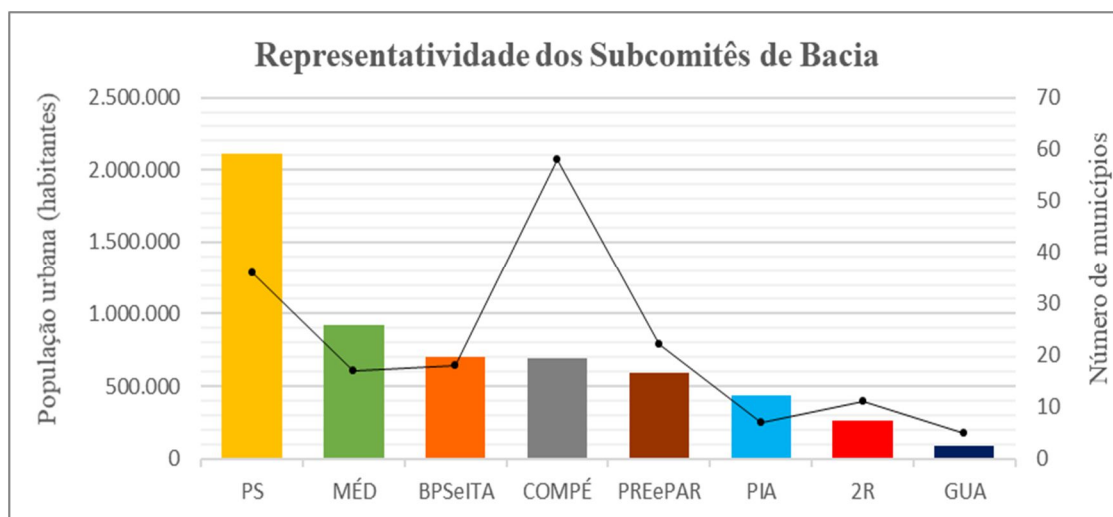


Figura 4: Representatividade dos CBHs da BHRPS. Fonte: Autora do Trabalho.

A partir da análise da representatividade fica mais fácil examinar os gráficos das Figuras 5 e 6, que representam a evolução dos índices de coleta e de tratamento, respectivamente, dos CBHs da BHRPS ao longo do período estudado. Sobre a Figura 6, cabe destacar que as prestadoras de serviços dos cinco municípios do CBH Guandu não reportaram dados de tratamento entre os anos 2010 e 2013, por isto os valores apresentam-se zerados.

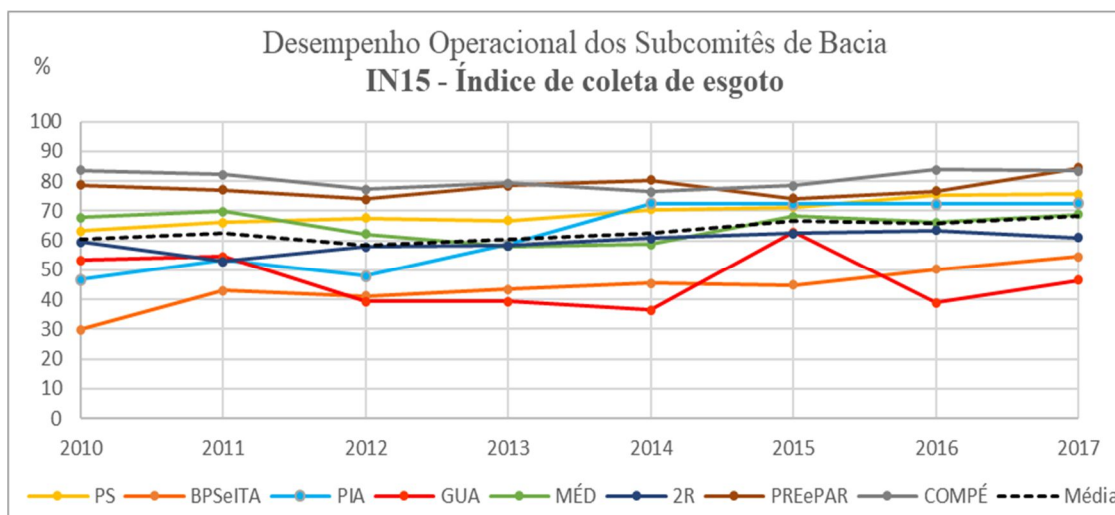


Figura 5: Média dos índices de coleta de esgoto dos CBHs da BHRPS. Fonte: Autora do Trabalho.

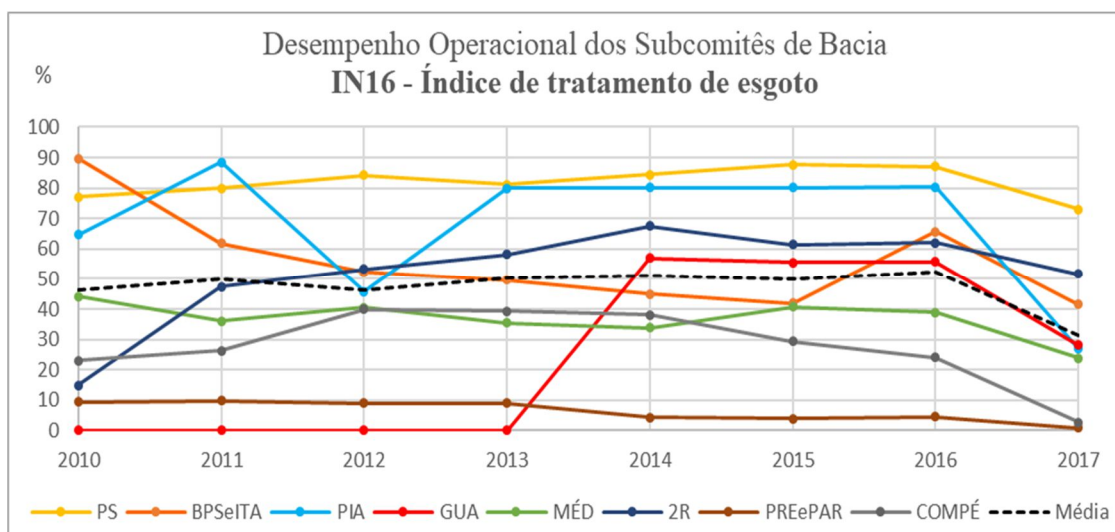


Figura 6: Média dos índices de tratamento de esgoto dos CBHs da BHRPS. Fonte: Autora do Trabalho.

É possível observar que o CBH Paraíba do Sul (SP) é o de maior representatividade da Bacia, apresentando maior população na área urbana. Pela análise dos índices de coleta, contribui positivamente para a bacia, com bom desempenho em relação aos demais CBHs. A média de coleta deste CBH manteve-se na faixa de 70% no período analisado e o índice de tratamento foi superior aos demais CBHs em praticamente todos os anos.

Outros comitês de importante representatividade são o CBH Médio Paraíba do Sul (RJ), que apresenta, nos oito anos analisados, médias de coleta entre 59% – 70% e de tratamento entre 24% – 41%, sendo um dos piores neste último; e o CBH Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RJ), que apresenta baixo desempenho tanto na coleta quanto no tratamento de esgotos no período analisado (médias de 44% e 56%, respectivamente).

## CONCLUSÕES

É possível perceber que a BHRPS possui grandes deficiências no setor de esgotamento sanitário, com médias de coleta e tratamento de 74,4% e 34% no último ano de análise (2017). Pela análise conjunta de coleta e tratamento, São Paulo apresenta bom desempenho. Minas Gerais, por sua vez, apresenta valores muito baixos de tratamento: nos oito anos analisados, sempre há metade de municípios integrantes da bacia com índice de tratamento abaixo de 20%.

Sobre os CBHs, o Paraíba do Sul (SP) destaca-se por bons serviços de coleta e tratamento, o que contribui significativamente para a bacia, tendo em vista ser aquele com maior população em centros urbanos. O Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RJ), por sua vez, possui população urbana significativa, mas situação preocupante na gestão dos serviços: obteve os piores índices de coleta em todos os anos e o tratamento não foi o pior, mas manteve-se com valores pouco satisfatórios no período, contribuindo para a poluição da bacia.

Desta forma, há evidente necessidade de melhoria no desempenho do setor para que a universalização dos serviços e a preservação das águas na BHRPS seja viável, por isso propõe-se maior aprofundamento na pesquisa, a fim de identificar possíveis correlações com instrumentos de gestão, como políticas públicas existentes, e apontamento de pontos passíveis de mudança no planejamento e tomada de decisões dos governos e CBHs.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial**. Brasília: ANA, 2015.
2. ANA – Agência Nacional de Águas. 2018. <<https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/paraiba-do-sul/saiba-mais>> Acesso em: agosto de 2019.
3. AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. 2006. **Diagnóstico dos Recursos Hídricos: Relatório Final**. 201p. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/PSR-010-R0.pdf>>. Acesso em: 25 de outubro de 2018.
4. ACSELRAD, M., BARCELLOS, F.C., COSTA, V.G. **Condições ambientais na bacia do Paraíba do Sul e a efetividade da cobrança pelo uso da água pelo Estado do Rio de Janeiro**. I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 17-24.
5. BRASIL. Ministério das Cidades (MCID). Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016**. Brasília: Ministério das Cidades; SNSA, 2018.
6. BRASIL. Lei nº 11.445/2007. **Lei de Nacional de Saneamento Básico – LNSB**. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm)>. Acesso em agosto de 2019.
7. COSTA, S. A B.; CÔRTEZ, L. S.; COELHO, T.; FREITAS, M.M.. **Indicadores em saneamento: avaliação da prestação dos serviços de água e de esgoto em Minas Gerais**. Rev. UFMG, Belo Horizonte, v. 20, n.2, p. 334-357, jul./dez. 2013.
8. DE LIMA, G.A.; GENEROSO, C.M.; DOS SANTOS, C.M.; SILVA, L.A.; SOUSA, R.G. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: estudo de caso Ribeirão Isidoro**. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande, Paraíba. 21 a 24/11/2016.
9. DE LIMA, Julia P.; LOPES, Frederico A. **Análise da tendência da qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do Paraíba do Sul**. III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. UFJF. Juiz de Fora, MG. 2018.
10. FUNDAÇÃO COPPETEC. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo Consolidado**. Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. Relatório Contratual R-10. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/PSR-RE-012-R1.pdf>> Acesso em outubro de 2019.
11. HONGI R.M.; TOLUSSI, C.E.; CANEPPELE D.; POLAZ C.N.M.; HILSDORF A.W.S.; MOREIRA R.G. **Biodiversidade e conservação da ictiofauna ameaçada de extinção da bacia do rio Paraíba do Sul**. Revista da Biologia (2017) 17(2):18-30.
12. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) - (Versão para apreciação do CNS, CONAMA, CNRH e CONCIDADES)**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, Maio, 2013.